



Справочник инструментальщика

Под общей редакцией
канд. техн. наук И. А. ОРДИНАРЦЕВА



ЛЕНИНГРАД
„МАШИНОСТРОЕНИЕ“
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1987

ББК 34 63-5(я2)
С74
УДК 621.9 02 (031)

И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко,
А. В. Онишко, А. К. Сергеев

Рецензент канд. техн. наук М. А. Шагерин

Справочник инструментальщика/И. А. Ординарцев,
С74 Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др.; Под общ. ред.
И. А. Ординарцева. — Л.: Машиностроение. Ленингр.
отделение, 1987. — 846 с.: ил.

В справочнике рассмотрены вопросы создания и рациональной эксплуатации режущего и абразивно-алмазного инструмента. Приведены современные инструментальные материалы, смазочно-охлаждающие и измерительные средства, инструментальная оснастка, в том числе для станков с ЧПУ, автоматических линий, гибких автоматических систем. Описаны конструкции и особенности эксплуатации серийно выпускаемых видов инструментов общего назначения, а также перспективные инструменты специального назначения (зуборезные, протяжные и др.). Предложена унифицированная технология изготовления инструмента — от заготовительного цикла до отделочных операций и упаковки.

Справочник предназначен для широкого круга специалистов различных отраслей металлообработки: конструкторов, технологов, эксплуатационников.

С $\frac{2703000000-226}{058 (01)-87}$ 226-87

ББК 34.63-56я2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития страны на 1986—1990 годы и до 2000 года отмечается особая роль машиностроения как базы развития всего народного хозяйства. Развитие же машиностроения должно осуществляться преимущественно интенсивным путем, т. е. за счет комплексной автоматизации и механизации, использования прогрессивной технологии, без увеличения (а зачастую и с сокращением) числа рабочих мест. В целях постоянного ускорения обновления продукции машиностроения при высоких темпах роста производительности труда и снижении затрат производства предусматривается развивать его в основном за счет использования станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, гибких производственных модулей и систем, автоматических линий на их основе.

Это оборудование в комплексе с автоматическими системами организации работы и управления им на базе ЭВМ и микропроцессорной техники является очень сложным и дорогостоящим. В связи с этим необходимым условием его эффективного использования является высокая надежность всех его элементов, длительный непрерываемый режим работы при достаточно высоких режимах резания с учетом возможности автоматической замены износившегося инструмента. Одним из главных элементов любого машиностроительного производства вообще, а автоматизированного в особенности, является инструментальная оснастка, обеспечивающая надежность функционирования каждого отдельного станка и производственной системы в целом, качество продукции, производительность, также через эти параметры существенным образом влияющая на затраты производства.

Роль инструментальной оснастки в условиях высокоавтоматизированного гибкого производства возросла так, что способна определять конструкцию и схему построения отдельных станков и систем (инструментальные магазины, их запасные комплекты, манипуляторы для замены инструментов, автоматические инструментальные склады и транспортеры, системы компенсации износа инструментов и т. д.). В последние годы конструкции инструментов претерпели принципиальные изменения.

Основные отличительные особенности конструкций современных инструментов можно свести к следующим направлениям.

Использование в качестве режущих элементов механически закрепляемых многогранных неперегретываемых пластин (МНП) различных режущих материалов (твердых сплавов, режущей керамики, синтетических сверхтвердых материалов) радикально изменило саму организацию механообрабатывающего производства. Оно гарантировало неизменность и оптимальность геометрических параметров инструментов, а также их точность, создало возможности для стружколомания в широкой области режимов резания, ликвидировало операцию переточки, сократило время на смену затупившегося инструмента, примерно на 30 % сократило машинное время обработки, а также обеспечило многократную экономию твердых сплавов и возврат их для регенерации и дальнейшего использования. Можно сказать, что степень использования МНП характеризует технический уровень механообработки. Такие виды инструментов, как резцы и фрезы, почти полностью оснащены МНП. Они также применяются для сверл, зенкеров, разверток.

Применение малоразмерных твердосплавных инструментов (диаметром 0,2—20 мм) в монолитном исполнении позволило распространить твердые сплавы практически на всем диапазоне размеров, а также использовать их для резьбообразующих, мелко-модульных зуборезных и других инструментов, ранее традиционно изготовлявшихся из быстрорежущих инструментальных сталей. Применение монолитного твердосплавного инструмента во много раз повышает производительность и стойкость инструментов (особенно при обработке многослойных, композиционных и неметаллических материалов).

Использование при изготовлении инструментов новых инструментальных материалов, а именно: синтетических сверхтвердых материалов (СТМ) на основе углерода и нитрида бора (типа искусственных алмазов, эльбора, гексанида и т. д.), а также режущей керамики (РК) оказывает огромное влияние на все стороны механообработки: точность, производительность, затраты производства, условия труда. Благодаря своей исключительно высокой стойкости и способности обрабатывать материалы практически любой твердости, эти материалы особенно соответствуют условиям автоматического производства. Во многих случаях лезвийные инструменты из СТМ используются вместо шлифовальных, обеспечивая большую точность обработки и меньшую шероховатость поверхности. Таким образом, применение инструментов, оснащенных СТМ, изменяет основу технологии механообработки — технологический маршрут и порядок назначения режима обработки ($v \rightarrow s \rightarrow t$ вместо $t \rightarrow s \rightarrow v$).

Применение одно- и многослойных износостойких покрытий, наносимых на твердые сплавы и быстрорежущие инструментальные стали, по эффективности использования можно отнести к новым инструментальным материалам. Эти очень тонкие слои (2—12 мкм) карбидов, нитридов, оксидов титана, тантала, ниобия,

циркonia и других элементов, полученные на режущих поверхностях инструментов различными способами (осаждением из газовой фазы, конденсацией с ионной бомбардировкой и т. д.), повышают стойкость инструментов в 2—10 и более раз, имея минимальный размерный износ. Это как нельзя более отвечает условиям автоматизированного производства и высокой точности обработки размерным инструментом.

Использование подвода СОЖ под высоким давлением непосредственно в зону резания и использование СОЖ для обратной транспортировки стружки позволяет повысить эффективность механообработки (особенно внутренних поверхностей). Этот метод требует применения специально сконструированного инструмента, а также специальных станков или дополнительного оснащения обычных станков на операциях сверления, зенкерования, развертывания, резьбонарезания и др.

Повышение точности исполнительных размеров формы и взаимного расположения как рабочих, так и крепежных поверхностей и режущих элементов является общей тенденцией для инструментального производства. Так, значения взаимного биения режущих лезвий многолезвийных инструментов уменьшаются от 40—60 мкм до 5—10 мкм, а точность исполнения базирующих конусов хвостовиков определяется классами АТ4—АТ5 вместо АТ7—АТ8. Особенно точно выполняются МНП: отклонение их кромок от идеального многогранника не превышает 1 мкм, что обеспечивает сохранение точного положения режущего лезвия при замене режущих граней или самого инструмента.

Конструктивное исполнение присоединительных мест инструментов с расширением использования и развитием обрабатываемых центров стало таким, что обеспечивает возможность их хранения в постоянных или сменных магазинах, транспортировку из магазина в шпиндель станка манипулятором и автоматическое (с высокой точностью) закрепление в шпинделе. Эта особенность работы инструментов потребовала введения ряда конструктивных дополнений и существенного повышения точности.

Разработка различных модульных систем инструментов, представляющих органическое сочетание групп режущих и вспомогательных инструментов, позволяет повысить универсальность инструментов автоматического производства, по возможности сократить число элементов в наборе и охватить как можно более широкий круг технологических задач, а также сократить массу заменяемых частей инструментов.

Значительно изменилась и технология изготовления самих инструментов в связи с появлением новых технологических процессов, а также конструктивными изменениями самих инструментов. Наиболее общими технологическими особенностями являются следующие:

1) широкое использование методов пластических деформаций при получении заготовок инструментов (горячая экструзия, про-

дольно-винтовой прокат, профильный прокат, радиальная обжимка на машине с ЧПУ и др.);

2) использование методов порошковой металлургии, в том числе для получения биметаллического инструмента;

3) использование абразивных инструментов из синтетических алмазов и нитрида бора, позволяющее существенно снизить шероховатость режущих и присоединительных поверхностей (от $R_a = 0,8 \div 0,4$ до $R_a = 0,1$ мкм и менее) и повысить их физико-механические свойства;

4) применение специальных высокоскоростных (до 100 м/с) и высокопрочных абразивов в сочетании с эффективной высоконапорной системой обильного охлаждения и очистки охлаждающей жидкости создало возможность глубинного шлифования и вышлифовки стружечных канавок, резьб и других элементов в цельных заготовках диаметром до 20 мм и более из твердых сплавов и инструментальных быстрорежущих сталей; этот процесс, по существу, обеспечил возможность производства монолитного инструмента и коренным образом изменил технологию изготовления резьбообразующего инструмента;

5) современное производство инструмента отличается широким использованием станков с ЧПУ и многокоординатных обрабатывающих центров, что позволяет не только повысить производительность и точность, но и осуществить целый ряд принципиально новых конструктивных решений (например, непрерывное заданное измерение задних углов по контуру режущих лезвий и др.).

Изданные ранее справочники по инструментальному производству не освещали отмеченных тенденций развития современного инструментального производства.

Целью настоящего справочника является возможно более полное описание основ инструментального производства на современном уровне с освещением перспективных направлений его развития.

Объем справочника не позволяет отразить все широчайшее многообразие современного инструмента. Поэтому, описывая основные виды инструмента, авторы делали ссылки на литературу, освещающую отдельные его разновидности. Это позволит пользоваться справочником практически во всех случаях, встречающихся в работе инструментальщика любой квалификации.

Для инструментов особую важность представляет проблема стандартизации, не только общесоюзной, но и международной, поэтому в справочнике, в отличие от всех ранее изданных справочников по инструментальному производству, приводятся сопоставительные данные по ГОСТам, стандартам СЭВ и ISO, отражен опыт не только отечественных предприятий и институтов, но и некоторых ведущих зарубежных фирм.

В связи с тем, что в настоящее время имеется документально установленная стандартом терминология в области резания материалов и инструмента, в справочнике принята терминология,

соответствующая ГОСТам и ТУ на режущий инструмент, в остальных случаях она соответствует употребляемой в современной технической литературе и практике.

Наличие весьма подробного оглавления позволяет не указывать в предисловии перечень глав с краткой характеристикой их содержания. Следует только отметить, что в гл. 1 в связи с широким распространением инженерных микрокалькуляторов не приводятся общепринятые таблицы тригонометрических функций, обратных величин, квадратов, кубов и т. д., а даются только исходные параметры и системы единиц.

Технология обработки инструмента на основании его классификации по конструктивно-технологическим признакам, изложенная в гл. 15, включает в себя все стадии технологического цикла механической и термической обработки, которые при изготовлении конкретных видов инструментов могут упрощаться или видоизменяться. Для каждой операции приводятся характеристики рекомендуемого, наиболее оптимального на данный момент оборудования.

Материал книги написан авторами совместно. Авторы ясно представляют себе, что справочник не лишен как конкретных, так и методических недостатков, происходящих в том числе и от различных взглядов авторов на отдельные вопросы, по которым вынужденно были приняты те или иные однозначные решения, поэтому с благодарностью будут приняты отзывы, предложения, советы и замечания, которые несомненно послужат совершенствованию конкретного материала и метода его изложения.

Авторы приносят благодарность канд. техн. наук А. Р. Маслову за помощь при написании гл. 6, д-ру техн. наук В. С. Лысанову за консультации при составлении гл. 14, а также Г. Э. Кац и В. Ф. Колоницкой за помощь в оформлении материалов справочника.

Все отзывы и пожелания авторы просят направить по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, ЛО издательства «Машиностроение».

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

При расчете, конструировании, эксплуатации инструментов возникают вопросы, связанные с математическими функциями, условными обозначениями, расчетами площадей и объемов фигур и тел, размерностями различных величин в системе СИ и ранее применявшихся системах, с некоторыми физико-механическими и теплофизическими свойствами материалов, правилами простановки размеров и отклонений в технической документации, расчетами размерных цепей.

1.1. Вычисление площадей и других элементов фигур

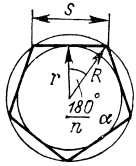
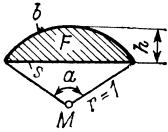
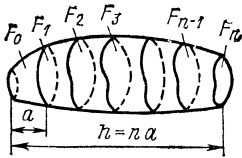
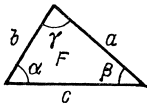
Вычисление элементов многоугольников. Основные элементы многоугольников приведены в табл. 1.1, 1.2. Площади геометрических фигур вычисляются по следующим формулам:

площадь ромба — $F = d_1 d_2 / 2$, где d_1 и d_2 — диагонали ромба;

площадь параллелограмма — $F = ab \sin \alpha = ah$, где α — угол между сторонами a и b ($a \nparallel b$); h — высота, $h \perp a$;

1.1. Основные элементы многоугольников

Элемент и формула для расчета	Эскиз
Площадь фигуры, ограниченной прямыми линиями, $F = 0,5 [(x_1y_2 - x_2y_1) + (x_2y_3 - x_3y_2) + \dots + (x_ny_1 - x_1y_n)]$	
Площадь фигуры, ограниченной произвольной кривой (разбивается на n равных частей), $F_n \approx h \frac{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 4y_{n-1} + y_n}{3n}$	

Элемент и формула для расчета	Эскиз
Основные размеры правильных многоугольников (n — число сторон): $S = 2R \sin \alpha$; $r = R \cos \alpha$; $F = 0,5nr^2 \operatorname{tg} \alpha$; $\alpha = 180^\circ/n$; значения S, r, R см. в табл. 1.2	
Размеры сегментов $h = r \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}; \quad b = r\alpha;$ $S = 2r \sin \frac{\alpha}{2}; \quad F = 0,5 [r(b-s) + Sh]$	
Объем фигуры произвольной формы: $V = h \frac{F_0 + 4F_1 + 2F_2 + 4F_3 + 2F_4 + \dots + 4F_{n-1} + F_n}{3n}$	
Площадь и углы треугольника: $\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}; \quad \cos \beta = \frac{c^2 + a^2 - b^2}{2ac};$ $F = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}, \quad \text{где } S = \frac{a+b+c}{2}; \quad \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$	

площадь трапеции — $F = h(a+b)/2 = mh$, где a и b — длины сторон трапеции ($a \parallel b$); m — средняя линия трапеции, $m = (a+b)/2$; h — высота трапеции, $h \perp a$;

площадь кругового сектора — $F = lR/a = \alpha R^2/2 = \alpha_1 R^2 \pi/360^\circ$, где l — длина дуги сектора; α и α_1 — центральный угол сектора в радианах и градусах соответственно;

площадь кольцевого сектора — $F = \alpha(R^2 - r^2)\pi/360^\circ$.

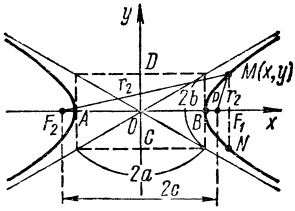
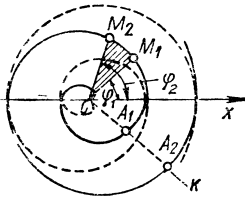
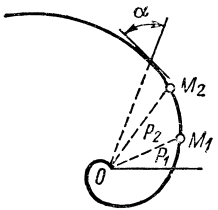
Элементы некоторых плоских кривых приведены в табл. 1.3 и 1.4.

**1.2. Значения S , R и r для многоугольников
в зависимости от числа сторон n**

n	S	R	r
3	1,732R; 3,464r	0,577S; 2,000r	0,289S; 0,500R
4	1,414R; 2,000r	0,707S; 1,414r	0,500S; 0,707R
5	1,176R; 1,453r	0,851S; 1,236r	0,688S; 0,809R
6	1,000R; 1,155r	1,000S; 1,155r	0,866S; 0,866R
7	0,868R; 0,963r	1,152S; 1,110r	1,038S; 0,901R
8	0,765R; 0,828r	1,307S; 1,082r	1,207S; 0,924R
9	0,684R; 0,728r	1,462S; 1,064r	1,374S; 0,940R
10	0,618R; 0,650r	1,618S; 1,052r	1,539S; 0,951R
11	0,564R; 0,587r	1,775S; 1,042r	1,703S; 0,960R
12	0,518R; 0,536r	1,932S; 1,035r	1,866S; 0,966R

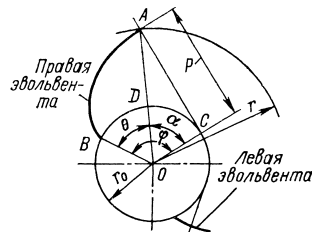
1.3. Элементы некоторых плоских кривых

Кривая, ее уравнение, радиус кривизны в точке $M(x, y)$	Площадь сектора или сегмента	Эскиз
Эллипс: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$; $R = a^2b^2 \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2}$	$F = \pi ab$; площадь сектора $F_c = \frac{ab}{2} \times \arccos \frac{x}{a}$; площадь сегмента $F_{см} = ab \times \arccos \frac{x}{a} - xy$	
Парабола: $y^2 = 2px$; $R = \frac{(p + 2x)^{3/2}}{\sqrt{p}}$	Площадь сегмента $F_{см} = 2/3 Sh$	

Кривая, ее уравнение радиус кривизны в точке $M(x, y)$	Площадь сектора или сегмента	Эскиз
Гипербола: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$; $R =$ $= a^2 b^2 \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2}$	Площадь сектора $F_{\text{с.м.}} = xy - ab \ln \left(\frac{x}{a} + \frac{y}{b} \right)$	
Спираль Архимеда: $\rho = a\varphi$; $a = \frac{v}{\omega}$; $R = a \frac{(\varphi^3 + 1)^{3/2}}{\varphi^2 + 2}$	Площадь сектора $M_1 O M_2 \quad F_{\text{с.}} = \frac{a^2}{6} (\varphi_2^3 - \varphi_1^3)$	
Логарифмическая спираль: $\rho = a^\varphi$, где $a = \text{const}$; ($a > 0$), $R = \rho \sqrt{1 + \ln^2 a}$	—	

1.4. Значения инвалюты $\text{inv } \alpha \cdot 10$ при значениях угла α от 10° до 30° и $r = 1$ мм

$$\theta = \text{inv } \alpha = \text{tg } \alpha - \alpha; AC = \text{tg } \alpha = P = \widehat{BDC}; \widehat{DC} = \alpha$$



$\alpha, ^\circ$	$0'$	$5'$	$10'$	$15'$	$20'$	$25'$	$30'$	$35'$	$40'$	$45'$	$50'$	$55'$	$60'$
10	0,01794	0,01840	0,01886	0,01933	0,01981	0,02030	0,02079	0,02130	0,02181	0,02233	0,02286	0,02340	0,02394
11	0,02394	0,02449	0,02506	0,02563	0,02621	0,02680	0,02739	0,02800	0,02862	0,02924	0,02988	0,03052	0,03117
12	0,03117	0,03183	0,03250	0,03318	0,03388	0,03458	0,03528	0,03600	0,03673	0,03747	0,03822	0,03898	0,03975
13	0,03975	0,04053	0,04132	0,04213	0,04294	0,04376	0,04459	0,04544	0,04629	0,04716	0,04803	0,04892	0,04982
14	0,04982	0,05073	0,05165	0,05258	0,05353	0,05448	0,05545	0,05643	0,05742	0,05842	0,05943	0,06046	0,06150
15	0,06150	0,06255	0,06361	0,06469	0,06577	0,06687	0,06798	0,06911	0,07025	0,07140	0,07256	0,07374	0,07493
16	0,07493	0,07613	0,07735	0,07857	0,07982	0,08107	0,08234	0,08362	0,08492	0,08623	0,08756	0,08889	0,09026
17	0,09025	0,09161	0,09299	0,09439	0,09580	0,09723	0,09866	0,10012	0,10158	0,10307	0,10456	0,10608	0,10760
18	0,10760	0,10915	0,11071	0,11228	0,11387	0,11547	0,11709	0,11873	0,12038	0,12205	0,12373	0,12543	0,12715
19	0,12715	0,12888	0,13063	0,13240	0,13418	0,13598	0,13779	0,13963	0,14148	0,14334	0,14522	0,14713	0,14904
20	0,14904	0,15098	0,15293	0,15490	0,15689	0,15890	0,16092	0,16296	0,16502	0,16710	0,16920	0,17132	0,17345
21	0,17345	0,17560	0,17777	0,17996	0,18217	0,18400	0,18665	0,18891	0,19120	0,19350	0,19583	0,19817	0,20054
22	0,20054	0,20292	0,20533	0,20775	0,21019	0,21266	0,21514	0,21765	0,22018	0,22272	0,22529	0,22788	0,23049
23	0,23049	0,23312	0,23577	0,23745	0,24114	0,24386	0,24660	0,24936	0,25214	0,25495	0,25778	0,26062	0,26350
24	0,26350	0,26639	0,26931	0,27225	0,27521	0,27820	0,28121	0,28424	0,28729	0,29037	0,29348	0,29660	0,29975
25	0,29975	0,30293	0,30613	0,30935	0,31260	0,31587	0,31916	0,32249	0,32583	0,32920	0,33260	0,33602	0,33947
26	0,33947	0,34294	0,34644	0,34996	0,35352	0,35709	0,36069	0,36432	0,36798	0,37166	0,37537	0,37910	0,38287
27	0,38286	0,38666	0,39047	0,39432	0,39819	0,40209	0,40602	0,40997	0,41395	0,41797	0,42201	0,42607	0,43017
28	0,43017	0,43430	0,43845	0,44264	0,44685	0,45110	0,45537	0,45967	0,46400	0,46837	0,47276	0,47718	0,48164
29	0,48164	0,48612	0,49063	0,49518	0,49976	0,50437	0,50901	0,51368	0,51838	0,52312	0,52788	0,53268	0,53751

1.2. Международная система единиц (СИ)

Размерность физических величин, а также их наименования и использование по ГОСТ 8.417—81* (СТ СЭВ 1052—78) должны соответствовать Международной системе единиц, представляющей собой основу для унификации единиц физических величин во всем мире (табл. 1.5—1.7).

Кратные и дольные единицы измерения образуются путем умножения основных единиц на степень числа 10 (табл. 1.8). Их наименование (обозначение) добавляется в виде приставки к наименованию (обозначению) основных (или производных) единиц, например сантиметр (см), пикофарада (пф) и т. д.

Ниже приведены двухсимвольные латинские коды стран.

Страна	Код	Страна	Код	Страна	Код
Австралия	AU	Ирландия	IE	СФРЮ	JU
Австрия	AT	Италия	IT	США	US
АРЕ	EG	Канада	CA	Финляндия	FI
БНР	BG	КНДР	KP	Франция	FR
Великобритания	GB	Нидерланды	NL	ФРГ	BR
ВНР	HU	Норвегия	NO	ЧССР	CS
ГДР	DD	ПНР	PL	Швейцария	SH
Дания	DK	СРР	RO	Швеция	SE
Индия	TN	СССР	SU	Япония	JP

Европейский патент обозначается через ЕР; международная заявка (PST) — через WO.

1.5. Основные и дополнительные единицы международной системы единиц (СИ)

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			между-народное	русское
Основные единицы				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	kg	кг
Время	T	секунда	s	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	кд

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Дополнительные единицы				
Плоский угол	—	радиан	rad	рад
Телесный угол	—	стерадиан	sr	ср
Производные единицы				
Площадь	L^2	квадратный метр	m^2	m^2
Объем, вместимость	L^3	кубический метр	m^3	m^3
Скорость	LT^{-1}	метр в секунду	m/s	м/с
Угловая скорость	T^{-1}	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Ускорение	LT^{-2}	метр на секунду в квадрате	m/s^2	m/c^2
Угловое ускорение	T^{-2}	радиан на секунду в квадрате	rad/s^2	рад/с ²
Плотность	$L^{-3}M$	килограмм на кубический метр	kg/m^3	кг/м ³
Удельный объем	L^3M^{-1}	кубический метр на килограмм	m^3/kg	м ³ /кг
Плотность электрического тока	$L^{-2}I$	ампер на квадратный метр	A/m^2	A/m^2
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	ампер на метр	A/m	A/m
Яркость	$L^{-2}J$	кандела на квадратный метр	cd/m^2	кд/м ²
Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования				
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	N	Н
Давление, механическое напряжение, модуль упругости	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Pa	Па
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	J	Дж
Мощность, поток энергии	L^2MT^{-3}	ватт	W	Вт

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Производные единицы СИ (примеры), названия которых образованы с использованием специальных наименований				
Момент силы	L^2MT^{-2}	ньютон-метр	N·m	Н·м
Поверхностное напряжение, жесткость	MT^{-2}	ньютон на метр	N/m	Н/м
Динамическая вязкость	$L^{-1}MT^{-1}$	паскаль-секунда	Pa·s	Па·с
Напряженность электрического поля	$LMT^{-3}I^{-1}$	вольт на метр	V/m	В/м
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	фарад на метр	F/m	Ф/м
Абсолютная магнитная проницаемость	$LMT^{-2}I^{-2}$	генри на метр	H/m	Гн/м
Удельная энергия	L^2T^{-2}	джоуль на килограмм	J/kg	Дж/кг
Теплопроводность	$LMT^{-3}\Theta^{-1}$	ватт на метр-кельвин	W (m·K)	Вт/(м·К)
Энергетическая сила света (сила излучения)	L^2MT^{-3}	ватт на стерадиан	W/sr	Вт/ср
Количество электричества (электрический заряд)	TI	кулон	C	Кл
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	L^2MT^{-3}	вольт	V	В
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	F	Ф
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^2$	ом	Ω	Ом
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	S	См
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Wb	Вб
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	T	Тл
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	H	Гн
Световой поток	J	люмен	lm	лм
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	lx	лк

* Примеры производных единиц, образованных из основных и дополнительных единиц

**1.6. Внесистемные единицы, допускаемые к применению
наравне с единицами СИ**

Величина	Единица			Примечание
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Масса	тонна	t	т	—
Время	минута час сутки	min h d	мин ч сут	Допускается применять широко распространенные единицы (неделя, месяц, год, век, тысячелетие и т. п.)
Плоский угол	градус минута секунда	...° ...' ..."	...° ...' ..."	—
Объем, вместимость	литр	l	л	Применять при точных измерениях не рекомендуется. При возможности смешения l с цифрой 1 допускается обозначение L
Оптическая сила	диоптрия	—	дптр	—
Площадь	гектар	ha	га	—
Энергия	электрон-вольт	eV	эВ	—
Полная мощность	вольт-ампер	V·A	В·А	—
Реактивная мощность	вар	var	вар	—

**1.7. Соотношения некоторых внесистемных и замененных единиц
с единицами СИ**

Величина	Единица		Соотношение с единицей СИ
	Наименование	Обозначение	
Длина	микрон ангстрем	μ Å	10 ⁻⁶ м 10 ⁻¹⁰ м
Время	минута час сутки	мин ч сут	60 с 3 600 с 86 400 с

Величина	Единица		Соотношение с единицей СИ
	Наименование	Обозначение	
Плоский угол	градус	$\dots^\circ$	$(\pi/180) = 1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	$\dots'$	$(\pi/10\ 800)$ рад =
	секунда	$\dots''$	$= 2,908882 \dots \cdot 10^{-4}$ рад
	прямой угол	$\perp$	$(\pi/648\ 000)$ рад =
	оборот (пол- ный угол)	об	$= 4,848137 \dots \cdot 10^{-6}$ рад
	град (или гон)	град	1,570796 рад 6,283185 рад 0,0157 рад
Телесный угол	квадратный градус	$\square^\circ$	$3,0462 \dots \cdot 10^{-4}$ ср
Масса	карат	—	$2 \cdot 10^{-4}$ кг
Объем, вмести- мость	литр	л	10^{-3} м ³
Частота враще- ния	оборот	об/с	1 с^{-1}
	в секунду оборот в минуту	об/мин	$1/60\text{ с}^{-1} = 0,016\ (6)\text{ с}^{-1}$
Угловая ско- рость	градус	$\dots^\circ/\text{с}$	$0,01745329$ рад/с
	в секунду	об/с	$6,283185$ рад/с
	оборот в секунду оборот в минуту	об/мин	$0,1047197$ рад/с
Массовый рас- ход	килограмм	кг/мин	$16,60 \cdot 10^{-3}$ кг/с
	в минуту килограмм в час	кг/ч	$277,8 \cdot 10^{-6}$ кг/с
Объемный рас- ход	литр в секунду	л/с	10^{-3} м ³ /с

Величина	Единица		Соотношение с единицей СИ
	Наименование	Обозначение	
Давление	техническая атмосфера килограмм-сила на квадратный сантиметр	ат кгс/см ²	98 066,5 Па (точно)
	физическая атмосфера миллиметр водяного столба миллиметр ртутного столба	атм мм вод. ст. мм рт. ст.	101 325 Па 9,80665 Па 133,322 Па
Напряжение (механическое) нормальное и касательное	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм ²	9,80665 · 10 ⁶ Па (точно)
Работа, энергия	киловатт-час ватт-час	кВт·ч Вт·ч	3,6 · 10 ⁶ Дж 3600 Дж
Мощность	лошадиная сила	л. с.	735,499 Вт
Количество электричества	ампер-час	А·ч	3,6 · 10 ³ Кл
Динамическая вязкость	пуаз	П	0,1 Па·с
Кинематическая вязкость	стокс	Ст.	10 ⁻⁴ м ² /с
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	Ом·мм ² /м	10 ⁻⁶ Ом·м
Магнитный поток	максвелл	Мкс	10 ⁻⁸ Вб
Магнитная индукция	гаусс	Гс	10 ⁻⁴ Т
Магнитодвижущая сила, разность магнитных потенциалов	гильберт	Гб	(10/4π) А = 0,795775... А
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	(10 ³ /4π) А = 79,5775... А/м

1.8. Наименование и обозначение кратных и дольных приставок к единицам измерений

Приставка	Обозначение приставки		Кратность (дольность)	Принятое в обиходе наименование
	международное	русское		
—	—	—	10^{18}	Триллион
—	—	—	10^{15}	Биллиард
Тера	T	Т	10^{12}	Биллион
Гига	G	Г	10^9	Миллиард
Мега	M	М	10^6	Миллион
Кило	k	К	10^3	Тысяча
Гекто	h	г	10^2	Сто
Дека	da	да	10	Десять
Деци	d	д	10^{-1}	Десятая
Санتي	c	с	10^{-2}	Сотая
Милли	m	м	10^{-3}	Тысячная
Микро	μ	мк	10^{-6}	Миллионная
Нано	n	н	10^{-9}	Миллиардная
Пико	p	п	10^{-12}	Биллионная
Фемто	f	ф	10^{-15}	Биллиардная
Атто	a	а	10^{-18}	Триллионная

1.3. Физико-механические характеристики материалов

Физико-механические свойства металлов приведены в табл. 1.9, а физические свойства некоторых материалов — в табл. 1.10.

Термодинамические параметры тела (плотность, температура, давление) характеризуют процессы взаимного превращения тепла и работы и называются термическими параметрами состояния. В связи с этим значения некоторых параметров в таблицах приведены при определенной температуре.

Температура оценивается в градусах шкалы Кельвина ($T^{\circ}\text{K}$) или Цельсия ($t^{\circ}\text{C}$). В литературе встречаются также обозначения температуры по другим шкалам — Реомюра ($T^{\circ}\text{R}$), Фаренгейта ($T^{\circ}\text{F}$). Как и шкала Цельсия, они строятся делением интервала между температурой плавления льда и температурой кипения воды на равные части: шкала Реомюра на 80 частей ($0-80^{\circ}$), шкала Фаренгейта на 180 частей ($32-212^{\circ}$). Существуют следующие соотношения между температурами различных шкал $t^{\circ}\text{C} = 0,555(T^{\circ}\text{F} - 32) = 1,25T^{\circ}\text{R}$; $T^{\circ}\text{F} = 1,8t^{\circ}\text{C} + 32 = 2,25T^{\circ}\text{R} + 32$; $T^{\circ}\text{R} = 0,8t^{\circ}\text{C} = 0,44(T^{\circ}\text{F} - 32)$; $T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$.

Тепловое расширение тел характеризуется коэффициентом линейного расширения твердых тел $\alpha = \frac{1}{l} \frac{dl}{dt}$, где l — линейный размер (например, длина) $l = l_0(1 + \alpha t)$. Значения α приведены в табл. 1.9 и 1.10. Коэффициент объемного расширения для однородных тел $\beta = 3\alpha$.

1.9. Физико-механические свойства металлов

Вещество, элемент	Плотность ρ , г/см ³	Темпера- тура плав- ления, °C	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	λ , Вт/(м·К)	C_p , Дж/(кг·К)	НВ	σ_B , МПа	σ_T , МПа	E , МПа
Алюминий (Al)	2,6—2,75	600,1	23,7	202—229	879,2	20—25	80—110	30—70	72 000
Бериллий (Be)	1,82	1284	11,7	157—172	—	107	190	100	250 000
Вольфрам (W)	19,1—19,3	3410	4,4	163	134	350	1000—1200	750	40 000
Железо (Fe)	7,87	1539	12,15	87	439,6	50	250—330	125	210 000
Золото (Au)	19,32	1063	14,32	313	130,2	18	140	30—40	79 000
Иридий (Ir)	22,5	2443	6,65	59	128,5	170	230	—	520 000
Кадмий (Cd)	8,54—8,64	321	30,4	93,4	—	20	64	10	530 000
Кальций (Ca)	1,54	851	—	—	—	20—30	60	38	26 000
Кобальт (Co)	8,9	1495	12,5	70	448	125	240	—	207 500
Магний (Mg)	1,74	651	26,0	172	1000,6	25	170—200	20—60	43 600
Марганец (Mn α ; Mn β)	7,2—7,4	1250	22,2	157	473	210	Хрупкий	—	201 600
Медь (Cu)	8,9—9	1084,2	17,06	393	376,8	35	220	60—80	132 000
Молибден (Mo)	10,3	2622	5,19	140	247	125	700	—	330 000
Никель (Ni)	8,6—8,9	1453	13,6	93	439,6	120	300	200	105 000
Ванадий (V)	5,96	1710	—	—	—	—	—	—	—
Олово (Sn)	7,2—7,5	231,9	26,2	66,3	222	5	20—40	—	55 000
Палладий (Pd)	11,9	1552	—	—	—	30	200	—	123 600
Платина (Pt)	21,45	1769	9,1	69,8	132,7	25	150	—	170 000
Свинец (Pb)	11,34	327,4	29,2	35,1	127,3	4—6	10	5—10	17 000
Серебро (Ag)	10,5	900,8	19,62	418,7	232,8	25	180	35	81 000
Тантал (Ta)	16,6	3000	—	—	—	70	350—450	—	190 000
Титан (Ti)	4,54	1668	8,1	—	531,7	130—150	400—450	300—400	105 000
Хром (Cr)	7,14	1800	6,61	—	427	70—100	250—300	200	252 000
Цинк (Zn)	7—7,2	419,4	32	112,8	381	30—42	100—150	90—100	94 000
Цирконий (Zr)	6,53	1830	—	—	—	120	300—500	200—300	75 000
Ниобий (Nb)	8,6	2415	7,2	—	—	120	300	200	105 000

Примечание. Значения удельной весовой теплоемкости c_p приведены при 0° С.

1.10. Физические свойства материалов

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Темпера- тура плавл- нения, °С	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	λ , Вт/(м·К)	C_p , Дж/(кг·К)
Алюминиевые и литейные сплавы	2,65—2,95	—	—	104,7	—
Бронза:					
алюминиевая	7,5—8,1	1040	17,6	82,6	418,68
оловянистая	8,7—8,9	1000	17,6	25,6—46,5	368,4
Бура	1,7—1,8	741	—	—	—
Воск:					
мягкий	0,96	37—52	—	—	—
твердый	0,96	52—56	—	—	—
Сплав Вуда	9,7	70	—	12,8	—
Глина огнеупор- ная	1,5—1,8	71 580	—	—	1046,7
Дуралюмин	2,75—2,8	540	22,6	165,0	—
Известь	2,8—3,2	2 570	—	—	—
Каменное литье	—	71 000	—	—	—
Канифоль	1,07	52—68	—	—	—
Каучук	0,9—0,92	125	—	—	1130,4— 2009,7
Кварц	2,65	1600— 1700	8,0—13,4	7,2—13,6	774,6
Латунь	8,3—8,73	920	17,2—17,8	104,7— 117,5	376,8— 389,4
Нихром	8,4	1100	14,5	12,6—17,4	448,0
Парафин	0,87—0,9	49—54	—	0,126	3349,4
Сера	1,93—2,07	112,8	—	0,28	762,0
Слюда	2,6—3,2	1100	—	0,46—0,58	879,2
Сода кальцини- рованная	2,53	853	—	—	—
Соль поваренная	2,15—2,17	770	—	—	—
Сталь конструк- ционная	7,85	1400— 1500	10,2—16,6	62,8	—
Стальное литье	7,8	—	—	—	—
Стекло оконное	2,6	460—800	2,5	0,74	670,0
Графит	2,3—2,7	3500	7,9	—	—
Фарфор	2,3—2,5	1530	3,4—4,1	1,04—1,96	1088,6
Чугун:					
серый	7,0—7,4	1150	8,7—11,1	56,5	—
белый	7,2—7,7	1130	—	—	—
Шамот	1,85—2,2	1500	—	0,84	879,2
Янтарь	1,0—1,1	352—381	—	—	—
Агат	2,5—2,8	—	—	—	—
Алебастр	2,2—2,9	—	—	—	—
Асбест	1,2	—	—	0,106	—
Береза сухая	0,5—0,8	—	—	—	—
Бетон	1,8—2,5	—	—	0,84	837,4
Бук сухой	0,62—0,82	—	—	—	—
Гравий	1,8—2,0	—	—	—	—
Дуб сухой	0,6—0,9	—	4,9/61,4	0,35—0,43	2386,5
Ель сухая	0,37—0,75	—	5,4/34,0	0,23—0,29	544,3— 1465,4

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Темпера- тура плавл- ения, °C	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹	λ , Вт/(м·К)	C_p , Дж/(кг·К)
Кирпич огне- поушный	1,4—1,6	—	4,0—7,0	0,814	879,2
Керосин	0,81—0,84	—	—	0,145	4103,0
Линолеум	1,15—1,3	—	—	—	—
Картон прокла- дочный	0,8—0,85	—	—	0,14—0,35	1507,2
Пробка	0,22—0,26	—	—	0,042— 0,053	1758,5
Резина	1,3—1,8	—	—	0,157— 0,160	1381,6
Текстолит	1,3—1,4	—	20,0	0,23—0,34	1465,4— 1507,2
Эбонит	1,25	—	70,0	0,157— 0,174	2470,2
Полипропилен	0,9	170	—	—	—
Полиэтилен:					
высокого дав- ления	0,92	112	220,0	—	—
низкого дав- ления	0,94	140	—	—	—
Полистирол ударопрочный	0,48	—	—	—	—
Полиуретан	1,21	130	—	—	—
Фторопласт	2,1—2,2	220	—	—	—

Удельная теплоемкость — количество тепла, Дж, необходимое для нагревания на 1 °C единицы количества вещества. В таблицах приведена удельная теплоемкость C_p , Дж/(кг·К).

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К), характеризует способность вещества проводить тепло. С ним связан и коэффициент температуропроводности a , м²/с, характеризующий скорость выравнивания температуры в неравномерно нагретом теле: $a = \lambda / C_p \rho$, где ρ — плотность тела, кг/м³.

Твердость материалов приведена в единицах НВ (по Бринелю). Соотношения между числами твердости, определенной различными методами, приведены в табл. 1.11. Перевод чисел твердости HRC в твердость по новой, введенной в СССР, шкале HRC₃ — приведен в табл. 1.12.

**1.11. Соотношение между числами твердости,
измеренными различными методами**

Викерс HV	Роквелл		Бринель HB	ШОР HSh
	HRB	HRC		
80	—	—	76	—
85	41,0	—	80,7	—
90	48,0	—	85,5	—
95	52,0	—	90,2	—
100	56,2	—	95	—
105	—	—	99,8	—
110	62,3	—	105	—
115	—	—	109	—
120	66,7	—	114	—
125	—	—	119	—
130	71,2	—	124	—
135	—	—	128	—
140	75,0	—	133	—
145	—	—	138	—
150	78,7	—	143	—
155	—	—	147	—
160	81,7	—	152	—
165	—	—	156	—
170	85,0	—	162	—
175	—	—	166	—
180	87,1	—	171	—
185	—	—	176	—
190	89,5	—	181	—
195	—	—	185	—
200	91,5	—	190	—
205	92,5	—	195	—
210	93,5	—	199	—
215	94,0	—	204	—
220	95,0	—	209	—
225	96,0	—	214	—
230	96,7	—	219	35
235	—	—	223	36
240	98,1	20,3	228	36
245	—	21,3	233	37,5
250	99,5	22,2	238	38
255	—	23,0	242	39
260	—	24,0	247	40
265	—	24,8	252	40,5
270	—	25,6	257	41
275	—	26,4	261	42
280	—	27,1	266	43
285	—	27,8	271	43,5
290	—	28,5	276	44
295	—	29,2	280	44,5
300	—	29,8	285	45,5
310	—	31,0	295	46,5
320	—	32,2	304	47,5
330	—	33,3	314	49

Виккерс HV	Роквелл		Бринель HB	ШОР HSh
	HRB	HRC		
340	—	34,4	323	50
350	—	35,5	333	51
360	—	36,6	342	52
370	—	37,7	352	53,5
380	—	38,8	361	54,5
390	—	39,8	371	55,5
400	—	40,8	380	56,5
410	—	41,8	390	57,5
420	—	42,7	399	58,5
430	—	43,6	409	59,5
440	—	44,5	418	61
450	—	45,3	428	62
460	—	46,1	437	63
470	—	46,9	447	64
480	—	47,7	456	65
490	—	48,4	466	66
500	—	49,1	475	67
510	—	49,8	485	68,5
520	—	50,5	494	69,5
530	—	51,1	504	70,5
540	—	51,7	513	71,5
550	—	52,3	523	72,5
560	—	53,0	532	74
570	—	53,6	542	75
580	—	54,1	551	76
590	—	54,7	561	77
600	—	55,2	570	78,5
610	—	55,7	580	79,5
620	—	56,3	589	80,5
630	—	56,8	599	81,5
640	—	57,3	608	82,5
650	—	57,8	618	83,5
660	—	58,3	—	84,5
670	—	58,8	—	85,5
680	—	59,2	—	87
690	—	59,7	—	88
700	—	60,1	—	89
720	—	61,0	—	91,5
740	—	61,8	—	93,5
760	—	62,5	—	96
780	—	63,3	—	97,5
800	—	64,0	—	99
820	—	64,7	—	100,5
840	—	65,3	—	101,5
860	—	65,9	—	102,5
880	—	66,4	—	103,5
900	—	67,0	—	104
920	—	67,5	—	104,5
940	—	68,0	—	105

**1.12. Перевод чисел твердости HRC шкалы С Роквелла
в числа твердости HRC₉ шкалы C₉ Роквелла (ГОСТ 8.064—79 *)**

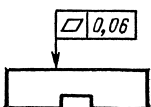
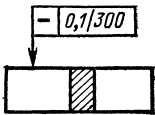
HRC	HRC	HRC ₉	HRC	HRC ₉	HRC	HRC ₉	HRC	HRC ₉	HRC
20,0	17,8	29,5	27,6	39,0	37,4	48,5	47,1	58,0	56,9
20,5	18,3	30,0	28,1	39,5	37,9	49,0	47,7	58,5	57,4
21,0	18,8	30,5	28,6	40,0	38,4	49,5	48,2	59,0	58,0
21,5	19,3	31,0	29,1	40,5	38,9	50,0	48,7	59,5	58,5
22,0	19,9	31,5	29,6	41,0	39,4	50,5	49,2	60,0	59,0
22,5	20,4	32,0	30,2	41,5	39,9	51,0	49,7	60,5	59,5
23,0	20,9	32,5	30,7	42,0	40,5	51,5	50,2	61,0	60,0
23,5	21,4	33,0	31,2	42,5	41,0	52,0	50,7	61,5	60,5
24,0	21,9	33,5	31,7	43,0	41,5	52,5	51,3	62,0	61,0
24,5	22,4	34,0	32,2	43,5	42,0	53,0	51,8	62,5	61,6
25,0	23,0	34,5	32,7	44,0	42,5	53,5	52,3	63,0	62,1
25,5	23,5	35,0	33,2	44,5	43,0	54,0	52,8	63,5	62,6
26,0	24,0	35,5	33,8	45,0	43,5	54,5	53,3	64,0	63,1
26,5	21,5	36,0	34,3	45,5	44,1	55,0	53,8	64,5	63,6
27,0	25,0	36,5	34,8	46,0	44,6	55,5	54,3	65,0	64,1
27,5	25,5	37,0	35,3	46,5	45,1	56,0	54,9	65,5	64,6
28,0	26,0	37,5	35,8	47,0	45,6	56,5	55,4	66,0	65,2
28,5	26,6	38,0	36,3	47,5	46,1	57,0	55,9	66,5	65,7
29,0	27,1	38,5	36,8	48,0	46,6	57,5	56,4	67,0	66,2
								67,5	66,7

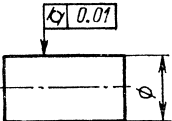
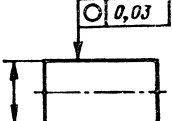
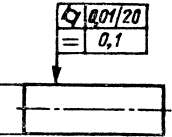
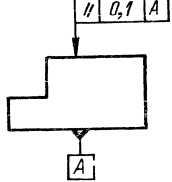
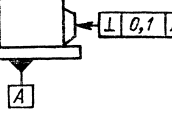
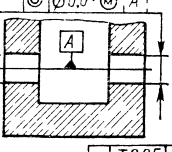
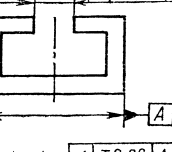
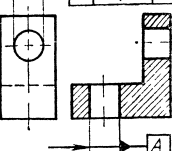
Примечание Промежуточные значения находятся методом линейной интерполяции.

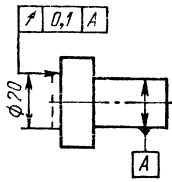
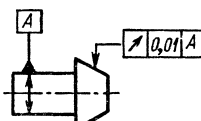
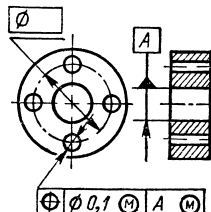
1.4. Условные обозначения на чертежах и в другой технической документации

Правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах изделий приведены в табл. 1.13—1.17. Термины и определения допусков формы и расположения поверхностей приведены в ГОСТ 24642—81, а их числовые значения в ГОСТ 24643—81. Не указанные на чертежах допуски формы и расположения оговариваются в технических требованиях чертежа со ссылкой на ГОСТ 25069—81 или другие документы, например ОСТ 2Н31—3—81, применяемый в системе Минстанкопрома.

1.13. Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей по ГОСТ 2308—79 * (СТ СЭВ 363—76)

Вид допуска	Условное обозначение на чертеже	Пояснения
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,06 мм
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности поверхности 0,1 мм на длине 300 мм

Вид допуска	Условное обозначение на чертеже	Пояснения
Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности поверхности 0,01 мм
Допуск круглости		Допуск круглости поверхности 0,03 мм
Допуск профиля продольного сечения		Допуск цилиндричности поверхности 0,01 мм на длине 20 мм. Допуск профиля продольного сечения 0,1 мм по всей длине
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности A 0,1 мм
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно основания 0,1 мм
Допуск соосности		Допуск соосности отверстий относительно общей оси 0,01 мм
Допуск симметричности		Допуск симметричности паза относительно поверхности A 0,05 мм
Допуск пересечения осей		Допуск пересечения осей отверстий 0,06 мм

Вид допуска	Условное обозначение на чертеже	Пояснения
Допуск торцового биения		Допуск торцового биения поверхности относительно оси поверхности A 0,1 мм на диаметре 20 мм
Допуск радиального биения		Допуск радиального биения конуса относительно оси поверхности A 0,01 мм
Позиционный допуск		Позиционный допуск осей отверстий 0,1 мм (база — отверстие A)

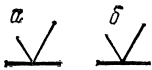
1.14. Условные обозначения направлений неровностей по ГОСТ 2.309—73 * (СТ СЭВ 1632—79, ИСО МС 1302)

Тип направлений неровностей и их характеристика	Схематичное изображение	Условный знак	Условное изображение на чертежах
Параллельное — параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования		=	
Перпендикулярное — перпендикулярно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования		⊥	
Перекрещивающееся — перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования		×	

Тип направлений неровностей и их характеристика	Схематичное изображение	Условный знак	Условное изображение на чертежах
Произвольное — различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования		M	
Кругообразное — приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования		C	
Радиальное — приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования		R	

**1.15. Условные обозначения шероховатости поверхности
(ГОСТ 2.309—73*)**

Условный знак	Характеристика обозначаемой шероховатости поверхности
	Шероховатость поверхности, образованной без удаления слоя металла (литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. п.); шероховатость поверхности, не обрабатываемой по данному чертежу
	Шероховатость поверхности, образованной удалением слоя металла (точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т. п.)
	Шероховатость поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается
0,025 Полировать 0,32 Шабрить	Вид обработки поверхности, который является единственным для получения требуемого качества, или если шероховатость поверхностей, изображения которых образуют контур, должна быть одинаковой

Условный знак	Характеристика обозначаемой шероховатости поверхности
	Упрощенное обозначение шероховатости поверхности с разъяснением его в технических условиях чертежа, например: $a \sqrt{\text{}} = \sqrt[0,32]{\frac{0,25}{0,08} \text{ Полировать } M}$ $b \sqrt{\text{}} = \sqrt[0,63]{\frac{0,40}{0,25} 40,60 \text{ } 2,5}$
	Упрощенное обозначение одинаковой шероховатости для части поверхностей изделия. Помещается в правом верхнем углу чертежа за знаком обозначения одинаковой шероховатости. Это означает, что все поверхности, на изображении которых не нанесены обозначения шероховатости или знак , должны иметь шероховатость, указанную перед обозначением .
Примечание. Числовые значения параметров шероховатости принимаются по ГОСТ 2789—73*.	

1.16. Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей (ГОСТ 2.308—79*)

Группа допусков	Вид допуска	Условный знак
Допуски формы	Допуск прямолинейности	—
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	○
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	≡

Группа допусков	Вид допуска	Условный знак
Допуски расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

1.17 Соотношения между применявшимися ранее и новыми обозначениями параметров шероховатости поверхностей и предпочтительные их значения

Класс шероховатости (старое обозначение)	R_a , мкм		R_z , мкм	
	Диапазон	Предпочтительное значение	Диапазон	Предпочтительное значение
▽ 1	80; 63; 40	50	320; 250; 200; 160	200
▽ 2	40; 32; 20	25	160; 125; 100; 80	100
▽ 3	20; 16; 10	12,5	80; 63; 50; 40	50
▽ 4	10; 8; 5;	6,3	40; 32; 25; 20	25
▽ 5	5; 4; 2,5	3,2	20; 16; 12,5; 10	12,5
▽ 6	2,5; 2; 1,25	1,6	10; 8; 6,3	6,3
▽ 7	1,25; 1; 0,63	0,8	6,3; 5; 4; 3,2	3,2
▽ 8	0,63; 0,5; 0,32	0,4	3,2; 2,5; 2; 1,6	1,6
▽ 9	0,32; 0,25; 0,16	0,2	1,6; 1,25; 1,0; 0,8	0,8
▽ 10	0,16; 0,125; 0,08	0,1	0,8; 0,63; 0,5; 0,4	0,4
▽ 11	0,08; 0,063; 0,04	0,05	0,4; 0,32; 0,25; 0,2	0,2
▽ 12	0,04; 0,032; 0,02	0,025	0,2; 0,16; 0,125; 0,1	0,1
▽ 13	0,02; 0,016; 0,01	0,012	0,1; 0,08; 0,063; 0,05	0,05
▽ 14	0,01; 0,008	—	0,05; 0,04; 0,032	—

Примечания: 1. Параметр R_a является предпочтительным. Он наиболее удобен для измерения профилометрами. 2. Параметр R_z нормируют в тех случаях, когда прямой контроль параметра R_a с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным, например, для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов).

1.5. Размерные цепи

При конструировании режущего инструмента, а также машин, приборов и других изделий, выборе средств и методов измерений часто возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяются допустимые ошибки (допуски). Подобные геометрические расчеты выполняются с применением теории размерных цепей. Основные понятия по размерным цепям, приемы их использования при расчете допусков приведены в ГОСТ 16319—80, ГОСТ 16320—80, ГОСТ 19415—74, ГОСТ 19416—74.

Основные понятия. *Размерная цепь* — совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.

Звено размерной цепи — один из размеров, образующих размерную цепь. Существуют следующие звенья размерной цепи:

замыкающее — звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения;

составляющее — звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном;

компенсирующее — составляющее звено размерной цепи, изменением которого достигается требуемая точность замыкающего звена;

общее — звено, одновременно принадлежащее нескольким размерным цепям;

уменьшающее (увеличивающее) — составляющее звено размерной цепи, с увеличением (уменьшением) которого замыкающее звено уменьшается (увеличивается).

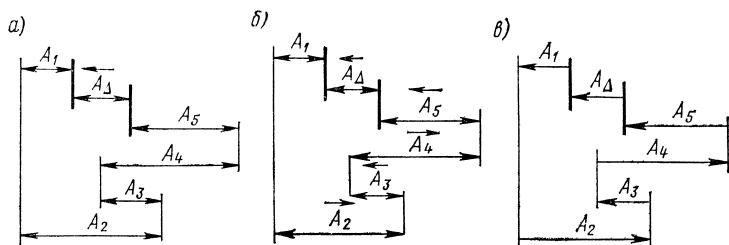


Рис. 1.1. Схемы построения размерных цепей

Размерная цепь обозначается прописными буквами русского (A , B , B и т. д.) или строчными буквами греческого алфавита (кроме букв α , δ , ξ , λ , ω) без индексов.

Замыкающее, составляющее и компенсирующее звенья цепи обозначаются теми же буквами, но с индексами: Δ (A_Δ , B_Δ) — замыкающее звено; с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена (A_1 , A_2 , A_3 и т. д.) — составляющее и с обозначением звена, заключенного в прямоугольник ($\overline{A_1}$, $\overline{B_1}$ и т. д.) — компенсирующее звено.

Пример составления размерной цепи с обозначением звеньев приведен на рис. 1.1, а—в. Замыкающее звено (рис. 1.1, а) обозначается стрелкой над буквенным обозначением звена, соответствующей определенному направлению. Обозначения составляющих звеньев целесообразно дополнить стрелками над буквенными обозначениями, при этом составляющие звенья, направление которых совпадают с замыкающим звеном, будут уменьшающими (A_1 , A_3 , A_5), остальные — увеличивающими (A_2 , A_4) (рис. 1.1, б). Иногда размерные линии удобнее выполнять в виде векторов (рис. 1.1, в). Стрелки над буквенным индексом при этом не прощаются.

Основные расчетные формулы. Номинальный размер замыкающего звена

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{A_i} A_i,$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ — порядковый номер звена; ξ_{A_i} — передаточное отношение i -го звена размерной цепи.

Для линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: $\xi_i = 1$ для увеличивающих и $\xi_i = -1$ для уменьшающих составляющих.

Для звеньев пространственной размерной цепи или звеньев, повернутых относительно координатных осей, ξ — тригонометрические функции, с помощью которых пространственные или повернутые звенья проектируются на координатные оси.

Для размерной цепи, изображенной на рис. 1.1, $A_\Delta = -A_1 + A_2 - A_3 + A_4 - A_5$.

Координата середины поля допуска Δ замыкающего звена

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0i}. \quad (1.1)$$

Здесь

$$\Delta_{0\Delta} = \frac{\Delta_{B\Delta} + \Delta_{H\Delta}}{2}; \quad \Delta_{0i} = \frac{\Delta_{Bi} + \Delta_{Hi}}{2},$$

где $\Delta_{B\Delta}$, $\Delta_{H\Delta}$ — верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена соответственно; Δ_{Bi} , Δ_{Hi} — верхнее и нижнее предельные отклонения составляющего звена соответственно.

Допуск замыкающего звена определяется так:

при расчете по максимуму-минимуму

$$\delta_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \delta_i, \quad (1.2)$$

где $\delta_\Delta = \Delta_{B\Delta} - \Delta_{H\Delta}$; $\delta_i = \Delta_{Bi} - \Delta_{Hi}$;

при расчете по вероятностному методу

$$\delta_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2}, \quad (1.3)$$

где t_Δ — коэффициент риска (выбирается по таблицам значений функции Лапласа $\Phi(t)$ в зависимости от риска P).

При нормальном законе распределения и риске P , %, равном 32; 10; 4,5; 1,0; 0,27; 0,10; 0,01, t_Δ будет составлять соответственно 1,0; 1,65; 2,0; 2,57; 3,0; 3,29; 3,89; $\lambda_i^2 = 1/9$.

Среднее значение допуска составляющих звеньев определим:

при расчете по максимуму-минимуму

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_\Delta}{\sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i|}; \quad (1.4)$$

при расчете по вероятностному методу

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_\Delta}{t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2}}. \quad (1.5)$$

Предельные отклонения i -го звена

$$\Delta_{B_i} = \Delta_{0_i} + \frac{\delta_i}{2}; \quad \Delta_{H_i} = \Delta_{0_i} - \frac{\delta_i}{2}.$$

Координата середины поля рассеивания замыкающего звена

$$\Delta_{\omega_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{\omega_i}.$$

Координата центра группирования отклонений замыкающего звена

$$M(x)_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \left(\xi_i \Delta_{\omega_i} + \alpha_i \frac{|\xi_i| \omega_i}{2} \right).$$

Коэффициент относительной асимметрии i -го звена

$$\alpha_i = \frac{M(x)_i - \Delta_{\omega_i}}{\omega_i/2}.$$

Поле рассеивания замыкающего звена определяется по формулам:

при расчете по максимуму-минимуму

$$\omega_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \omega_i;$$

при расчете вероятностным методом

$$\omega_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \omega_i^2},$$

где λ_i — относительное среднеквадратическое отклонение, $\lambda_i = \frac{2\sigma_i}{\omega_i}$, где σ_i — среднеквадратическое отклонение.

Методы достижения точности замыкающего звена. Существуют четыре метода достижения точности замыкающего звена размерной цепи:

1) метод полной взаимозаменяемости — требуемая точность достигается включением в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения значений;

2) метод неполной взаимозаменяемости — требуемая точность достигается включением в размерную цепь составляющих звеньев, предварительно рассортированных по группам;

3) метод пригонки — требуемая точность достигается изменением размера компенсирующего звена;

4) метод регулирования — требуемая точность достигается регулировкой (изменением размера компенсирующего звена без удаления материала).

Задачи, решаемые с помощью теории размерных цепей. С помощью этой теории решаются прямые и обратные задачи.

Прямая задача: при заданных параметрах замыкающего звена требуется определить параметры составляющих звеньев. Напри-

мер, дано δ_{Δ} [формула (1.2) или (1.3)]. Требуется определить $\delta_{срi}$ [формулы (1.4) или (1.5)].

Обратная задача: при известных параметрах составляющих звеньев требуется определить параметры замыкающего звена. Например, дано $\delta_{ср}$ [формулы (1.4) или (1.5)], требуется определить δ_{Δ} [формулы (1.2) или (1.3)].

В инструментальном производстве такие задачи используют, например, при расчете торцового или радиального биения зубьев многозубого неперегачиваемого инструмента. При этом δ_{Δ} — допускаемое (или требуемое) биение, $\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_{срi}$; $\delta_{срi}$ — допускаемые средние значения погрешностей размеров составляющих звеньев в направлении измерения биения.

Прямая задача: при заданном значении δ_{Δ} и расчете по максимуму-минимуму возможны следующие варианты определения $\delta_{срi}$.

1. Распределение заданного значения δ_{Δ} равномерно между составляющими: $\delta_{ср1} = \delta_{ср2} = \dots = \delta_{срm-1} = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1}$; точность изготовления составляющих звеньев должна быть в $(m-1)$ раз больше, чем допускаемое отклонение.

2. Распределение заданного значения δ_{Δ} между составляющими звеньями пропорционально числу единиц допуска a_c (способ одной степени точности для всех составляющих звеньев)

$$a_c = \frac{\delta_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} i} = \frac{\delta_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} (0,45 \sqrt[3]{D_{и}} + 0,001 D_{и})},$$

где i — коэффициент единицы поля допуска, $i = 0,45 \sqrt[3]{D_{и}} + 0,001 D_{и}$ $D_{и} = \sqrt{D_{\min} D_{\max}}$ — среднее геометрическое интервала размеров, мм. При $D_{и}$, равном 3; 3—6; 6—10; 10—18; 18—30; 30—50; 50—80; 80—120; 120—180; 180—250 i соответственно составляет 0,55; 0,73; 0,9; 1,08; 1,31; 1,56; 1,86; 2,17; 2,52; 2,89.

По рассчитанному значению a_c определяют качество точности звеньев из соотношения $IT_n = a_c i$: $IT5-7i$; $IT6-10i$; $IT7-16i$; $IT8-25i$; $IT9-40i$; $IT10-64i$; $IT11-100i$; $IT12-160i$; $IT13-250i$; $IT14-400i$; $IT15-600i$; $IT16-1000i$; $IT17-1600i$.

При $a_c = 40$ точность соответствует 9-му качеству.

При заданных значениях δ_{Δ} и отклонений замыкающих звеньев вероятностным методом средний допуск может быть определен следующим образом:

по способу равных допусков

$$\delta_{ср} = \delta_{ср1} = \delta_{ср2} = \dots = \delta_{срm-1} = \frac{\delta_{\Delta}}{i \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2}} \approx \frac{\delta_{\Delta}}{i \lambda_c \sqrt{m-1}};$$

δ_{Δ} , мм	Число звеньев									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\delta_{\text{ср}}$, мм										
0,01	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
0,02	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004
0,03	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007
0,04	0,016	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009
0,05	0,020	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,012	0,011
0,06	0,025	0,022	0,020	0,019	0,016	0,017	0,016	0,015	0,014	0,014
0,08	0,033	0,029	0,027	0,025	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018
0,1	0,041	0,036	0,033	0,031	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023
0,2	0,082	0,072	0,067	0,062	0,058	0,055	0,052	0,049	0,047	0,046

по способу одной степени точности

$$a_c = \frac{\delta_{\Delta}}{t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2}} = \frac{\delta_{\Delta}}{t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 (0,45 \sqrt{D_{\text{и}}} + 0,01 D_{\text{и}})^2}}.$$

Обратная задача: при заданных значениях δ_i найти значение δ_{Δ} . Решение при расчетах по максимуму-минимуму — по формуле (1.2), т. е. суммированием погрешностей звеньев. Решение по вероятностному методу — по формуле (1.3). Значения λ_i принимают равными $\lambda_i = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577$ при неизвестном законе рассеивания размера детали, $\lambda_i = \frac{1}{\sqrt{6}} = 0,408$ — при рассеивании, близком к закону треугольника и $\lambda_i = \frac{1}{3} = 0,33$ — при рассеивании, близком к нормальному значению.

Значения t_{Δ} принимаются в зависимости от степени риска P (обычно $P = 0,01$ %; $t_{\Delta} = 3,89$)

Упрощенный вероятностный расчет δ_{Δ} производится по формуле

$$\delta_{\Delta} = \Theta \sum_{i=1}^{m-1} \xi \delta_i, \quad (1.6)$$

где Θ — коэффициент, равный при числе составляющих звеньев 3; 4; 5; 6—8; 9—12 и более 12 соответственно 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4.

Из формул (1.2) и (1.6) видно, что допуски составляющих звеньев при вероятностной оценке могут быть расширены. Это дает возможность снизить стоимость изготовления изделий.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕОРИИ И ПРОЦЕССАХ РЕЗАНИЯ

Применяемые в науке, технике и производстве термины и определения понятий, относящиеся ко всем видам обработки резанием, стандартизированы. Они являются общими для всех видов режущих, алмазных и абразивных материалов и инструментов, а также всех видов обработки резанием и абразивной обработки. Стандартизированными являются также буквенные обозначения кинематических элементов резания, координатных плоскостей и элементов лезвия.

Термины, установленные стандартами, обязательны для применения в документации всех видов в учебной, научно-технической и справочной литературе.

2.1. Термины и определения

Термины и определения инструментов режущих приведены в ГОСТ 25751—83, абразивных и алмазных инструментов — в ГОСТ 21445—84 (СТ СЭВ 4403—83) и ГОСТ 14706—78*. Ниже приведены основные определения инструментов режущих и их разновидностей.

Режущий инструмент — инструмент для обработки резанием.

*Лезвие режущего инструмента (Лезвие)*¹ — клинообразный элемент режущего инструмента для проникновения в материал заготовки и отделения слоя материала.

Передняя поверхность лезвия (Передняя поверхность) — поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Задняя поверхность лезвия (Задняя поверхность) — поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями обрабатываемой заготовки.

Режущая кромка — кромка лезвия инструмента, образуемая пересечением передней и задней поверхностей лезвия.

Рабочая часть режущего инструмента — часть режущего инструмента, содержащая лезвия и выглаживатели при их наличии.

¹ В скобках приводится сокращенный термин.

Крепежная часть режущего инструмента (Крепежная часть) — часть режущего инструмента для его установки и (или) крепления в технологическом оборудовании или приспособлении.

Корпус режущего инструмента (Корпус) — часть режущего инструмента, несущая на себе все его элементы.

Хвостовик режущего инструмента (Хвостовик) — крепежная часть режущего инструмента в виде стержня

Посадочное отверстие режущего инструмента (Посадочное отверстие) — крепежная часть режущего инструмента в виде поверхности отверстия.

Виды режущих инструментов

Лезвийный инструмент — режущий инструмент с заданным числом лезвий установленной формы.

Абразивный инструмент — по ГОСТ 21445—81.

Металлорежущий инструмент — режущий инструмент для обработки металлов.

Дереворежущий инструмент — режущий инструмент для обработки древесины и древесных материалов.

Дисковый режущий инструмент — режущий инструмент в форме тела вращения, осевая длина которого меньше его диаметра.

Цилиндрический режущий инструмент — режущий инструмент в форме тела вращения, режущие кромки которого расположены на цилиндрической поверхности.

Конический режущий инструмент — режущий инструмент в форме тела вращения, режущие кромки которого расположены на конической поверхности.

Пластинчатый режущий инструмент (Пластинчатый инструмент) — режущий инструмент в форме пластины.

Цельный режущий инструмент (Цельный инструмент) — режущий инструмент, изготовленный из одной заготовки.

Составной режущий инструмент (Составной инструмент) — режущий инструмент с неразъемным соединением его частей и элементов, может быть сварным, клееным, паяным.

Сборный режущий инструмент (Сборный инструмент) — режущий инструмент с разъемным соединением его частей и элементов.

Насадной режущий инструмент (Насадной инструмент) — режущий инструмент с посадочным отверстием.

Хвостовой режущий инструмент (Хвостовой инструмент) — режущий инструмент с хвостовиком.

Ручной режущий инструмент (Ручной инструмент)

Машинный режущий инструмент (Машинный инструмент) — инструмент, используемый в технологическом оборудовании.

Машинно-ручной режущий инструмент (Машинно-ручной инструмент) — инструмент, используемый в качестве как ручного, так и машинного режущего инструмента.

Разжимной режущий инструмент — инструмент, в котором предусмотрена регулировка размера рабочей части путем ее деформирования.

Зуборезный инструмент — режущий инструмент для образования и (или) обработки зубьев.

Резьбонарезной инструмент — режущий инструмент для образования и (или) обработки резьбы.

Инструментальная головка — сборный режущий инструмент, в котором предусмотрена регулировка размера рабочей части путем перемещения ножей или абразивных брусков.

Лезвийный инструмент и его конструктивные элементы

Зуб лезвийного инструмента (Зуб) — выступ на многолезвийном инструменте, содержащий лезвие.

Затылованный зуб лезвийного инструмента (Затылованный зуб) — зуб лезвийного инструмента, форма задней поверхности лезвия которого обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках по передней поверхности.

Незатылованный зуб лезвийного инструмента (Незатылованный зуб) (Ндп. *Остроконечный зуб, острозаточенный зуб*)¹ — зуб лезвийного инструмента с задней поверхностью, форма которой не обеспечивает постоянства профиля режущей кромки при повторных заточках по передней поверхности.

Режущий зуб — зуб лезвийного инструмента для удаления с заготовки заданного слоя припуска. Если режущие зубья инструмента предназначены для удаления слоев материала с разным сечением срезаемого слоя, то в зависимости от его площади различают черновые, переходные и чистовые зубья.

Калибрующий зуб лезвийного инструмента (Калибрующий зуб) — зуб лезвийного инструмента для удаления с заготовки слоя материала, оставшегося после удаления режущими зубьями слоя припуска вследствие упругой деформации заготовки, инструмента, приспособления и станка.

Выглаживатель лезвийного инструмента (Выглаживатель) — выступ на лезвийном инструменте для выглаживания.

Периферийный зуб лезвийного инструмента (Периферийный зуб) — зуб лезвийного инструмента, выступающий из корпуса в радиальном направлении. Периферийный зуб может быть наружным или внутренним.

Торцовый зуб лезвийного инструмента (Торцовый зуб) — зуб лезвийного инструмента, выступающий из корпуса в осевом направлении.

Винтовой зуб лезвийного инструмента (Винтовой зуб) — зуб лезвийного инструмента, режущая кромка которого является винтовой линией.

¹ Термины-синонимы, недопустимые к применению, обозначены «Ндп» и приведены в качестве справочных.

Ленточка лезвия — сравнительно узкий участок задней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшими значениями заднего угла по сравнению с основной частью задней поверхности.

Фаска лезвия — сравнительно узкий участок передней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшими значениями переднего угла по сравнению с основной частью передней поверхности.

Режущий участок лезвийного инструмента (Режущий участок) — участок рабочей части лезвийного инструмента, содержащий лезвия.

Калибрующий участок лезвийного инструмента (Калибрующий участок) — участок рабочей части лезвийного инструмента, содержащий калибрующие зубья и выглаживатели.

Режущая пластина — пластина из инструментального материала с лезвием, являющаяся составной частью лезвийного инструмента.

Опорная пластина режущего инструмента (Опорная пластина) — пластина для установки в лезвийном инструменте под режущую пластину в целях уменьшения деформации лезвия при обработке резанием.

Нож лезвийного инструмента (Нож) (Ндп. *Вставной зуб*) — зуб лезвийного инструмента, изготовленный отдельно и образующий с корпусом лезвийного инструмента разъемное соединение.

Секция лезвийного инструмента (Секция) — элемент лезвийного инструмента, содержащий несколько зубьев, изготовленный отдельно и образующий с корпусом лезвийного инструмента разъемное соединение. Частным случаем секции является сегмент фрезы.

Стружечная канавка — канавка между соседними лезвиями инструмента для размещения и отвода стружки. Стружечные канавки лезвийного инструмента могут быть прямыми, наклонными и винтовыми.

Стружкоразделительная канавка — канавка на задней поверхности лезвия инструмента поперек режущей кромки для деления стружки на полосы.

Стружкозавивающая канавка — канавка на передней поверхности лезвия инструмента для завивания сходящей стружки.

Стружколом — созданное на передней поверхности лезвийного инструмента препятствие для ломания стружки. Различают накладной стружколом, стружколомающую канавку и стружколомающий порожек.

Виды лезвийных инструментов

Стальной режущий инструмент (Стальной инструмент) — лезвийный инструмент с лезвиями из стали.

Быстрорежущий инструмент — стальной режущий инструмент с лезвиями из быстрорежущей стали.

Твердосплавный режущий инструмент (Твердосплавный инструмент) — лезвийный инструмент с лезвиями из твердого сплава.

Минералокерамический режущий инструмент (Минералокерамический инструмент) — лезвийный инструмент с лезвиями из минералокерамики.

Однолезвийный инструмент — лезвийный инструмент для обработки одним лезвием.

Многолезвийный инструмент — лезвийный инструмент, лезвия которого расположены в направлении главного движения резания последовательно.

Периферийный лезвийный инструмент — лезвийный инструмент с периферийными зубьями.

Торцовый лезвийный инструмент — лезвийный инструмент с торцовыми зубьями.

Периферийно-торцовый лезвийный инструмент.

Лезвийный инструмент с механическим креплением пластины — сборный лезвийный инструмент с разъемным соединением режущей пластины с корпусом или ножом.

Лезвийный инструмент с напайной пластиной — лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены напайкой режущей пластины на корпус или нож.

Лезвийный инструмент с клееной пластиной — лезвийный инструмент с соединением режущей пластины с корпусом или ножом клеем.

Инструмент с наплавленным лезвием — составной лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены наплавкой инструментального материала.

Комбинированный режущий инструмент — лезвийный инструмент, представляющий собой сочетание лезвийных инструментов разных видов при общей крепежной части (например, сверло-зенкер, сверло-метчик и др.).

Праворежущий инструмент — лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания, направленным по часовой стрелке, если смотреть со стороны крепежной части.

Леворежущий инструмент — лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания, направленным против часовой стрелки, если смотреть со стороны крепежной части.

Ротационный режущий инструмент — сборный лезвийный инструмент, круглое лезвие которого совершает при обработке вращательное касательное движение резания.

Профильный лезвийный инструмент — лезвийный инструмент, форма режущей кромки которого определена формой обработанной поверхности.

Фасонный лезвийный инструмент (Фасонный инструмент) — профильный лезвийный инструмент, режущая кромка которого при обработке образует профиль обработанной поверхности одновременно всеми точками режущей кромки.

Обкатной лезвийный инструмент (Обкатной инструмент) — профильный лезвийный инструмент, режущая кромка которого

при обработке образует профиль обработанной поверхности как огибающей последовательных положений режущей кромки относительно заготовки.

Прямозубый режущий инструмент — многолезвийный инструмент, в котором направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и перпендикулярна к направлению скорости главного движения резания (под направляющей линией передней поверхности понимают линию, по которой движется точка прямой, описывающей эту поверхность).

Косозубый режущий инструмент — многолезвийный инструмент, в котором направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и наклонена под углом к направлению скорости главного движения резания.

Режущий инструмент с винтовым зубом — многолезвийный инструмент, в котором направляющая линия передней поверхности лезвия является винтовой линией.

Резец — однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

Фреза — лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания инструмента без возможности изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения. Невозможность изменения радиуса траектории главного движения резания отличает однолезвийную фрезу от вращающегося резца.

Осевой режущий инструмент (Осевой инструмент) — лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания и движением подачи вдоль оси главного движения резания.

Сверло — осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и (или) увеличения диаметра имеющегося отверстия.

Зенкер — осевой режущий инструмент для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра.

Развертка — осевой режущий инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и снижения шероховатости поверхности.

Зенковка (Ндп. *Зенкер-подголовка*) — осевой многолезвийный инструмент для обработки конического входного участка отверстия.

Цековка (Ндп. *Торцовый зенкер, Торцовая зенковка, подрезка*) — осевой многолезвийный инструмент для обработки цилиндрического и (или) торцового участка отверстия заготовки.

Метчик — осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки внутренней резьбы.

Плашка — осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки наружной резьбы.

Протяжка — многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном или вращательном главном движении резания и отсутствии движения подачи.

Ножовочное полотно — многолезвийный инструмент в виде полосы с рядом зубьев, не выступающих один над другим, предназначенный для отрезания или прорезания пазов при поступательном главном движении резания.

Напильник — многолезвийный инструмент с множеством рядов относительно мелких лезвий, работающих при поступательном или вращательном главном движении резания и движении подачи в любом направлении.

Шевер — многолезвийный инструмент в виде зубчатых колеса или рейки с лезвиями на боковых поверхностях его зубьев для обработки боковых поверхностей зубьев, при которой для осуществления резания используется относительное скольжение между зубьями инструмента и заготовки в процессе их зацепления.

Надежность режущих инструментов

Работоспособное состояние режущего инструмента—лезвия (Работоспособность) — такое состояние, при котором инструмент производит обработку резанием с соблюдением установленных в документации условий и требований. Состояние режущего инструмента характеризуется при этом совокупностью его параметров. К условиям обработки относятся обрабатываемый материал, технологическое оборудование, режим резания, порядок технического обслуживания, восстановления и ремонта. К требованиям обработки относятся допуски размеров, формы и расположения обработанных поверхностей, параметры шероховатости, производительность обработки резанием и др.

Неработоспособное состояние режущего инструмента—лезвия (Неработоспособность).

Критерий затупления режущего инструмента (Критерий затупления) — критерий отказа режущего инструмента (лезвия), характеризуемый максимально допустимым значением износа режущего инструмента (лезвия), после достижения которого наступает его отказ. (Износ — величина, характеризующая изменение формы и размеров режущего инструмента вследствие изнашивания при резании.)

Критерий отказа режущего инструмента (Критерий отказа) — определяется в зависимости от требований к обработке при выполнении конкретной технологической операции. Например, на операциях предварительной обработки критериями отказа могут быть приняты предельно допустимые значения износа инструмента по задней поверхности лезвия, определенные по условию его рациональной эксплуатации; значения силы резания.

На операциях окончательной обработки, где основными требованиями к обработке являются допуски размеров, формы и расположения обработанных поверхностей, критерием отказа могут быть приняты их предельные допустимые значения. Критерий затупления режущего инструмента — частный случай критерия отказа, характеризуется значением износа инструмента преимущественно по задней поверхности лезвия.

Отказ режущего инструмента (Отказ); внезапный отказ режущего инструмента (внезапный отказ); постепенный отказ режущего инструмента (постепенный отказ) — нарушение работоспособного состояния режущего инструмента. Это может быть отклонение от установленных значений хотя бы одного из параметров инструмента, требований или характеристик обработки, выполняемой этим инструментом. К характеристикам обработки относятся температура и сила резания, уровень вибрации и др. Внезапный отказ режущего инструмента, как правило, наступает вследствие его разрушения. Постепенный отказ режущего инструмента наступает после достижения постепенно изменяющимся значением хотя бы одного из его установленных параметров, требований или характеристик обработки критерия отказа.

Стойкостной отказ режущего инструмента—лезвия (Стойкостной отказ) — постепенный отказ режущего инструмента (лезвия), наступающий после достижения им критерия затупления.

Точностной отказ режущего инструмента—лезвия (Точностной отказ) — постепенный отказ режущего инструмента (лезвия), наступающий после достижения размером, формой или расположением обработанной поверхности предела поля допуска.

Восстановление режущего инструмента—лезвия (Восстановление) — приведение рабочей части режущего инструмента (лезвия) в работоспособное состояние (осуществляется заточкой, заменой лезвия и т. п.).

Время восстановления режущего инструмента—лезвия.

Предельное состояние режущего инструмента—лезвия.

Наработка режущего инструмента—лезвия (Наработка); наработка между отказами режущего инструмента—лезвия; наработка до отказа режущего инструмента—лезвия — объем работы режущего инструмента, который может быть выражен интервалом времени, массой или объемом снятого материала, длиной пути резания, площадью обработанной поверхности или числом обработанных заголовков. В зависимости от этого различают временную, массовую, объемную, путевую, поверхностную и штучную наработки. Временная наработка между отказами режущего инструмента может выражаться временем резания, машинным временем, продолжительностью цикла работы автоматического оборудования.

Ресурс режущего инструмента—лезвия (Ресурс).

Назначенная периодичность восстановления режущего инструмента—лезвия (Назначенная периодичность восстановления) —

наработка режущего инструмента (лезвия), по достижении которой инструмент подлежит восстановлению. Восстановление режущего инструмента осуществляется при отказе или по назначенной периодичности, которая определяется с учетом функционального назначения инструмента, конструктивного исполнения, приспособленности к восстановлению, а также ограничений условий технологической операции (например, обеспечение наибольшей производительности или наименьших приведенных затрат на обработку).

Период стойкости режущего инструмента (Период стойкости) — время резания новым или восстановленным режущим инструментом (лезвием) от начала резания до отказа. Время резания — интервал времени, в течение которого инструмент находится в непосредственном контакте с обрабатываемой поверхностью, сопровождающемся снятием стружки. Период стойкости режущего инструмента является частным случаем временной наработки до отказа и между отказами, когда наработка выражена временем резания. Существует связь между периодом стойкости и наработкой между отказами, например, временная наработка между отказами, выраженная машинным временем T_m , и период стойкости T связаны зависимостью

$$T_m = T \frac{l_{p. x}}{l_p} = T \frac{t_{p. x}}{t_p},$$

где $l_{p. x}$ и $t_{p. x}$ — длина и время рабочего хода инструмента соответственно; l_p и t_p — длина и время резания соответственно. Путевая наработка между отказами l и период стойкости T связаны зависимостью

$$l = Tv,$$

где v — скорость резания, м/мин.

Полный период стойкости режущего инструмента—лезвия (Полный период стойкости) (Ндп. *Срок службы*) — сумма периодов стойкости режущего инструмента от начала резания новым инструментом (лезвием) до достижения предельного состояния.

Безотказность режущего инструмента—лезвия (Безотказность) — основное свойство, определяющее надежность режущего инструмента.

Долговечность режущего инструмента—лезвия (Долговечность) — свойство, определяющее, главным образом, эффективность использования инструмента. Наиболее важна для сложных и дорогостоящих режущих инструментов (червячных фрез, долбяков, протяжек).

Восстанавливаемость режущего инструмента—лезвия — свойство режущего инструмента, заключающееся в приспособленности его рабочей части (лезвия), к восстановлению (например, заточкой).

Надежность режущего инструмента—лезвия (Надежность) — одно из свойств, обуславливающих качество инструмента, яв-

ляется комплексным свойством, включающим безотказность, долговечность, восстанавливаемость и ремонтпригодность режущего инструмента как в отдельности, так и определенное сочетание этих свойств. Надежность может оцениваться одним или несколькими показателями, характеризующими одно или несколько ее свойств.

Средняя наработка между отказами режущего инструмента (лезвия) — математическое ожидание наработки режущего инструмента (лезвия) между отказами.

Гамма-процентная наработка режущего инструмента (лезвия) до отказа (Гамма-процентная наработка до отказа) — наработка режущего инструмента (лезвия), в течение которой его отказ не возникает с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

Относительная гамма-процентная наработка режущего инструмента (лезвия) — отношение гамма-процентной наработки режущего инструмента (лезвия) к средней наработке между отказами режущего инструмента (лезвия). Нарботка характеризует однородность исходных свойств (например, лезвий, условий обработки), а также эффективность метода управления надежностью режущего инструмента. Как при неизменной средней наработке между отказами T , так и при ее увеличении, предпочтителен метод, обеспечивающий увеличение относительной гамма-процентной наработки.

Установленная наработка режущего инструмента (лезвия) (Установленная наработка) — гамма-процентная наработка, в течение которой режущий инструмент не достигнет отказа с установленной вероятностью $\gamma = 100 \%$.

Средний период стойкости режущего инструмента (лезвия) (Средний период стойкости) — математическое ожидание значения периода стойкости режущего инструмента (лезвия).

Гамма-процентный период стойкости режущего инструмента—лезвия (Гамма-процентный период стойкости) — время наработки режущего инструмента (лезвия), в течение которого он не достигнет отказа с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

Относительный гамма-процентный период стойкости режущего инструмента (лезвия) — отношение гамма-процентного периода стойкости режущего инструмента (лезвия) к среднему периоду стойкости режущего инструмента (лезвия).

Установленный период стойкости режущего инструмента—лезвия (Установленный период стойкости) — гамма-процентный период стойкости, в течение которого режущий инструмент не достигнет отказа с установленной вероятностью $\gamma = 100 \%$.

Полный средний период стойкости режущего инструмента—лезвия (Полный средний период стойкости) — математическое ожидание полного периода стойкости режущего инструмента (лезвия).

Управление надежностью режущего инструмента — целесообразное изменение показателей надежности режущего инструмента при неизменной средней наработке между отказами или при ее увеличении. Управление надежностью предусматривает действия, направленные на изменение параметров инструмента, характеристик и условий обработки.

Управление надежностью режущего инструмента при неизменной средней наработке между отказами T достигается за счет следующих мероприятий:

увеличения вероятности безотказной работы при заданной наработке t_1 , т. е. $P_2(t_1) > P_1(t_1)$, где $P_1(t)$ — исходная функция вероятности безотказной работы;

увеличения наработки при заданной вероятности безотказной работы, т. е. $t_2 > t_1$ при $P_3(t_2) = P_1(t_1) = P$ (рис. 2.1). При увеличении средней наработки между отказами T_2 достигается одновременное увеличение гамма-процентной наработки $T_{P(3)} > T_{P(1)}$ с заданной вероятностью безотказной работы для любых значений t , т. е. $P_3(t) > P_1(t)$.

При сочетании указанных методов управления надежностью инструмента безотказность последнего характеризуется функцией $P_4(t)$, как показано на рисунке. Это достигается, например, централизованной заточкой лезвий, регулированием параметров режима резания в течение назначенной средней наработки между отказами T_2 и т. д.

Резервирование режущего инструмента (Резервирование) — повышение показателей надежности режущего инструмента; может быть достигнуто за счет введения избыточных элементов рабочей или крепежной частей.

Термины и определения видов обработки резанием и абразивной обработки приведены в ГОСТ 25761—83, ГОСТ 25762—83 и ГОСТ 23505—79. Перечислим некоторые основные определения.

Общие понятия

Обработка резанием (Резание) — по ГОСТ 3.1109—82*.

Стружка — деформированный и отделенный в результате обработки резанием поверхностный слой материала заготовки (рис. 2.2).

Режущий инструмент — по ГОСТ 25751—83.

Режим резания — совокупность значений скорости резания, подачи или скорости движения подачи и глубины резания.

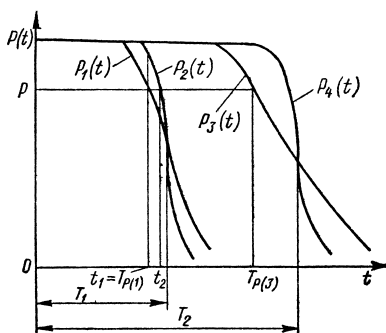


Рис. 2.1. Зависимость вероятности безотказной работы и наработки инструмента

Кинематические элементы и характеристики резания

Главное движение резания (Главное движение) D_p — прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания. Главное движение резания может входить в состав сложного формообразующего движения (например, при точении резьбы).

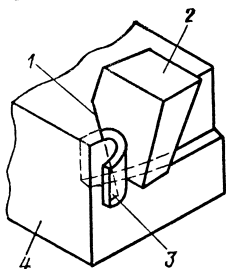


Рис. 2.2. Схема обработки резанием:

1—режущая кромка; 2—лезвие;
3—стружка; 4—заготовка

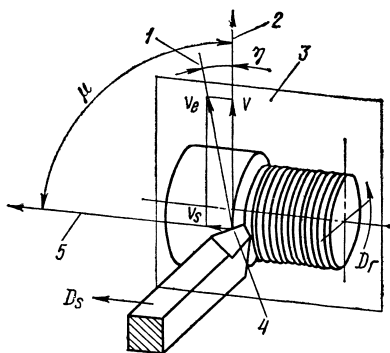


Рис. 2.3. Элементы движений при обтачивании:

1, 2 — направление скоростей результирующего и главного движений соответственно; 3 — рабочая плоскость; 4 — рассматриваемая точка режущей кромки; 5 — направление скорости движения подачи

Скорость главного движения резания v — скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания (рис. 2.3—2.7).

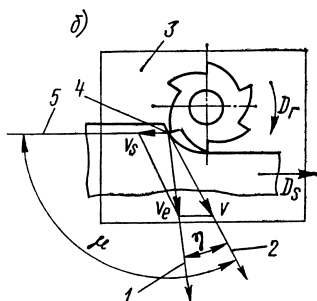
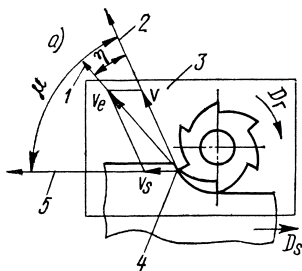


Рис. 2.4. Элементы движений при периферийном фрезеровании:

1—5 — то же, что и для рис. 2.3

Движение подачи (Ндп. Подача) D_s — прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность.

Примечания: 1. Обрабатываемая поверхность — поверхность заготовки, частично или полностью удаляемая при обработке (см. рис. 2.2—2.7). 2. Обработанная поверхность — поверхность, образованная на заготовке в результате обработки.

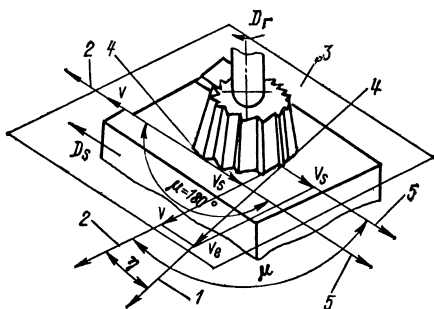


Рис. 2.5. Элементы движений при фрезеровании концевой угловой фрезой:
1—5 — то же что и для рис. 2.3

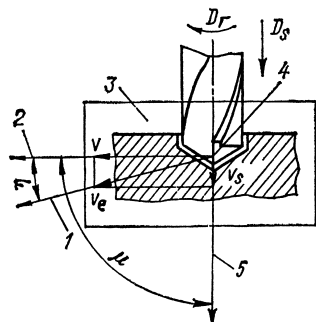


Рис. 2.6. Элементы движений при сверлении:
1—5 — то же, что и для рис. 2.3

3. Движение подачи может быть непрерывным или прерывистым, т. е. происходящим в перерывах процесса резания. 4. Движение подачи может входить в состав сложного формообразующего

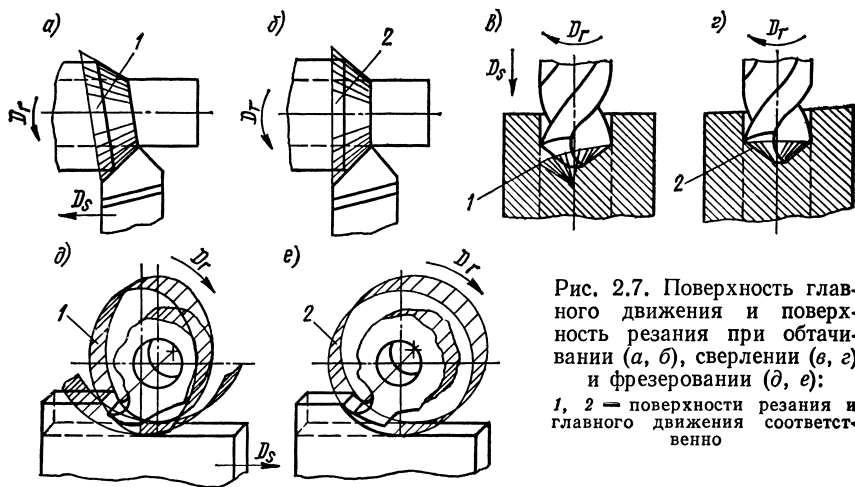


Рис. 2.7. Поверхность главного движения и поверхность резания при обтачивании (а, б), сверлении (в, г) и фрезеровании (д, е):
1, 2 — поверхности резания и главного движения соответственно

движения (например, при шлифовании резьбы). 5. В зависимости от направления движения подачи различают следующие движения подачи: продольное, поперечное и др.

Скорость движения подачи (Скорость подачи) v_s — скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи (см. рис. 2.3—2.6).

Подача S — отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания или к числу определенных долей цикла этого другого движения.

Примечания: 1. Цикл движения — полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки. Доля цикла — часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента. 2. Ход — движение в одну сторону при возвратно-поступательном движении.

Подача на оборот S_0 — подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки.

Подача на зуб S_z — подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента.

Подача на ход S_x — подача, соответствующая одному ходу заготовки или инструмента.

Подача на двойной ход S_{2x} — подача, соответствующая одному двойному ходу заготовки или инструмента.

Касательное движение D_k — прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента, скорость которого меньше скорости главного движения резания и направлена по касательной к режущей кромке; предназначено для того, чтобы сменять контактирующие с заготовкой участки режущей кромки.

Скорость касательного движения — скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в касательном движении.

Результирующее движение резания (Результирующее движение) D_e — суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее главное движение резания, движение подачи и касательное движение.

Скорость результирующего движения резания v_t — скорость рассматриваемой точки режущей кромки в результирующем движении резания (см. рис. 2.3—2.6).

Путь резания l — суммарное расстояние, пройденное рассматриваемой точкой режущей кромки в контакте с заготовкой за рассматриваемый интервал времени и измеренное вдоль траектории этой точки в результирующем движении резания.

Поверхность резания R — поверхность, образуемая режущей кромкой в результирующем движении резания (см. рис. 2.7).

Поверхность главного движения R_r — поверхность, образуемая режущей кромкой в главном движении резания (см. рис. 2.7).

Рабочая плоскость P_s — плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи (см. рис. 2.3—2.6).

Примечания: 1. В случаях, когда в отдельные моменты времени направления скоростей главного движения резания и движения подачи совпадают (тангенциальное точение, периферийное фрезерование), рабочая плоскость проводится так же, как и в предыдущий или последующий моменты, когда эти направления не совпадают. 2. При протягивании, когда отсутствует движение подачи, рабочая плоскость проводится через направление скорости главного движения резания и направление подъема последовательно расположенных зубьев режущего инструмента.

Угол скорости резания η — угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей результирующего движения резания и главного движения резания (см. рис. 2.3—2.6).

Угол подачи μ — угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного движения резания.

Системы координатных плоскостей и координатные плоскости

Инструментальная система координат (ИСК) — прямоугольная система координат с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу (рис. 2.8—2.9). Применяется для изготовления и контроля инструмента.

Статическая система координат (ССК) — прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания (рис. 2.8—2.13). Применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания и для учета изменения этих углов после установившегося инструмента на станке. Она является в общем случае переходной системой от инструментальной системы координат к кинематической.

Кинематическая система координат (КСК) — прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания (см. рис. 2.8—2.13).

Основная плоскость P_v — координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно к направлению скорости главного или результирующего движения резания в этой точке.

Примечание. В инструментальной системе координат направление скорости главного движения резания у токарных и строгальных резцов прямоугольного поперечного сечения принимается перпендикулярно к конструкторской установочной базе резца, у долбежных резцов — параллельно базе, у дисковых токарных резцов, осевых инструментов и фрез — по касательной к траектории вращательного движения инструмента или заготовки, у протяжек — параллельно конструкторской установочной базе

или оси протяжки, у долбяков — параллельно оси хвостовика или оси посадочного отверстия долбяка.

Инструментальная основная плоскость $P_{он}$ — основная плоскость инструментальной системы координат.

Статическая основная плоскость $P_{вс}$ — основная плоскость статической системы координат.

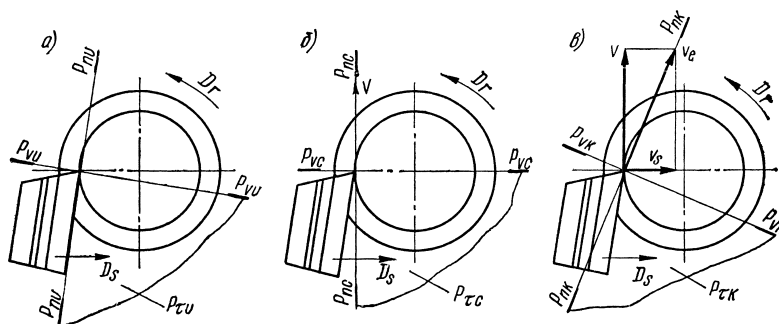


Рис. 2.8. Координатные плоскости и системы координат при фасонном точении: а—в — инструментальная, статическая и кинематическая системы координат соответственно

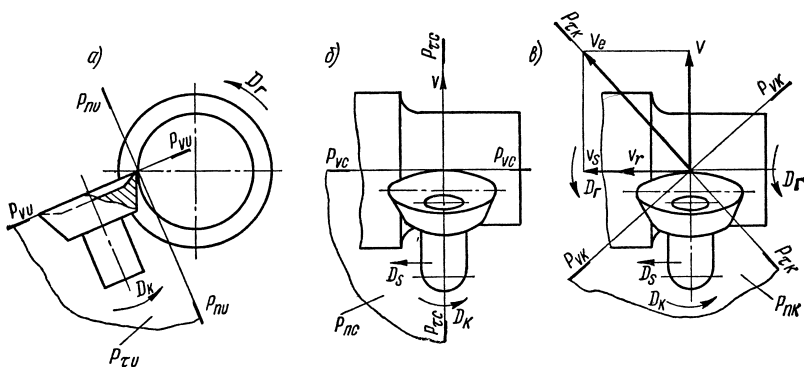


Рис. 2.9. Координатные плоскости и системы координат при ротационном точении: а—в — то же, что и для рис. 2.8

Кинематическая основная плоскость $P_{вк}$ — основная плоскость кинематической системы координат.

Плоскость резания P_n — координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости.

Инструментальная плоскость резания $P_{ни}$ — координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к инструментальной основной плоскости.

Статическая плоскость резания P_{nc} — координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к статической основной плоскости.

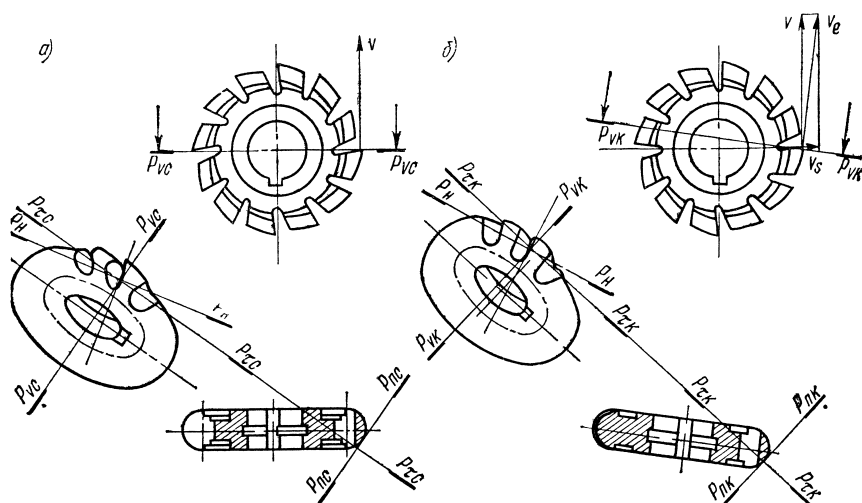


Рис. 2.12. Фасонное фрезерование: а, б — то же, что и для рис. 2.10

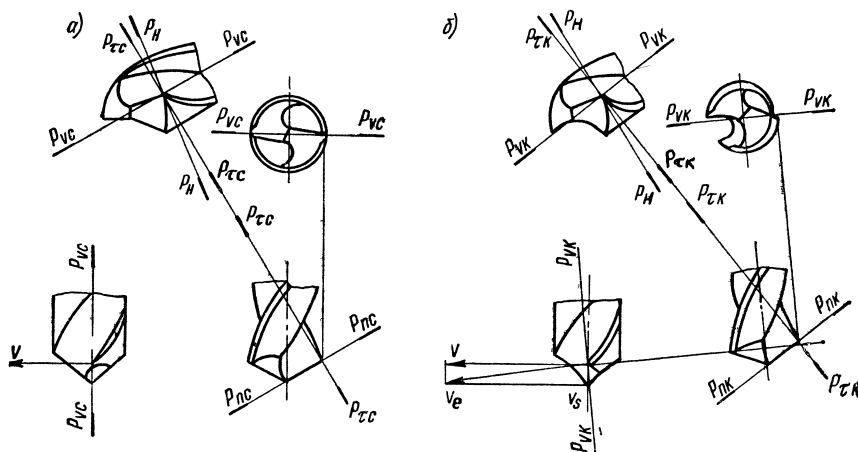


Рис. 2.13. Сверление. Координатные плоскости: а, б — то же, что и для рис. 2.10

Кинематическая плоскость резания P_{nk} — координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к кинематической основной плоскости.

Главная секущая плоскость P_τ — координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

Инструментальная главная секущая плоскость $P_{ти}$ — координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения инструментальной основной плоскости и плоскости резания.

Статическая главная секущая плоскость $P_{тс}$ — координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения статических основной плоскости и плоскости резания.

Кинематическая главная секущая плоскость $P_{тк}$ — координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения кинематических основной плоскости и плоскости резания.

Нормальная секущая плоскость P_n — плоскость, перпендикулярная к режущей кромке в рассматриваемой точке.

Секущая плоскость схода стружки P_c — плоскость, проходящая через направления схода стружки (см. характеристику стружки) и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Элементы и характеристики срезаемого слоя и стружки

Сечение срезаемого слоя (Сечение слоя) — фигура, образованная при рассечении слоя материала заготовки, отделяемого лезвием за один цикл главного движения резания основной плоскостью.

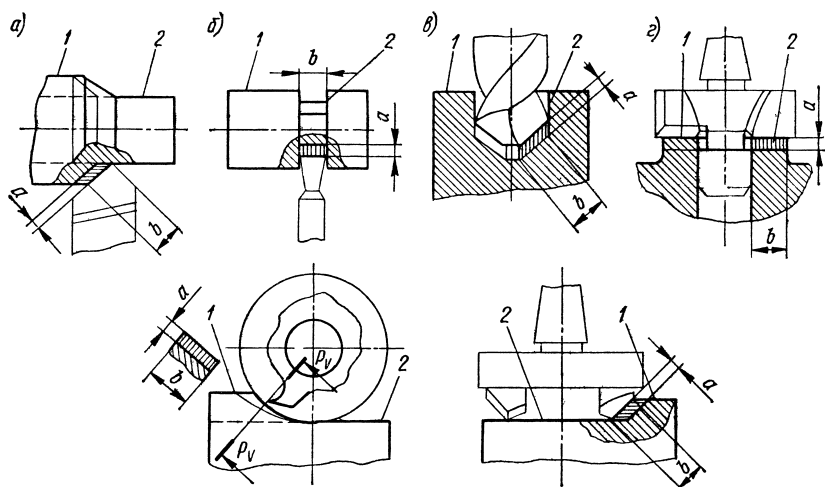


Рис. 2.14. Сечение срезаемого слоя:
1, 2 — обрабатываемая и обработанная поверхности

Примечание. В каждом конкретном случае следует дополнительно указывать систему координатных плоскостей, в которой рассматривается сечение срезаемого слоя.

Площадь срезаемого слоя (Площадь среза) f — площадь сечения срезаемого слоя.

Толщина срезаемого слоя (Толщина среза) a — длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

Ширина срезаемого слоя (Ширина среза) b — длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания (рис. 2.14).

Элементы лезвия

Передняя поверхность лезвия (Передняя поверхность) A_v — поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой (рис. 2.15—2.18).

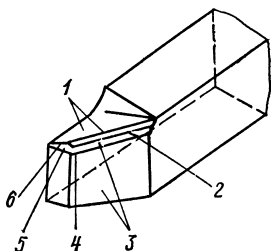


Рис. 2.15. Геометрические элементы токарного резца:

1 — передняя поверхность лезвия; 2 — главная режущая кромка; 3 — главная задняя поверхность лезвия; 4 — вершина лезвия; 5 — вспомогательная задняя поверхность лезвия; 6 — вспомогательная режущая кромка

Задняя поверхность лезвия (Задняя поверхность) A_α — поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями заготовки.

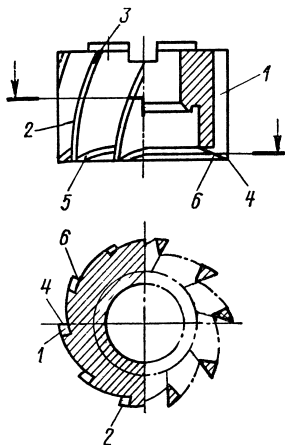


Рис. 2.16. Геометрические элементы цилиндрической фрезы:

1—4, 6 — то же, что и для рис. 2.15

Режущая кромка K — кромка лезвия инструмента, образуемая

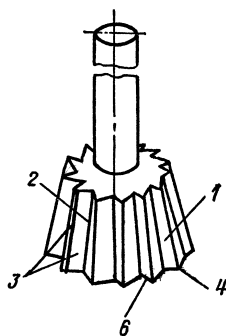


Рис. 2.17. Геометрические элементы, концевой угловой фрезы:

1—4, 6 — то же, что и для рис. 2.15

пересечением передней и задней поверхностей лезвия.

Главная режущая кромка K — часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя.

Вспомогательная режущая кромка K' — часть режущей кромки, формирующая меньшую сторону сечения срезаемого слоя.

Главная задняя поверхность A_α — задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к главной режущей кромке.

Вспомогательная задняя поверхность A'_α — задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к вспомогательной режущей кромке.

Радиус округления режущей кромки ρ — радиус кривизны режущей кромки в сечении ее нормальной секущей плоскостью.

Вершина лезвия (Вершина) — участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей.

При м е ч а н и е. У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок, у резбового резца — участок лезвия, формирующий внутреннюю поверхность резьбы, у сверла — точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

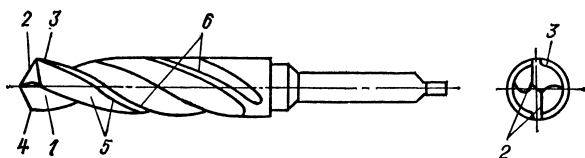


Рис. 2.18. Геометрические элементы сверла;

1—6 — то же, что и для рис. 2.14

Радиус вершины r_v — радиус кривизны вершины лезвия.

Передний угол γ — угол в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью (рис. 2.19—2.22).

Нормальный передний угол γ_n — передний угол в нормальной секущей плоскости.

Главный передний угол γ — передний угол в главной секущей плоскости.

Инструментальный главный передний угол γ_n — угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и инструментальной основной плоскостью.

Статический главный передний угол γ_c — угол в статической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и статической основной плоскостью.

Кинематический главный передний угол γ_k — угол в кинематической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью.

Рабочий кинематический передний угол γ_p — угол в секущей плоскости схода стружки между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью.

Задний угол α — угол в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания.

Нормальный задний угол α_n — задний угол в нормальной секущей плоскости.

Главный задний угол α — задний угол в главной секущей плоскости.

Кинематический главный задний угол α_k — угол кинематической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и кинематической плоскостью резания.

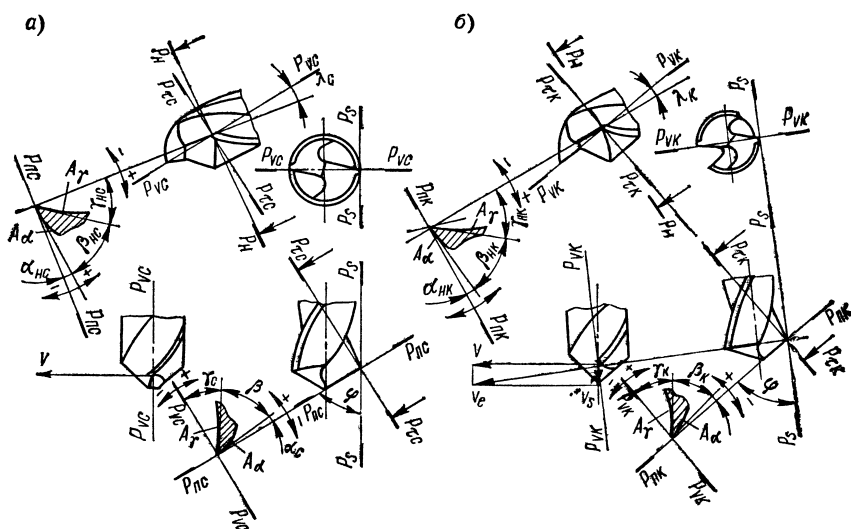


Рис. 2.21. Углы сверла в статической (а) и кинематической (б) системах координат соответственно

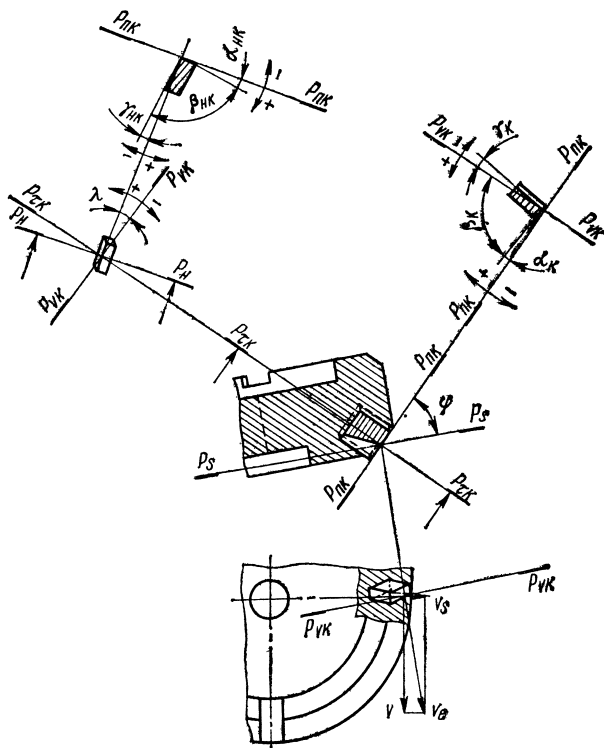


Рис. 2.22. Углы торцевой фрезы со вставными квадратными пластинами в кинематической системе координат

Рабочий кинематический задний угол α_p — угол в рабочей плоскости между задней поверхностью лезвия и направлением скорости результирующего движения резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Угол заострения β — угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Нормальный угол заострения β_n — угол заострения в нормальной секущей плоскости.

Главный угол заострения β — угол заострения в главной секущей плоскости.

Инструментальный главный угол заострения β_n — угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Статический главный угол заострения β_0 — угол в статической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Кинематический главный угол заострения β_k — угол в кинематической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Угол наклона кромки λ — угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью.

Инструментальный угол наклона кромки λ_n — угол в инструментальной плоскости резания между режущей кромкой и инструментальной основной плоскостью.

Статический угол наклона кромки λ_0 — угол в статической плоскости резания между режущей кромкой и статической основной плоскостью.

Кинематический угол наклона кромки λ_k — угол в кинематической плоскости резания между режущей кромкой и кинематической основной плоскостью.

Угол в плане φ — угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Инструментальный угол в плане φ_n — угол в инструментальной основной плоскости между инструментальной плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Статический угол в плане φ_0 — угол в статической основной плоскости между статической плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Кинематический угол в плане φ_k — угол в кинематической основной плоскости между кинематической плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Рабочий кинематический угол в плане φ_p — угол между режущей кромкой и рабочей плоскостью.

Характеристики стружки

Коэффициент утолщения стружки (Коэффициент утолщения) K_a — отношение толщины стружки к толщине срезаемого слоя.

Коэффициент уширения стружки (*Коэффициент уширения*) K_b — отношение ширины стружки к ширине срезаемого слоя.
Коэффициент укорочения стружки K_l — отношение длины срезаемого слоя к длине стружки.

Направление схода стружки — направление движения стружки в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия.

Угол схода стружки γ — угол в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия, между направлением схода стружки и следом главной секущей плоскости.

Сила резания

Сила резания P — равнодействующая сил, действующих на режущий инструмент при обработке резанием.

Главная составляющая силы резания P_z — составляющая силы резания, совпадающая по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия.

Касательная составляющая силы резания (Ндп. *Тангенциальная составляющая силы резания*) — главная составляющая силы резания при вращательном главном движении резания.

Осевая составляющая силы резания P_x — составляющая силы резания, параллельная оси главного вращательного движения резания.

Радиальная составляющая силы резания P_y — составляющая силы резания, направленная по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия.

2.2. Особенности процесса резания и изнашивания инструмента

Стружкообразование. Процесс резания сопровождается внедрением режущего лезвия в заготовку под действием силы резания и отделением стружки. При обработке хрупких материалов отделение стружки происходит в плоскости сдвига. Стружка при этом называется стружкой надлома (см. рис. 2.23, *а*).

При обработке пластичных материалов стружка может быть сливной, суставчатой или элементной (рис. 2.23, *б, в, г*), отделение ее осуществляется в процессе пластического течения. Элементная стружка образуется при обработке с малыми скоростями резания, большой толщиной среза и малыми передними углами. Между формой стружки и степенью деформации ϵ диаграммы напряжение—деформация отмечена определенная зависимость (рис. 2.23, *д*).

Контуры пластической зоны при сливной стружке показаны на рис. 2.24. Зона вторичных деформаций стружки ограничена глубиной a_2 . Относительная деформация в ней значительно (до 20 раз) превышает среднюю деформацию слоев стружки. Величина $a_2 \approx 0,1a_1$; ODE — граница начала пластической деформации; FHC — граница области стружки, в которой заканчивается

деформация. Перед зоной *ODEF* металл упруго деформирован. Толщина деформированного слоя a_3 обработанной поверхности зависит от свойств обрабатываемого материала и нагрузки. Деформация стружки осуществляется во всех направлениях, однако уширение стружки обычно незначительно и поэтому выделяют

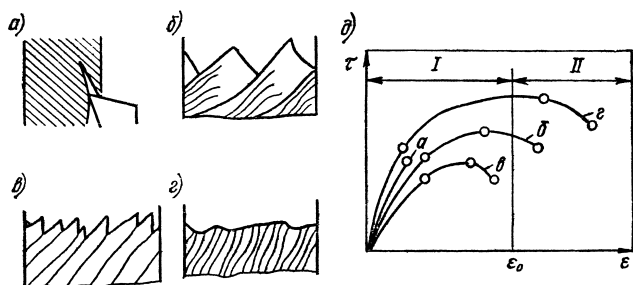


Рис. 2.23. Форма стружки и ее зависимость от относительной деформации [61]

1 — область образования стружек: надлома (а), суставчатой (б) и элементной (в); 2 — область образования сливной стружки (г)

коэффициенты утолщения $K_a = a_1/a$ и укорочения стружки $K_l = L/L_c$, причем $L_c a_1 = La$, где L — длина пути, пройденного резцом; L_c — длина снятой стружки.

Длина пластического контакта стружки с передней поверхностью $c_1 \approx (0,3 \div 0,8) c$.

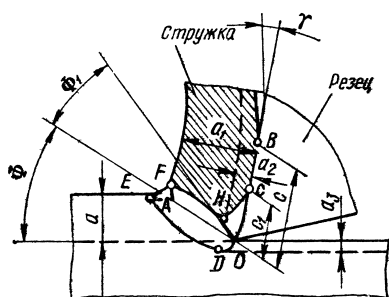


Рис. 2.24. Зона образования сливной стружки (*ODEF* — зона основных сдвиговых деформаций; *ОНС* — зона вторичных деформаций; a — толщина срезаемого слоя; a_1 — толщина стружки; a_2 — глубина контактного слоя стружки; a_3 — толщина деформированного слоя обработанной поверхности; C_1 — длина пластического контакта стружки; C — длина контакта инструмент—стружка; Φ_1 — угол сдвига; Φ — угол скалывания; HO — условная плоскость сдвига; $C - C_1$ — зона упругого контакта стружки при трении о переднюю поверхность)

Плоскость скалывания OA — плоскость, в которой касательные напряжения в каждой точке максимальны. Угол скалывания Φ определяет положение плоскости OA . Угол Φ зависит от значений коэффициента утолщения стружки K_a и переднего угла γ :

$$\operatorname{tg} \Phi = \cos \gamma / (K_a - \sin \gamma).$$

Замеряя толщину стружки и зная угол γ и толщину срезаемого слоя a , можно определить значения K_a и угла Φ .

Угол скалывания, а также коэффициент утолщения для пластичных материалов рассчитывают по формулам:

$$\Phi = (20 \div 25) + \gamma; \quad K_a = \sin \gamma + \cos \gamma / (0,364 \div 0,466) - \frac{\pi}{4} + \gamma.$$

Степень деформации металла при стружкообразовании определяется относительным сдвигом ε

$$\varepsilon = (K_a^2 - 2K_a \sin \gamma + 1) K_a \cos \gamma.$$

Величиной ε определяется и характер стружкообразования (см. рис. 2.23). При сливной стружке плоскость скалывания отсутствует. Деформация слоев стружки (их сдвиг) не совпадает с плоскостью скалывания, а осуществляется в направлении плоскости сдвига под углом Φ_1 , превышающего угол Φ обычно на 30° . В направлении плоскости скалывания зерна металла имеют вытянутую форму.

По размерам и форме стружка может быть лентообразной (прямой и путаной), винтовой длинной или короткой, плоской спиральной, элементной дробленой.

Степень дробления каждого из этих видов стружки различна и определяется объемным коэффициентом ω , равным отношению объема стружки к объему сплошного металла такой же массы, как стружка. Удовлетворительной (с точки зрения отвода) формой считается винтовая длинная ($\omega = 50 \div 80$), элементная дробленая ($\omega = 3 \div 6$), винтовая короткая ($\omega = 25 \div 45$), плоская спиральная ($\omega = 8 \div 15$), неудовлетворительной — лентообразная прямая и путаная ($\omega \geq 90$).

При образовании лентообразной винтовой длинной и элементной дробленой стружки необходимо принимать меры для защиты от нее зоны обслуживания (особенно при токарной обработке). Отвод и транспортировка из зоны резания лентообразной и винтовой стружки затруднены; отвод спиральной плоской стружки происходит на переднюю поверхность и державку, что может повлечь за собой их поломку или повреждения. Очевидно, что формой и размерами стружки необходимо управлять. Это обеспечивается за счет естественного дробления при надлежащем выборе режимов резания, геометрии режущего инструмента, обрабатываемого материала (например сталей, содержащих серу, свинец) и других условий обработки или за счет искусственного дробления с помощью экранов, кинематических способов, наложением автоколебаний, созданием систем пульсирующего подвода СОЖ и т. д.

Силы, возникающие при резании, и мощность. При рассмотрении процесса резания действительная сила резания заменяется результирующей силой резания P , которая раскладывается на три вектора, расположенных в трех перпендикулярных плоскостях: $P = P_z + P_x + P_y$; P_z — главная касательная составляющая, действующая в направлении оси z и определяющая мощность

2.1. Значения удельной силы резания k_s , показателя степени z и множителя a^{1-z} при точении некоторых материалов [73]

Обрабатываемый материал и его характеристика	z	k_s , МПа, при a , мм, равном				a^{1-z} , мм, при a , мм, равном			
		1	0,63	0,25	0,1	1	0,63	0,25	0,1
Сталь углеродистая с σ_B , МПа, равной:	500	1990	2440	2830	3610	1	0,71	0,36	0,18
	600	2110	2270	2620	3080	1	0,68	0,31	0,15
Чугун:	HB 116	550	660	960	1300	1	0,75	0,42	0,24
	HB 200	1160	1300	1660	2110	1	0,72	0,36	0,18

Примечание. Табличные значения приведены для клина с передним углом 6°. При увеличении угла клина на один градус удельная сила резания уменьшается на 1—2 %. При отношении $b/a \geq 5$ удельная сила резания остается постоянной.

резания; P_x — осевая составляющая, действующая в направлении оси x и определяющая силу осевой подачи; P_y — радиальная составляющая, действующая в направлении оси y , определяющая силу поперечной подачи и в значительной степени влияющая на вибрации и устойчивость процесса обработки. Указанные составляющие рассчитывают по формулам:

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} s^{y_{P_z}}; \quad P_x = C_{P_x} t^{x_{P_x}} s^{y_{P_x}}; \quad P_y = C_{P_y} t^{x_{P_y}} s^{y_{P_y}},$$

где C_{P_z} , C_{P_x} , C_{P_y} — комплексные постоянные, отражающие влияние обрабатываемого материала, геометрии инструмента и условий обработки соответственно.

Составляющую P_z , Н, можно определить через удельную силу резания k_s и сечение срезаемого слоя

$$P_z = ba^{1-z}k_s.$$

Значения удельной силы резания k_s и множителя a^{1-z} при точении некоторых материалов приведены в табл. 2.1.

Составляющие P_y и P_x для различных видов инструмента могут быть определены в зависимости от P_z и условий обработки. Так, при точении резцами с $\phi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\gamma = 15^\circ$ $P_y \approx (0,4 \div 0,5) P_z$, а $P_x \approx (0,3 \div 0,4) P_z$. При затуплении резцов значения P_y и P_z возрастают.

Влияние отдельных параметров на силы резания различно. Так, размер угла α не оказывает существенного влияния на силы резания. При изменении же угла γ сила P_z изменяется на 1—2 % на каждый градус изменения γ . Угол ϕ также значительно влияет как на силу P_z в связи с изменением формы и размеров стружки (a и b), так и на соотношение сил P_x и P_y . Угол λ оказывает незначительное влияние главным образом на составляю-

щую P_y . Скорость резания для твердосплавного инструмента в диапазоне значений 80—7000 м/мин также оказывает значительное влияние на силы резания.

При обработке деталей инструментом из быстрорежущих сталей силы резания превышают силы резания при обработке твердосплавным инструментом, и при их расчете необходимо учитывать влияние скорости резания. Затупление инструмента (его износ) также увеличивает силы резания. Влияние отдельных параметров на силы резания учитывается поправочными коэффициентами. К ним относятся k_v , k_m , k_ϕ , k_γ , k_λ — учитывающие влияние скорости резания, физико-механических свойств обрабатываемого материала, углов ϕ , γ и λ .

С учетом коэффициентов формула для P_z примет вид

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} s^{y_{P_z}} v^n k_m k_\phi k_\gamma k_\lambda.$$

Мощность N_a , кВт, затрачиваемая на резание со скоростью v , м/мин, или частотой вращения n , об/мин, равна

$$N_a = \frac{P_z v}{60 \cdot 1020}; \quad N_a = \frac{M_{кр} n}{974},$$

где $M_{кр}$ — крутящий момент, даН·м.

Кроме приведенных эмпирических зависимостей, расчет P_z при обработке материалов, дающих сливную стружку, можно произвести чисто теоретически, на основе механических характеристик обрабатываемого материала и режимов резания (s и t или a и b)

$$P_z = \sqrt{2} ab \sigma_b (1 + k_\tau \delta) \cos \left(\frac{\pi}{4} - \Phi \right) / \sin \Phi,$$

где $k_\tau = 1$ при $\delta \leq 0,06$ и при $\delta > 0,06$, когда $\psi = \delta$; $k_\tau = 0,5$ и $0,8$ при $\delta > 0,06$ и $\psi \geq (1,5 \div 2) \delta$; $k_\tau = 0,9$ при $\delta > 0,06$ и $\psi \approx (1,2 \div 1,5) \delta$; δ и ψ — относительные удлинение и сужение соответственно в относительных единицах); Φ — угол скалывания.

Угол скалывания Φ упрощенно можно рассчитать по приведенной выше формуле, которая не учитывает тепловых процессов, происходящих в зоне резания. С учетом этих процессов угол Φ (при условии, что температура в плоскости сдвига $200^\circ \text{C} < \leq \Theta_{сдв} < 600^\circ \text{C}$, а на передней поверхности $650^\circ \text{C} < \Theta_n < \leq 1200^\circ \text{C}$) можно рассчитать по формуле

$$\Phi = \arccos \left[(1 - 0,5 \cdot 10^{-3} \Theta) \frac{1}{\sqrt{2}} \right] - \frac{\pi}{4} + \gamma.$$

Здесь Θ — температура резания, $^\circ \text{C}$, $\Theta = 0,6 \Theta_n \left(\frac{\lambda}{\lambda_n} \right)^{0,13} \times \left(\frac{C_v}{C_{ви}} \right)^{0,2} \frac{m^{0,27}}{(1 + \delta)^{0,05}}$, где Θ_n — температура потери режущих свойств инструмента (для твердых сплавов это температура плавления кобальта 1490°C); C_v , $C_{ви}$ — удельные объемные

теплоемкости обрабатываемого и инструментального материалов соответственно; λ , $\lambda_{\text{и}}$ — коэффициенты теплопроводности обрабатываемого и инструментального материалов соответственно; δ — относительное удлинение, %; m — коэффициент, равный 0,925 для углеродистых, 0,97 — хромомолибденовых и хромовольфрамовых, 0,8 — хромистых и инструментальных, 1,3 — коррозионно-стойких и жаропрочных сталей, 0,6—0,7 — для титановых сплавов и 1,1 — жаропрочных сплавов на никелевой основе.

Тепловые процессы при резании. Тепловыделение при резании связано с процессами упруго-пластических деформаций, трением по передним и задним поверхностям инструмента, образованием новых поверхностей (работа диспергирования). Количество тепла, выделяемого при резании в единицу времени, равно

$$Q = P_z v / 5,6.$$

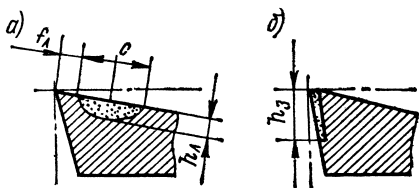


Рис. 2.25. Виды износа режущего клина

Интенсивность тепловыделения в разных зонах различна. Наибольшая деформация металла осуществляется в контактом слое стружки, где степень деформации в де-

сятки раз выше, чем в других зонах. Этот же контактный слой стружки участвует в работе трения по передней грани. Этим можно объяснить наибольшее тепловыделение и температуру в контактом слое стружки. Наименьшая деформация металла и сил трения — в слоях обработанной поверхности, прилегающих к задней грани инструмента. В этой зоне и температура нагрева наименьшая.

Выделяющееся при резании тепло отводится со стружкой (основное количество), через режущий инструмент (около 20 % тепла), через обрабатываемое изделие (около 10 %), в окружающее пространство путем излучения и конвекции, а при подводе СОЖ — путем теплопередачи. Устойчивый тепловой баланс при резании наблюдается при равенстве выделяющегося и отводимого тепла. Температура в зоне резания при этом определяется характеристиками обрабатываемого и инструментального материалов, режимами резания, условиями обработки. Расчет температур для конкретных условий обработки см., например, в работе [204].

Виды износа режущего клина и его основные причины. Процессы резания сопровождаются износом режущего клина. Различают следующие виды износа (рис. 2.25, а—б).

Износ по передней поверхности (лункообразный износ) преобладает при обработке вязких материалов, больших скоростях резания и съеме больших припусков; характеризуется глубиной $h_{\text{л}}$, шириной с лунки износа и расстоянием ее $f_{\text{л}}$ от режущей кромки (рис. 2.25, а).

При положительных значениях переднего угла износ лунки с увеличением глубины ее происходит симметрично как в направлении схода стружки, так и в обратном направлении. При отрицательных значениях переднего угла значение $f_{\text{л}}$ остается постоянным, а износ идет в направлении схода стружки (увеличиваются значения s и $h_{\text{л}}$).

Износ по задней поверхности преобладает при обработке хрупких материалов, вязких аустенитных сталей и сплавов с большим упругим последствием; характеризуется размером площадки износа $h_{\text{з}}$ (рис. 2.25, б).

Износ по передней и задней поверхностям одновременно наблюдается при обработке сталей, склонных к наклепу. Он характеризуется как размерами лунки на передней поверхности, так и размером площадки износа по задней поверхности.

Основными причинами износа могут быть (рис. 2.26) следующие.

Абразивный износ (2) связан с удалением частиц режущего материала под действием высокотвердых включений, карбидов, а также частиц окисных пленок, возникающих под действием высоких давлений и температуры. Характеризуется истирающей способностью обрабатываемого материала.

Адгезионный износ (3) связан с процессами схватывания (сваривания) отдельных микроучастков поверхностей инструмент — стружка под воздействием высоких давлений и температуры при непрерывном перемещении стружки по инструменту, благоприятствующем образованию зон сварки под давлением. Созданию таких зон способствует шероховатость поверхности инструмента.

Закономерность износа приближенно определяется зависимостью $vT \approx \text{const} \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^z$, где v — скорость резания; T — стойкость инструмента, H_1 и H_2 — твердости инструментального материала и контактных слоев стружки соответственно; z — показатель степени износа.

Адгезионный износ особенно возрастает при скоростях резания, способствующих наростообразованию (нарост — образованный на режущем клине слой упрочненных при резании частиц обрабатываемого материала). При малых скоростях резания нарост не образуется, при увеличении скорости резания до 10—20 м/мин происходит интенсивное наростообразование, при дальнейшем повышении скорости резания нарост не образуется.

Диффузионный износ (1) связан с взаимной диффузией при высоких температурах и деформациях отдельных элементов

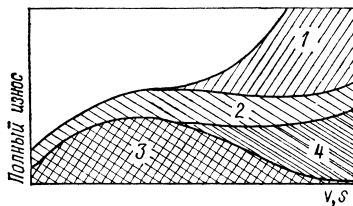


Рис. 2.26. Основные причины износа режущего клина и их влияние на износ в зависимости от скорости резания

обрабатываемого материала и инструмента (углерода, вольфрама, кобальта).

Окислительный износ (4) возникает у инструментов из высоко-теплостойких материалов и представляет собой «угорание» частиц режущего клина в примыкающих к контактной зоне его участках. На вспомогательных режущих кромках «угорание» начинается только при температуре 700—800 °С и выше (твердые

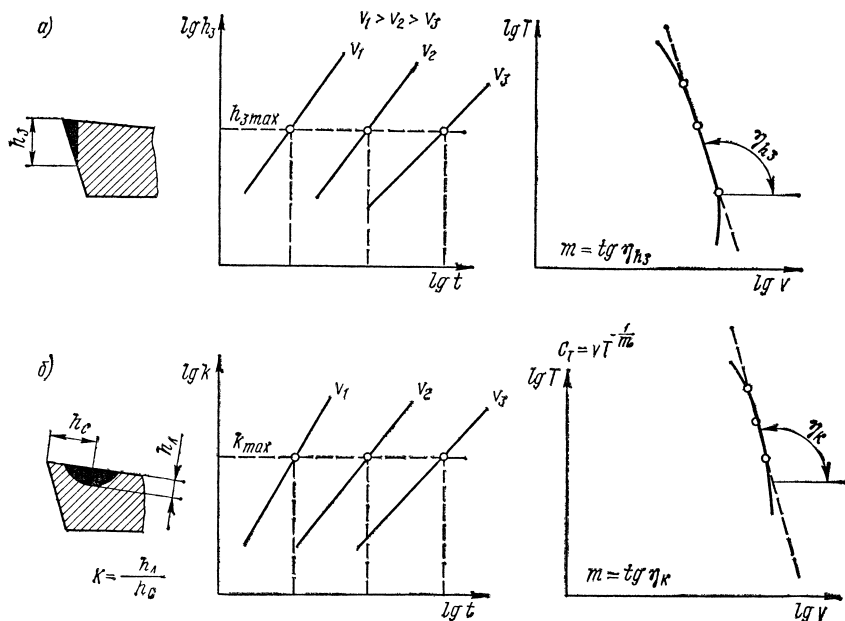


Рис. 2.27. График зависимости h_3 от v и k (h_n) от v

сплавы), и поэтому окислительный износ для инструмента из инструментальных и быстрорежущих сталей можно не учитывать.

В зависимости от условий резания износ определяется комбинацией основных его причин.

Период стойкости инструмента. Период стойкости определяется временем работы инструмента до достижения критерия затупления, т. е. временем от заточки до затупления. Иногда период стойкости оценивают не временем, а длиной пути резания, числом обработанных изделий и т. д.

На операциях, обеспечивающих требуемую точность или параметр шероховатости, период стойкости определяется временем, в течение которого инструмент обеспечивает получение требуемых параметров.

Критериями (рекомендуемыми) стойкости инструмента до достижения им износа в зависимости от материала режущей части являются:

для инструмента из быстрорежущей стали $h_3 = 0,2 \div 1$ мм;
 $h_{\pi} = 0,1 \div 0,3$ мм;

для твердосплавного инструмента $h_3 = 0,3 \div 0,5$ мм; $h_{\pi} = 0,1 \div 0,2$ мм;

для инструмента из минералокерамики и сверхтвердых материалов $h_3 = 0,15 \div 0,3$ мм; $h_{\pi} = 0,1$ мм.

Период стойкости выбирают в пределах 10—60 мин за счет назначения соответствующей скорости резания, которая связана со стойкостью зависимостью $vT^{-1/m} \approx C_T$.

В двойных логарифмических координатах эта зависимость линейна (рис. 2.27) [61]: $m = \lg \eta_{h_3}$ или $m = \lg \eta_{\kappa}$. Значение $1/m$ при обработке быстрорежущими резами сталей и чугунов приближенно равно 8—10, твердосплавными резами — 5, резами из минералокерамики — 2.

Стойкость, определенная по приведенной формуле, является средней и используется при разработке нормативов режимов резания, расхода инструмента, расчета экономической эффективности и т. д.

При определении времени принудительной смены инструментов на автоматизированном оборудовании (автоматических линиях, станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах) используют установленный период стойкости, значительно меньший, чем средний 0,3—0,5 от $T_{ср}$, и гарантирующий безотказную работу инструмента за этот период.

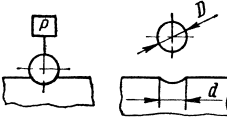
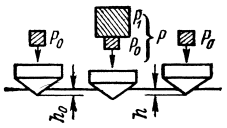
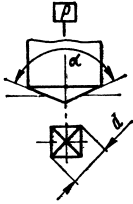
Период стойкости инструментов при многоинструментальной обработке принимаем $T_{ми} = TK_{ми}$. Если число одновременно работающих инструментов 3; 5; 8; 10; 15, то $K_{ми}$ равен 1,7; 2; 2,5; 3; 4 соответственно.

При многостаночном обслуживании период стойкости $T_{м.о} = TK_{м}$. Если число одновременно обслуживаемых станков 2; 3; 4; 5; 6, то коэффициент $K_{м}$ равен 1,4; 1,9; 2,2; 2,6; 2,8 соответственно.

2.3. Материалы, обрабатываемые резанием, и их технологические свойства

Обработке резанием подлежат все виды существующих и вновь создаваемых конструкционных материалов. Каждый материал, подлежащий обработке, кроме химического состава, обладает рядом физико-механических характеристик, которые определяют его эксплуатационные свойства и технологические особенности. К физико-механическим характеристикам материалов, характеризующих его технологические свойства (при обработке резанием) относятся параметры твердости HB, HRC_a и HV, предел прочности на растяжение σ_B и теплопроводность λ . С этими свойствами тесно связан технологический показатель обрабатываемости материала резанием. Параметры HB, HRC_a, HV и σ_B приводятся в каталогах на материалы или могут быть

2.2. Методы измерения твердости конструкционных материалов

Метод измерения твердости	Формула для расчета	Эскиз
Измерение твердости по Бринеллю (вдавливание шарика) черных и цветных металлов. Диапазон единиц: 8—420 — при вдавливании стального и 400—600 — при вдавливании твердосплавного шарика при температуре $20 \pm 10^\circ\text{C}$ (ГОСТ 9012—59*)	$HB = \frac{0,102 \cdot 2P}{PD(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$ где P — нагрузка, Н; D — диаметр шарика, мм; d — диаметр отпечатка, мм	
Измерение твердости по Роквеллу черных и цветных металлов и сплавов. Определяется по шкалам A, B и C при температуре $20 \pm 10^\circ\text{C}$ (ГОСТ 9013—59*). Пределы измерений: 70—85 HRA ($P_0 = 100$ Н; $P_1 = 500$ Н); 20—67 HRC₉ ($P_0 = 100$ Н; $P_1 = 1400$ Н); 25—100 HRB ($P_0 = 100$ Н; $P_1 = 900$ Н)	Измерение по шкалам A и C (вдавливание алмазного конуса) $HR = 100 - e.$ Измерение по шкале B (вдавливание стального шарика диаметром 1,588 мм) $HR = 130 - e,$ где $e = \frac{h - h_0}{0,002}$ (h_0 — глубина внедрения наконечника в испытуемый образец под действием предварительной нагрузки F_0; h — то же под действием общей нагрузки F, измеряется после снятия основной нагрузки P_1 с оставлением предварительной нагрузки P_0, $P = P_0 + P_1$)	
Измерение твердости по Виккерсу черных и цветных металлов и сплавов, твердостью 8—1000 единиц при температуре $20 \pm 10^\circ\text{C}$	Оценка по отпечатку алмазной пирамиды $HV = 0,189 \frac{P}{d^2}, \text{ где}$ P — нагрузка на пирамиду, Н; d — среднее арифметическое диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм; P может быть равно 50; 100; 200; 300; 500 и 1000 Н.	

Метод измерения твердости	Формула для расчета	Эскиз
Измерение микротвердости тонких поверхностных слоев, отдельных структурных составляющих и фаз сплавов вдавливанием алмазной пирамиды (ГОСТ 9450—76 *)	Оценка аналогична оценке по Виккерсу; P может быть равно 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2 и 5 Н	—
П р и м е ч а н и я: 1. При измерении твердости по Бринеллю стальным шариком диаметром 10 мм под нагрузкой $P = 30\,000$ Н с выдержкой 10 с твердость обозначается символом HB (например 200 HB). При других условиях к символу HB добавляется индекс, указывающий диаметр шарика, нагрузку и продолжительность выдержки, например 5/750/30 HB. При измерении твердости твердосплавным шариком твердость обозначается символом HBW (например 600 HBW). 2. При измерении твердости по Роквеллу шкала «С» используется для твердых материалов (термообработанная, в том числе закаленная сталь), шкала «В» — для мягких материалов, шкала «А» — для очень твердых материалов (и твердых сплавов). Обозначение твердости включает обозначения шкалы и твердость (например 50 HRC; 25 HRB; 80 HRA). 3. Поверхность образцов под измерение должна иметь параметр шероховатости $R_a \leq 0,1$ мкм. 4. При измерении твердости по Виккерсу перед измерением числом твердости пишат HV, например HV 900. 5. При измерении микротвердости поверхности образцов шлифуют и полируют, а при необходимости подвергают травлению. Перед вычисленным числом твердости пишат Н с индексом, указывающим нагрузку в дециньютонх, например, при нагрузке 0,5 Н — $H_{0,05}$ — 2200 Н/мм². 6. Для измерения микротвердости выпускаются приборы ПМЗ.		

2.3. Коэффициенты обрабатываемости резанием различных групп конструкционных материалов

Марка стали	Состояние материала	Механические свойства		Коэффициент обрабатываемости	
		HB	σ_B , МПа	Быстро-режущая сталь	Твердый сплав
Ст.0	Горячекатаный	103—107	32	1,75	2,1
Ст.2	»	137	320—420	1,7	1,5
Ст.3	»	124	380—470	1,65	1,7
Ст.5	»	156—159	500—620	1,2	1,15
Ст.08	»	≤ 131	324	1,6	2,1
Ст.10КП	»	≤ 107	334	1,6	2,1
15	»	≤ 143	—	1,6	1,5
20	»	≤ 130	—	1,6	2,0
30	»	≤ 187	—	1,1	1,2
35	»	≤ 187	—	1,0	1,0
40	»	≤ 166	—	1,0	1,4
45	»	170—179	650	1,0	1,0
50	»	170—229	650	0,7	0,8
60	Нормализованный	≤ 241	690	0,60	0,7
70	»	≤ 241	730	0,6	0,7
20X	Горячекатаный	131	470	1,3	1,7
35X	»	163	620	0,95	1,2
40X, 45X	Нормализованный	< 207	—	0,7	0,8

Марка стали	Состояние материала	Механические свойства		Коэффициент обрабатываемости	
		НВ	σ_B , МПа	Быстро-режущая сталь	Твердый сплав
50X	Нормализованный	<217	—	0,65	0,8
A12	Горячекатаный	167—217	—	—	1,6
20Л	Литье	≤126	420	1,3	1,5
30Л	»	≤187	480	0,8	0,9
35Л	»	≤217	500	0,75	0,8
45Л	»	≤201	550	0,6	0,8
55Л	»	≤207	600	0,5	0,7
ГЛ3	»	≤229	—	—	0,2
Ø0XФ	Нормализованный	149—197	—	0,95	1,0
ШХ15	Отжиг	<207	750	0,5	0,9
20Г	Нормализованный	143—187	—	0,90	1,0
30Г	»	149—197	—	0,8	0,8
40Г	»	174—207	—	0,7	0,8
50Г	Закалка, отпуск	<229	—	0,55	0,8
65Г	» »	>240	—	0,5	0,6
45Г2	Нормализованный	229	700	0,55	0,8
18ХГТ	»	156—159	540	0,9	1,0
30ХГТ	»	163—207	—	0,60	0,75
30ХМ; 30ХМА	Закалка, отпуск	229—269	950	0,5	0,7
35ХМ	» »	245	810	0,5	0,8
40ХФА	» »	<241	—	0,60	0,70
40ХН	» »	<255	—	0,8	1,0
12ХН3А	Горячекатаный	207	—	0,7	0,8
12ХН4А	»	207	—	0,7	0,8
30ХГС	Закалка, отпуск	<229	720	0,5	0,7
30ХГСА	» »	<229	720	0,5	0,7
35ХГСА	» »	<229	720	0,5	0,7
38ХГН	» »	187—236	650	0,9	1,0
38ХМЮА	» »	240—270	800	0,50	0,70
12Х13 (1Х13)	» »	241	—	0,9	0,9
20Х13 (2Х13)	» »	229—268	500	0,6	0,8
40Х13 (4Х13)	Отжиг	—	560	—	0,7
14Х17Н2	Закалка	330	—	0,3	0,4
(1Х17Н2)					
12Х18Н10Т	»	179	>550	0,3	0,5
(X18Н10Т)					
X15Н910	Отжиг	—	<1100	0,4	0,45
12Х21Н5Т	Закалка	—	>700	0,4	0,45
XН77Т10	Закалка, старение	<321	750	0,1	0,2
XН67ВМТ10	» »	217	—	0,1	0,1
37Х12Н8Г8МФ5	» »	269	850	0,2	0,4
BT5; BT5-1;	Отжиг	—	700—950	0,4	0,8
OT4; OT4-1					
BT1; BT1-1;	»	—	<1200	0,45	0,45
BT 1—2					
BT6; BT6C	»	—	<1000	0,45	0,6
BT14; BT15	»	—	<1000	0,4	0,55
АЛ2; АЛ4;	Состояние поставки	—	150—400	—	10—12
AM3					
M1; M2; M3	» »	—	290—300	—	4—6

определены (кроме σ_b) имеющимися на производстве средствами. Методы измерения HB, HRC_a, HV приведены в табл. 2.2.

Обрабатываемость резанием определяется коэффициентом обрабатываемости данного материала быстрорежущим или твердосплавным резцом по отношению к эталонному материалу по формуле

$$K_v = \frac{v_{60}}{v_{\text{эт } 60}},$$

где v_{60} — скорость резания при 60-минутной стойкости и определенных условиях резания рассматриваемого материала; $v_{\text{эт } 60}$ — скорость резания при 60-минутной стойкости резцов из эталонного материала.

В табл. 2.3 приведены коэффициенты обрабатываемости резанием различных конструкционных материалов. За эталонную принята сталь 45 с $\sigma_b = 650$ МПа, 179 HB, эталонная скорость резания при полуставном точении этой стали твердосплавными резцами 135 м/мин при 60-минутной стойкости, эталонная скорость резания при точении резцами из быстрорежущей стали P18 — 75 м/мин при 60-минутной стойкости.

Абсолютное значение скорости резания при 60-минутной стойкости любой стали, отличной от эталонной, равно $v_{x60} = v_{\text{эт}} k_{v \text{ бр}}$. Например, для стали, у которой $k_{v \text{ т. с}} = 0,8$, $v_{x60} = 135 \cdot 0,8 = 108$ м/мин; для стали с $k_{v \text{ бр}} = 0,1$ $v_{60} = 72 \cdot 0,1 = 7,2$ м/мин. Коэффициент обрабатываемости при точении можно применить для выбора скорости резания и при других видах обработки.

В нормативных документах обрабатываемые материалы группируются по группам обрабатываемости, последние — по видам обработки. Например, при протяжных работах группы обрабатываемости конструкционных материалов отличаются от групп обрабатываемости, существующих в нормативах [245]. Нормативы носят отраслевой характер и основаны на особенностях производства для определенной отрасли.

В табл. 2.3 приведены укрупненные значения коэффициентов обрабатываемости без учета особенностей эксплуатации в условиях каждой подотрасли, без деления материалов на группы обрабатываемости.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Инструменты режущие предназначены для обработки разнообразных поверхностей. Эти поверхности классифицируются по конструкторско-технологическим признакам, определяющим требования к точности и качеству их изготовления. Точность и качество изготовления взаимозависимы и в свою очередь зависят от метода обработки и применяемого режущего инструмента. Выпускаемый в стране режущий инструмент, а также отдельные его элементы классифицированы по конструктивным признакам и назначению. Использование классификаторов позволяет правильно выбрать нужный инструмент и заказать его у изготовителей.

3.1. Виды поверхностей

По условиям эксплуатации поверхности разделяют на сопрягаемые, базирующие и свободные. По форме поверхности бывают охватывающими (отверстия — цилиндрические, конические, фасонные, пазы) и охватываемыми (валы — цилиндрические, конические, фасонные, шпонки). Сопрягаемые поверхности в свою очередь подразделяют на охватываемые и охватывающие цилиндрические или призматические. Они характеризуются точностью соединения, обработки поверхностей и степенью шероховатости: чем выше точность соединения, тем выше точность обработки и меньше значение параметра шероховатости.

Сопрягаемые поверхности могут быть взаимозаменяемыми (точность их сопряжения обеспечивается точностью изготовления каждой сопрягаемой поверхности в отдельности) и невзаимозаменяемыми (точность соединения достигается индивидуальной подгонкой одной поверхности по другой). Зависимости параметров шероховатости от точности изготовления для взаимозаменяемых поверхностей приведены в табл. 3.1 и 3.2, а зависимость параметра шероховатости от допуска зазора — натяга для посадок пригоняемых деталей — в табл. 3.3.

Базирующие поверхности служат конструктивными и технологическими базами при механической обработке, их точность и шероховатость определяются также точностью базирования (табл. 3.4).

3.1. Квалитеты точности и параметр шероховатости охватываемых поверхностей

Квалитет					Параметр шероховатости, мкм	
5	6	8—9	11	12—13	Форма поверхности	
Номинальные размеры, мм					цилиндрическая	призматическая
1—3					$R_a = 0,16 \div 0,32$	$R_a = 0,32 \div 0,63$
3—10	1—3					
10—30	3—10					
30—120	10—30				$R_a = 0,32 \div 0,63$	$R_a = 0,63 \div 1,25$
120—500	30—120	1—6				
	120—500	6—18			$R_a = 0,63 \div 1,25$	$R_a = 1,25 \div 2,5$
		18—80	1—3			
		80—360	3—10		$R_a = 1,25 \div 2,5$	
		360—500	10—30	1—6		
			30—120	6—18	$R_z = 10 \div 20$	
			120—150	18—80		
				80—260	$R_z = 20 \div 40$	
				260—500		

3.2. Квалитеты точности и параметр шероховатости охватывающих поверхностей

Квалитет					Параметр шероховатости, мкм	
5	6	8—9	11	12—13	для отверстий	для пазов
Номинальные размеры, мм						
1—3					$R_a = 0,032 \div 0,63$	$R_a = 0,63 \div 1,25$
3—10	1—3					
10—50	3—10					
50—180	10—30	1—6			$R_a = 0,63 \div 1,25$	$R_a = 1,25 \div 2,5$
180—500	30—180	6—18				

Квалитет					Параметр шероховатости, мкм	
5	6	8—9	11	12—13	для отверстий	для пазов
Номинальные размеры мм						
	180—500	18—80	1—3		$R_a = 1,25 \div 2,5$	$R_a = 1,25 \div 2,5$
		80—360	3—10			
		360—500	10—30	1—6	$R_z = 10 \div 20$	
			30—120	6—18		
			120—500	18—80	$R_z = 20 \div 40$	
				80—260		
				260—500		

3.3. Параметр шероховатости поверхности R_a для посадок пригоняемых деталей

Допуск зазора — натяга, мкм	R_a , мкм	
	для валов	для отверстий
До 1,5 » 2,5	0,02—0,04	0,04—0,08
До 4	0,04—0,08	0,08—0,16
До 6,5		0,32—0,63
До 10	0,08—0,16	
До 16 » 25	0,16—0,32	
До 40	0,32—0,63	0,63—1,25

3.4. Параметры шероховатости поверхности R_a для посадок с точным центрованием

Радиальное биение, мкм	R_a , мкм	
	для валов	для отверстий
До 2,5	0,02—0,04	0,04—0,08
» 4	0,04—0,08	0,08—0,16
» 6	0,08—0,16	0,16—0,32
» 10	0,16—0,32	0,32—0,63
» 16	0,32—0,63	0,63—1,25
» 25	0,63—1,25	1,25—2,5

3.5. Экономическая точность и достигаемый параметр шероховатости при различных способах механической обработки

Вид поверхности	Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости R_a , мкм
Охватываемая (цилиндрическая, коническая, фасонная)	Точение	10 (6)	$< 0,32$ (0,08)
	Круглое шлифование	8 (5)	$< 0,16$ (0,02)
	Бесцентровое шлифование	9 (5)	$< 0,16$ (0,04)
	Полирование	—	$< 0,08$
	Доводка	—	$R_z < 0,05$ (0,025)

Вид поверхности	Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости R_a , мкм
Охватывающая (отверстия цилиндрической, конической, фасонной форм)	Сверление	11—13	$R < 10$
	Растачивание	7—11 (5)	$< 0,32 (0,08)$
Плоскость	Зенкерование	11	$< 0,063$
	Развертывание	7 (6)	$< 0,32 (0,08)$
	Протягивание	7	$< 0,32 (0,08)$
	Шлифование	9 (7)	$< 0,16 (0,08)$
	Доводка	—	$R_z < 0,05 (0,025)$
	Обточка торцов	—	$< 0,32 (0,08)$
Плоскость	Строгание, долбление	10—13	$< 0,32 (0,16)$
	Фрезерование	9—13	$< 0,63 (0,32)$
	Протягивание	8	$< 0,32 (0,16)$
	Шлифование торцев	7—10	$< 0,32 (0,16)$
	Шлифование периферийной круга	7—10	$< 0,32 (0,08)$
	Полирование	—	$< 0,08$
	Доводка	—	$R_z < 0,025$
Примечание. В скобках указаны параметры, достигаемые при специальных условиях обработки.			

Шероховатость свободных несопрягаемых поверхностей определяется требованиями внешнего вида, условиями сборки и т. п., точность их изготовления не регламентируется.

Режущие поверхности инструментов составляют особую разновидность поверхностей. Их точность определяется требованиями к точности изготовления обрабатываемых деталей и условиями обработки, а шероховатость поверхностей — требованиями к точности и шероховатости обработанной поверхности.

Различают «мерный» инструмент, размеры которого определяют размер и точность обрабатываемых поверхностей, и «свободноразмерный», с помощью которого обрабатываются свободные, сопрягаемые и базирующие поверхности за счет дополнительного кинематического перемещения инструмента. Например, обработка шпоночного паза может быть осуществлена мерными фрезами или свободноразмерными фрезами, получающими дополнительные перемещения поперек паза.

Требуемые точность и параметр шероховатости поверхностей обеспечиваются различными способами обработки (табл. 3.5). Каждый из способов предусматривает использование определен-

ных видов инструмента: режущего (резцы, сверла, зенкеры, развертки, протяжки, фрезы и др.) или абразивного (шлифовальные круги, сегменты, бруски, пасты и т. д.).

3.2. Классификация режущего инструмента и его элементов

Общесоюзным классификатором продукции (ОКП) режущий инструмент отнесен к 39-му классу. Обозначение (код ОКП) инструмента включает в себя кроме класса (39) подкласс (один знак), группу (один знак), подгруппу (один знак), вид (один знак), порядковый номер (четыре знака). Подклассы и группы инструмента приведены в табл. 3.6. Каждая группа разделяется на подгруппы и виды.

Пример обозначения сверл спиральных быстрорежущих с цилиндрическим хвостовиком средней серии правых, диаметром 1,55 мм, обычного исполнения, без поводка: 39 1213 3121.

Классификация твердосплавных пластин. По общесоюзному классификатору твердосплавные пластины относятся к 19-му классу. Обозначение (код) их включает в себя номер класса (19), подкласса (марка твердого сплава следующие четыре знака), порядковый номер ОКП пластин (следующие четыре знака) и типоразмер пластин (последние пять знаков для пластин напайных или шесть знаков для пластин сменных многогранных). Коды ОКП марок инструментальных материалов приведены в табл. 3.7. Код серийно-порядкового номера приводится в табл. 4.11 и 4.13, группа знаков, определяющих типоразмер — в таблицах основных размеров пластин (см. табл. 4.12, 4.14—4.16).

Примеры условного обозначения пластин при их заказе.

1. Пластина из твердого сплава марки ВКЗМ, трехгранная (ГОСТ 19044—80*), класс допуска У, длина режущей кромки 16,5 мм; толщина 3,18 мм, радиус $r = 0,8$ мм: 196511 0354160308.
2. Пластина из твердого сплава марки ВКЗМ, напайная, тип 01 (ГОСТ 25395—82) с порядковым номером 29, исполнение I: 1965110045 01291.

Классификация минералокерамических режущих пластин. Общесоюзным классификатором минералокерамические режущие пластины также отнесены к 19-му классу. Обозначение (код) аналогично обозначению твердосплавных сменных пластин.

Коды некоторых марок керамики приведены в табл. 3.7; коды серийно-порядкового номера пластин и типоразмеров аналогичны кодам твердосплавных пластин.

Классификация сменных многогранных режущих и опорных пластин и стружколомов. Кроме общесоюзного классификатора (ОКП) многогранные пластины и стружколомы имеют систему обозначений, применяемую в международной практике и более наглядно иллюстрирующую конструктивные особенности пластин.

Код режущей пластины в этой системе содержит 10 (при буквенно-цифровом обозначении) или 11 (при цифровом обозначении)

3.6. Классификация инструмента и абразивных материалов

Группа	Обозначение подкласса и его состав			
	39 1000 — инструмент режущий (сверла, метчики, плашки, зенкеры, развертки и фрезы)	39 2000 — инструмент режущий (кроме сверл, метчиков, плашек, зенкеров, разверток и фрез), слесарно-монтажный, зажимной вспомогательный, напильники и борфрезы)	39 7000 — инструмент алмазный из сверхтвердых материалов и сырье для них	39 8000 — инструмент абразивный, материалы абразивные
1	—	Резцы	Инструмент из природных алмазов	Инструмент на керамической связке
2	Сверла	Пилы круглые сегментные и сегменты	Инструмент из синтетических алмазов	Инструмент на бакелитовой связке
3	Метчики	Протяжки	Алмазы природные технические	Инструмент на вулканитовой связке
4	—	Инструмент зуборезный (кроме фрез зуборезных и резцов зубострогальных)	Алмазы синтетические	Инструмент на прочих связках
5	Плашки (резьбонарезные)	Головки, плашки и ролики резьбонакатные, головки резьбонарезные, инструмент трубо-, муфтообработывающий и прочий режущий	—	Инструмент гибкий (шлифовальная шкурка) на тканевой основе
6	Зенкеры	Инструмент слесарно-монтажный	Алмазы природные ювелирные	Инструмент гибкий (шлифовальная шкурка) на бумажной основе
7	Развертки	—	Инструмент из синтетических сверхтвердых материалов на основе нитрида бора (инструмент из эльбора)	Инструмент гибкий (шлифовальная шкурка) на прочих основах
8	Фрезы	Инструмент зажимный и вспомогательный	Материалы синтетические сверхтвердые на основе нитрида бора (эльбор)	Материалы абразивные
9	—	Напильники и борфрезы	Прочая продукция алмазной подотрасли	Прочая продукция абразивная

**3.7. Обозначения по ОКП инструментальных материалов
(твердых сплавов, минералокерамики, сверхтвердых материалов)**

Марка материала	Код ОКП	Марка материала	Код ОКП	Марка материала	Код ОКП
BK3	19 6522	BK10-OM	19 6517	TT7K12	19 6621
BK3-M	19 6511	BK15	19 6527	TT8K6	19 6623
BK4	19 6523	BK20	19 6528	TT10K8-B	19 6622
BK6	19 6524	T30K4	19 6614	TT20K10	19 6624
BK6-M	19 6512	T15K6	19 6613	KHT16	19 6681
BK6-OM	19 6516	T14K8	19 6612	TH20	19 6634
BK8	19 6525	T5K10	19 6611	ВOK-60	19 7612
BK10	19 6526	T5K12	19 6615	B-3	19 7611
BK10-M	19 6513				

3.8. Условное обозначение форм пластин

Группа	Форма пластины	Обозначение пластин					
		режущих		опорных		стружколо- мов	
		бук- вен- ное	циф- ровое	бук- вен- ное	циф- ровое	бук- вен- ное	циф- ровое
1	Равносторонняя и равно- угольная: трехгранная пятигранная шестигранная восьмигранная квадратная круглая	T P H O S R	01 10 11 — 03 12	OT OP OH — OS OR	70 75 76 — 72 77	CT — — — CS —	90 — — — 91 —
2	Равносторонняя и неравно- угольная: шестигранная с углом при вершине 80° ромбическая с углом при вершине, ° 35 55 75 80 86	W V D E C M	02 — 13 — 04 —	OW — — — OC —	71 — 78 — 73 —	— — — — — —	— — — — — —
3	Неравносторонняя и равно- угольная прямоугольная	L	09	—	—	—	—
4	Неравносторонняя и неравно- угольная: параллелограммная с уг- лом при вершине, ° 55 82 84 85	K B F A	08 — 07 —	OK — — —	74 — — —	— — — —	— — — —

3.9. Условное обозначение размера заднего угла

Задний угол режущих и опор- ных пластин, °	Обозначение		Задний угол режущих и опор- ных пластин, °	Обозначение	
	цифровое	буквенное		цифровое	буквенное
0	1	N	15	6	D
3	7	A	20	4	E
5	8	B	25	5	F
7	2	C	30	9	G
11	3	P			

Примечания: 1. Цифрой 0 и буквой О обозначаются задние углы, отличающиеся от указанных в таблице. 2. При различных задних углах на разных режущих кромок выбор буквы определяется задним углом самой длинной режущей кромки.

3.10. Условное обозначение класса допуска пластин

Конструктивные особенности	Обозначение	
	цифровое	буквенное
Шлифованные по опорным и передним поверхностям; пластины со стружколомающими канавками — только по опорным поверхностям	1 2	U M
Шлифованные по опорным, передним и задним поверхностям, пластины со стружколомающими канавками — только по опорным и задним поверхностям	3 4 5	G C E

3.11. Обозначение конструктивных особенностей пластин

Конструктивные особенности	Обозначение	
	цифровое	буквенное
Без стружколомающих канавок и отверстий	1	N
Без стружколомающих канавок и с отверстием	3	A
С односторонними стружколомающими канавками и без отверстия	2	R
С односторонними стружколомающими канавками и с отверстием	4	M
С двусторонними стружколомающими канавками и без отверстия	6	F
С двусторонними стружколомающими канавками и с отверстием	5	G
С особенностями, требующими точного описания или чертежа	7	X

знаков. В табл. 3.8—3.11 приведено содержание каждой группы или знака. Пример обозначения пластины трехгранной формы (ГОСТ 19044—80) приведен ниже.

Код буквенно-цифровой T N U N = 160 308
Код цифровой 01 1 1 1

Группа из последних шести цифр соответствует аналогичной группе цифр в обозначении пластин по ОКП и определяет основные размеры пластин: длину режущей кромки в мм (две цифры), толщину пластины в мм (следующие две цифры) и радиус при вершине, увеличенный в 10 раз (последние две цифры).

Код опорной пластины содержит группу из двух цифр или букв, определяющих форму пластины (табл. 3.8), букву или цифру, обозначающую задний угол (табл. 3.9). Следующая группа из четырех цифр определяет основные размеры: длину режущей кромки пластины (две цифры) и толщину опорной пластины в мм (последние две цифры).

Код стружколомающих пластин содержит: группу из двух цифр или букв, определяющих форму пластины (см. табл. 3.8), и группу из четырех цифр, определяющих основные размеры: длину кромки режущей пластины в мм (две цифры) и размер уступа (последние две цифры).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Инструментальными являются материалы, основное назначение которых — оснащение рабочей части инструментов. К ним относятся инструментальные углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые материалы. Основные физико-механические характеристики этих материалов приведены в табл. 4.1.

При изготовлении инструментов используют также и конструкционные стали, характеристики которых приведены в табл. 4.2.

4.1. Инструментальные стали

По химическому составу, степени легированности инструментальные стали разделяются на инструментальные углеродистые, инструментальные легированные и быстрорежущие стали. Физико-механические свойства этих сталей при нормальной температуре достаточно близки, различаются они теплостойкостью и прокаливаемостью при закалке.

Разупрочнение мартенсита при нагреве во время резания закаленных углеродистых сталей происходит при температуре 200 °С. В легированных и быстрорежущих сталях разупрочнение мартенсита сдерживается наличием легирующих элементов, которые должны иметь большее, чем железо, сродство с углеродом, образуя более теплостойкие карбиды и легко растворяться в α -железе.

В инструментальных легированных сталях массовое содержание этих элементов недостаточно, чтобы связать весь углерод в карбиды, поэтому теплостойкость сталей этой группы лишь на 50—100 °С превышает теплостойкость инструментальных углеродистых сталей. В быстрорежущих сталях стремятся связать весь углерод в карбиды легирующих элементов, исключив при этом возможность образования карбидов железа. За счет этого разупрочнение быстрорежущих сталей происходит при более высоких температурах.

Инструментальные углеродистые и легированные стали. Основные физико-механические свойства инструментальных углеродистых и легированных сталей приведены в табл. 4.3, а их технологические свойства — в табл. 4.4.

4.1. Характеристики инструментальных материалов

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Твердость HRA, не менее	Микротвердость HV, МПа	Предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$, МПа	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Ударная вязкость $a_H \cdot 10^5$, Дж/м ²	Теплостойкость (красностойкость), °С	Коэффициент теплопроводности λ , Вт (м·к)	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, мм/°С	Модуль упругости E , МПа
Быстрорежущая сталь	7,9—8,75	До 80	—	До 4000	До 4000	До 588	До 700	16,75—25,12	9,0—12,0	210 000
Твердые сплавы	11,1—14,8	87—92	17 000—24 000	» 1800	» 5900	24,51—58,8	800—1000	16,75—87,92	3,0—7,5	500 000
Минералокерамика: оксидная	3,6—4,0	До 94	30 000	» 950	» 3000	4,9—11,76	2000	4,2—21,0	6,3—9,0	400 000
смешанная (керметы)	4,4—4,7	» 95,3	19 000	» 980	» 5600	До 19,6	1400	25,12—83,70	7,2—7,5	350 000
Кубический нитрид бора	3,45	—	60 000—80 000	» 1000	» 6500	—	1500	—	—	720 000
Алмазы искусственные	3,48—3,56	—	100 000	» 300	» 2000	—	800	138,2—146,5	0,9—1,9	900 000

4.2. Основные физико-механические и технологические свойства конструкционных сталей

Марка стали	Физико-механические свойства							Технологические свойства			
	Плотность ρ , г/см ³	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Модуль упругости E , МПа	Модуль сдвига при кручении G , МПа	После закалки			Коэффициент обрабатываемости		Свариваемость	Температураковки, °С
					Предел прочности σ_B при растяжении, МПа	Ударная вязкость $a_H \cdot 10^5$, Дж/м ²	HRC ₉				
45	7,85	600	—	—	900	3	31—41 (до 63)	1,0	1,0	С подогревом	800—1200
65Г	7,85	750	210 930	83 670	1500	—	44—49	0,5	0,6		800—1200
A40Г	7,85	600—800	—	—	—	—	—	1,2	1,2		800—1100

40X	7,85	600	218 500	80 800	1500	3	46—51 (41—57)	0,7	0,8	С подогревом	800—1250
55X	7,85	650	—	—	800	—	210—286 HB	0,6	0,8	То же	830—1180
30XГСА	7,85	197 HB	198 000	83 000	1500	—	43—52	0,5	0,7	С подогревом	800—1200
37ХМЮА	7,71	≤229 HB	203 000	—	1050	6	<300 HB (HV 850—1050)	0,5	0,7	—	900—1150

Примечания: 1. В скобках приведены параметры HRC₉, получаемые при поверхностной закалке с нагревом ТВЧ, охлаждением в воде, масле и последующем отпуске при температуре 180—200 °С. 2. В скобках для стали 37ХМЮА приведена поверхностная твердость после азотирования, твердость сердцевины 269—300 HB.

4.3. Основные физико-механические свойства наиболее распространенных марок углеродистых и легированных инструментальных сталей

Марка стали	Физико-механические свойства							Процент карбидной фазы	Теплостой- кость (красно- стой- кость), °С	Область применения
	ρ , г/см ³	НВ	После отжига		После закалки и отпуска					
			НВ	σ_B , МПа	σ_H , МПа	Ударная вяз- кость $\alpha_H \cdot 10^3$, Дж/м ²	HRC ₉			
У7; У7А	7,83	≤285	≤187	630	2000— 2100	3,8 (41—51 HRC ₉)	62—64	10,0—12,0	200—220	Зубила, стамески, ку- валды, пилы, отвертки, керны Ножницы, пилы, ро- лики накатные, пробой- ники, матрицы, дерево- режущие ручные инстру- менты Мелкогабаритный ре- жущий инструмент, зу- била То же, что и для ста- ли У10 Режущий инструмент Напильники, шаберы, зубила, резцы
У8; У8А	7,83	<302	≤187	750	$\sigma_B <$ < 1950	—	62—64	11,0—13,0	200—220	
У10; У10А	7,81	<321	≤197	650	≤2380	0,2	63—65	14,0—16,0	200—250	
У11; У11А	7,81	<341	≤207	650	2900	—	63—65	15,5—17,0	200—250	
У12; У12А	7,81	<341	≤207	645	$\sigma_B \leq 1720$	0,2	63—66	17,0—18,5	200—250	
У13; У13А	7,81	<341	≤217	—	<2300	—	63—66	18,5—20,0	200—250	

Марка стали	Физико-механические свойства							Процент карбидной фазы	Теплостой- кость (красно- стой- кость), °C	Область применения
	ρ , г/см³	HB	После отжига		После закалки и отпуска					
			HB	σ_B , МПа	σ_H , МПа	Ударная вяз- кость $\alpha_H \cdot 10^5$, Дж/м²	HRC ₃			
11X; 11XФ	7,82	<341	≤217	—	<2700	1,6	63—66	15,5—17,0	200—250	Метчики и другой ре- жущий инструмент диа- метром 30 мм, закаливае- мый с охлаждением в горячих средах Зубила, калибры и кольца, токарные, дол- бежные и строгальные резцы Режущий инстру- мент, клейма Круглые плашки, раз- вертки и др. Резьбовые калибры, удлиненные инструмен- ты, холодно-высадоч- ные матрицы и пуансо- ны Резбонакатный ин- струмент (ролики и плашки), ручные но- жовочные полотна, де- реворезающий инстру- мент Холодные штампы, накатные плашки, мат- рицы и пуансоны выруб- ных и просечных штам- пов
X; ШХ15	7,83	<388	≤229	730	<2300	0,5	63—66	14,5—16,5	240—250	
9XC	7,83	<415	<241	700	<2200	0,25	63—66	12,5—14,0	240—250	
XBCГ	7,83	<388	≤255	—	<3200	—	62—64	14,0—15,5	200—220	
XBF	7,83	<5140	≤255	—	<3400	—	63—66	14,0—16,0	200—220	
X6BФ	—	<5780	≤229	725	<3150	—	59—61	12,0—14,0	400—500	
X12Ф1	—	<5780	≤255	—	<3040	2,95	63—65	15,0—17,0	490—510	
X12M	—	<5780	≤255	—	—	—	63—65	—	490—510	

4.4. Технологические свойства наиболее распространенных марок углеродистых и легированных инструментальных сталей

Марка стали	Технологические свойства				Температура закали, °С, охлаждающая среда	Температура отпуска. °С	Твердость HRC ₂ после закали и отпуска, не менее
	Обрабатываемость		Шлифуемость	Свариваемость			
	K _{обp}	K _{втс}					
У7; У7А	1,2	1,2	Хорошая	Удовлетво- рительная	800—820, вода, масло	150—160 200—220	62—64 58—60
У8; У8А	1,1	1,2	Хорошая	Удовлетво- рительная	700—800, вода, масло	150—160 200—220	62—64 58—60
У9; У9А; У10; У10А	1,0	1,1	Хорошая	—	760—780, вода, масло	150—160 200—220	63—64 59—60
У11; У11А	0,9	0,9	Хорошая	—		150—160 200—220	63—64 59—60
У12; У12А	0,8	0,9	Хорошая	—		150—160 200—220	63—64 59—60
У13; У13А	0,7	0,9	Хорошая	—		150—160 200—220	63—64 59—60
11Х; 11ХФ	1,0	1,1	Удовлетво- рительная	—	840—860, масло	150—170 130—150	63—66
Х; ШХ15	0,5	0,9	Удовлетво- рительная	—	—	170—210	59—60

Марка стали	Технологические свойства			Температура закалки, °С, охлаждающая среда	Температура отпуска, °С	Твердость HRC ₉ после закалки и отпуска, не менее	
	Обрабатываемость		Шлифуемость				Свариваемость
	K _{обр}	K _{отс}					
9ХС	0,5	0,9	Удовлетво- рительная	—	—	180—250	59—63
ХВГ, ХВСГ	0,5	0,8	Удовлетво- рительная	—	830—860, масло	150—200 200—300 140—160	63—64 59—63 61—63
Х6ВФ	0,5	0,9	Удовлетво- рительная	—	980—1000, масло	150—170 280—300	63—64 57—59
Х12Ф1	0,3	0,8	Удовлетво- рительная	—	1030—1050, масло	180—200 400—420	61—63 58—59
Х12М	0,3	0,8	Удовлетво- рительная	—	1000—1030, масло	190—210 320—350	61—63 58—59

Примечания: 1. Шлифуемость приводится в сравнении с эталонной сталью У12. 2. Свариваемость характеризуется способностью соединения стыковой сваркой с быстрорежущей сталью.

Инструментальные углеродистые стали обозначаются буквой У, за ней следует цифра, характеризующая массовое содержание углерода в стали, умноженное на 10. Так, в стали марки У 10 массовое содержание углерода составляет 1 %. Буква А в конце соответствует высококачественным сталям с пониженным массовым содержанием примесей.

Инструментальные легированные стали обозначаются цифрой, характеризующей массовое содержание углерода в десятых долях процента (если цифра отсутствует, содержание углерода 1 %), за которой следуют буквы, соответствующие легирующим элементам (Г — марганец, Х — хром, С — кремний, В — вольфрам, Ф — ванадий), и цифры, обозначающие содержание элемента в процентах. Инструментальные легированные стали глубокой прокаливаемости марок 9ХС, ХВСГ, Х, 11Х, ХВГ отличаются малыми деформациями при термической обработке. Сортамент поставляемых сталей приведен в гл. 15.

Быстрорежущие стали. Основные марки этих сталей приведены в табл. 4.5, а физико-механические и технологические свойства — в табл. 4.6 и 4.7. Быстрорежущие стали обозначаются буквами, соответствующими карбидообразующим и легирующим элементам (Р — вольфрам, М — молибден, Ф — ванадий, А — азот, К — кобальт, Т — титан, Ц — цирконий). За буквой следует цифра, обозначающая среднее массовое содержание элемента в процентах (содержание хрома около 4 % в обозначении марок не указывается). Массовое содержание азота указывается в сотых долях процента. Цифра, стоящая в начале обозначения стали, указывает содержание углерода в десятых долях процента (например, сталь марки 11РЗАМЗФ2 содержит около 1,1 % С; 3 % W; 3 % Mo и 2 % V).

Режущие свойства быстрорежущих сталей определяются объемом основных карбидообразующих элементов — вольфрама, молибдена, ванадия и легирующих элементов — кобальта, азота. Ванадий в связи с малым массовым содержанием (до 3 %) обычно не учитывается, и режущие свойства сталей определяются, как правило, вольфрамовым эквивалентом, равным $(W + 2Mo) \%$. В прейскурантах на быстрорежущие стали выделяют три группы сталей: стали 1-й группы с вольфрамовым эквивалентом до 16 % без кобальта, стали 2-й группы — до 18 % и содержанием кобальта около 5 %, стали 3-й группы — до 20 % и содержанием кобальта 5—10 %. Соответственно различаются и режущие свойства этих групп сталей.

Кроме стандартных, применяются и специальные быстрорежущие стали, содержащие, например, карбонитриды титана. Однако высокая твердость заготовок этих сталей, сложность механической обработки не способствуют их широкому распространению. При обработке труднообрабатываемых материалов находят применение порошковые быстрорежущие стали Р6М5-П и Р6М5К5-П. Высокие режущие свойства этих сталей опреде-

4.5. Основные марки отечественных быстрорежущих сталей и их ближайшие зарубежные аналоги

Обозначение марки стали по ГОСТу или стандарту					Область применения
ГОСТ 19265—73 *	DIN (ФРГ)	AISI (США)	AFNOR (Франция)	ISO	
P18	S18—0—2	T1	Z80W18	1.3353	Для всех видов режущего инструмента при обработке углеродистых, легированных, конструкционных сталей
P12	—	T7	—	1.3302	То же, что и для стали P18
P9	—	—	—	—	Для инструмента простой формы, не требующего большого объема шлифования, для обработки конструкционных материалов
P6M5	S6—5—2	M2	Z85WDV06—05—02	1.3343	То же, что и для стали P18 (предпочтительно для изготовления резбонарезного инструмента, а также инструмента, работающего с ударными нагрузками)
11P3AM3Ф2	—	—	—	—	Для инструмента простой формы при обработке углеродистых и малолегированных сталей с прочностью не более 800 МПа
P6M5Ф3	S6—5—3	M3	Z130WDV06—05—04	—	Для чистовых и получистовых инструментов (фасонные резцы, развертки, протяжки, фрезы) при обработке нелегированных и легированных конструкционных сталей

Обозначение марки стали по ГОСТу или стандарту					Область применения
ГОСТ 19265—73 *	DIN (ФРГ)	AISI (США)	AFNOR (Франция)	ISO	
P12Ф3	S12—1—4	—	—	1.3318	Для чистовых инструментов при обработке вязкой аустенитной стали и материалов, обладающих абразивными свойствами
P18K5Ф2	—	T4	Z85WK18—05	—	Для черновых и получистовых инструментов при обработке высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов
P9K5	—	—	—	—	Для различных инструментов при обработке коррозионно-стойких сталей и жаропрочных сплавов, а также сталей повышенной твердости
P6M5K5	S6—5—2—5	M35	Z80WDKV(06—05—05—02)	1.3243	Для черновых и получистовых инструментов при обработке улучшенных легированных, а также коррозионно-стойких сталей
P9M4K8	—	—	—	—	Для различных инструментов при обработке высокопрочных, жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов, а также улучшенных легированных сталей

4.6. Основные физико-механические свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	ρ , г/см ³	Твердость		После закали		Температура, °С		Теплостойкость (красностойкость), °С
		после отжига (НВ)	после закалки и отпуска (HRC ₉)	σ_H , МПа	$a_K \cdot 10^6$, Дж/м ²	закали	отпуска	
P18	8,75	255	63	2900—3100	3,0	1270	560	620
P12	8,39	255	63	3000—3200	3,8	1250	560	620
P9	8,3	255	63	3350	2,0	1230	560	620
P6M5; P6AM5	8,15	255	64	3300—3400	4,8	1220	550	620
11P3AM3Ф2	7,9	255	63	2900—3100	—	1200	550	620
P6M5Ф3	8,15	269	65	3300—3400	4,8	1220	550	630
P12Ф3	8,39	269	64	3000—3100	2,7	1250	560	630
P18M5Ф2	8,75	285	64	2600—3100	2,0	1280	570	640
P9K5	8,25	269	64	2500	0,7	1230	570	630
P6M5K5	8,15	269	65	3000	2,75	1230	550	630
P9M4K8	8,3	285	65	2500	2,6	1230	550	630
P2AM9K5	7,8	285	65	—	—	1200	540	630

Примечание. Красностойкость оценивается температурой отпуска в течение 4 ч, после которого твердость стали будет составлять 59 HRC₉.

4.7. Технологические свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	Пластичность при температуре, °С				K_v	$K_{ш}$	Склонность к перегреву	Склонность к обезуглероживанию
	900	1000	1100	1200				
A11P3MФ2	5,0	5,7	6,6	5,5	1,2	0,8	Да	Повышенная
P6M5	9,5	9,4	7,4	5,2	1,0	0,8	»	»
P6M5K5	5,5	7,1	6,5	5,5	0,75	0,8	»	»
P9	9,3	8,6	6,3	4,5	1,3	0,4	»	Удовлетворительная
P9K5	6,1	7,5	6,1	5,7	0,85	0,4	»	Повышенная
P9K10	6,0	6,9	7,9	6,1	0,75	0,4	»	»
P9M4K8	4,9	6,8	7,1	5,6	0,65	0,6	»	»
P12	6,3	6,6	5,5	5,0	1,2	0,8	Менее, чем у P9	Удовлетворительная
P12Ф3	4,4	7,6	6,8	6,2	1,0	0,6	То же	То же
P12Ф2K8M3	3,8	6,3	6,5	6,0	0,65	0,5	Да	Удовлетворительная
P18	4,0	5,1	5,6	4,9	1,0	1,0	Нет	То же

Примечание. Пластичность $\gamma = 0,628n$, где n — число оборотов, на которое закрутился образец при испытании; K_v — коэффициент обрабатываемости твердосплавным резцом стали в состоянии поставки; $K_{ш}$ — коэффициент шлифуемости стали в термически обработанном состоянии.

4.8. Химический состав литых быстрорежущих сталей

Марка стали	Массовое содержание компонента, %						
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V
Рл-1	0,85—0,95	0,4—0,7	0,2—0,4	3,0—4,0	5,0—7,0	3,0—4,0	2,0—2,6
Рл-2	0,9—1,0	0,9—1,3	0,2—0,4	2,0—3,0	8,0—10,0	1,0—1,5	2,0—2,6
Рл-3	0,95—1,05	0,5—0,8	0,3—0,6	3,8—4,4	5,5—6,5	4,5—5,5	1,8—2,2
Рл-4	1,0—1,1	0,5—0,8	0,3—0,6	2,8—3,5	5,0—6,0	4,0—5,5	2,8—3,2

ляются особой мелкозернистой структурой, способствующей повышению прочности, уменьшению радиуса скругления режущей кромки, улучшенной обрабатываемости резанием и в особенности шлифованием. В настоящее время проходят промышленные испытания безвольфрамовые быстрорежущие стали с повышенным содержанием различных легирующих элементов, в том числе алюминия, молибдена, никеля и др.

Для использования отходов быстрорежущих и конструкционных сталей при изготовлении инструментов простой формы разработаны литые быстрорежущие стали (табл. 4.8). Сортамент быстрорежущих сталей приведен в гл. 15 и гл. 8 (пластины из быстрорежущих сталей для резцов).

4.2. Твердые сплавы

Твердые сплавы содержат смесь зерен карбидов, нитридов, карбонитридов тугоплавких металлов в связующих материалах. Стандартные марки твердых сплавов выполнены на основе карбидов вольфрама, титана, тантала. В качестве связки используется кобальт. Состав и основные свойства некоторых марок твердых сплавов для режущих инструментов приведены в табл. 4.9.

В зависимости от состава карбидной фазы и связки обозначение твердых сплавов включает буквы, характеризующие карбидообразующие элементы (В — вольфрам, Т — титан, вторая буква Т — тантал) и связку (буква К — кобальт). Массовая доля карбидообразующих элементов в однокарбидных сплавах, содержащих только карбид вольфрама, определяется разностью между 100 % и массовой долей связки (цифра после буквы К), например, сплав ВК4 содержит 4 % кобальта и 96 % WC. В двухкарбидных WC + TiC сплавах цифровой после буквы карбидообразующего элемента определяется массовая доля карбидов этого элемента, следующая цифра — массовая доля связки, остальное — массовая доля карбида вольфрама (например, сплав Т5К10 содержит 5 % TiC, 10 % Co и 85 % WC).

В трехкарбидных сплавах цифра после букв ТТ означает массовую долю карбидов титана и тантала. Цифра за буквой К — массовая доля связки, остальное — массовая доля карбида воль-

4.9. Состав и основные физико-механические свойства некоторых марок твердых сплавов

Марка сплава	Массовая доля компонента в смеси порошков, %				Физико-механические свойства			Область применения
	WC	TiC	TaC	Co	$\sigma_{\text{н}}$, МПа, не менее	ρ , г/см ³	Твердость HRA, не менее	
Вольфрамовая группа сплавов								
ВКЗ	97	—	—	3	1100	15,0—15,3	89,5	Чистовое точение, окончательное нарезание резьбы и т. д. при обработке серого чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов; резка листового стекла
ВКЗ-М	97	—	—	3	1100	15,0—15,3	91,0	Чистовое точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы при обработке твердых, легированных и отбеленных чугунов, цементированных и закаленных сталей, высокоабразивных неметаллических материалов
ВК4	96	—	—	4	1400	14,9—15,2	89,5	Черновое точение при неравномерном сечении среза, черновое и чистовое фрезерование, рассверливание и растачивание, черновое зенкерование отверстий при обработке чугунов, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов
ВК6	94	—	—	6	1500	14,6—15,0	88,5	Черновое и получерновое точение, черновое нарезание резьбы резцами, получистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание и растачивание, зенкерование отверстий при обработке серого чугуна, цветных металлов и их сплавов
ВК6-М	94	—	—	6	1350	14,8—15,1	90,0	Получистовая обработка жаропрочных сталей и сплавов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, специальных твердых и за-

ВК6-ОМ	92	—	2	6	1200	14,7—15,0	90,5	легких металлов. Обработка закаленных, а также сырых углеродистых и легированных сталей на малых скоростях и малых сечениях среза
ВК8	92	—	—	8	1600	14,4—14,8	87,5	Чистовое и получистовое точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы при обработке твердых легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей и некоторых марок коррозионно-стойких высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно на основе титана, вольфрама и молибдена
ВК10-М	90	—	—	10	1500	14,3—14,6	88,0	Черновое точение (в динамических условиях), строгание, черновое фрезерование, сверление, черновое рассверливание и зенкерование серого чугуна, цветных металлов и их сплавов. Обработка коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных труднообрабатываемых сталей и сплавов, в том числе и сплавов титана
ВК10-ОМ	88	—	2	10	1400	14,3—14,6	88,5	Сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование и зубофрезерование стали, чугуна, некоторых труднообрабатываемых материалов цельнотвердосплавным мелкоразмерным инструментом
ВК15	85	—	—	15	1800	13,9—14,1	86,0	Черновая и получерновая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, некоторых марок коррозионно-стойкой стали, высокопрочной и жаропрочной сталей и сплавов, особенно сплавов на основе титана, вольфрама, молибдена. Изготовление некоторых видов монолитного инструмента
								Режущий инструмент для обработки дерева

Марка сплава	Массовая доля компонента в смеси порошков, %				Физико-механические свойства			Область применения
	WC	TiC	TaC	Co	$\sigma_{\text{и}}$, МПа, не менее	ρ , г/см ³	Твердость HRA, не менее	
Титано-вольфрамовая группа сплавов								
T30K4	66	30	—	4	950	9,5—9,8	92,0	Чистовое точение с малым сечением среза; нарезание резьбы и развертывание отверстий при обработке незакаленных и закаленных углеродистых сталей
T15K6	79	15	—	6	1150	11,1—11,6	90,0	Получерновое точение (непрерывное резание), чистовое точение (прерывистое резание), нарезание резьбы резцами и вращающимися головками, получистовое и чистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание, растачивание, чистовое зенкерование, развертывание и т. д. при обработке углеродистых и легированных сталей
T14K8	78	14	—	8	1250	11,2—11,6	89,5	Черновое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, получистовое и чистовое точение при прерывистом резании, черновое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание литых и кованных отверстий, черновое зенкерование при обработке углеродистых и легированных сталей
T5K10	85	6	—	9	1400	12,4—13,1	88,5	Черновое точение (в динамических условиях), фасонное точение, отрезка токарными резцами, чистовое строгание; черновое фрезерование прерывистых поверхностей и другие виды обработки углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине

T5K12	83	5	—	12	1650	13,1—13,5	87,0	Тяжелое черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений при неравномерном сечении среза и наличии ударов всех видов строгания углеродистых и легированных сталей, сверление отверстий в стали
-------	----	---	---	----	------	-----------	------	---

Титано-тантало-вольфрамовая группа сплавов

TT7K12	81	4	3	23	1650	13,0—13,3	87,0	То же, что и для сплава T5K12, за исключением сверления в стали. Тяжелое черновое фрезерование углеродистых и легированных сталей
TT8K6	84	8	2	6	1250	12,8—13,3	90,5	Непрерывное точение с небольшим сечением среза стального литья высокопрочных коррозионно-стойких сталей, в том числе и закаленных. Обработка сплавов цветных металлов и некоторых марок титановых сплавов (малые и средние сечения среза). Чистовое и получистовое точение, растачивание, фрезерование и сверление чугунов
TT10K8-Б	82	3	7	8	1450	13,5—13,8	89,0	Черновая и получистовая обработка некоторых марок труднообрабатываемых материалов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, маломагнитных сталей и жаропрочных сталей и сплавов, в том числе титановых
TT20K9	71	8	12	9	1300	12,0—13,0	89,0	Фрезерование стали, особенно глубоких пазов и других видов обработки, обуславливающих повышенные требования к сопротивлению сплава тепловым и механическим циклическим нагрузкам

Примечания: 1. Степень пористости — не более 0,2 %. 2. Массовая доля графита — не более 0,5—0,2 %. 3. При определении числа зерен за 100 % принимают объем каждой карбидной фазы. 4. Наличие отдельных крупных зерен карбида вольфрама. размер которых в десять раз более максимального, указанного в таблице, не допускается.

4.10. Примерное соответствие отечественных и зарубежных марок твердых сплавов классификации ИСО

Группа применяемости по ИСО				Марки по ГОСТ, ТУ или иностранных фирм									
Основная	Подгруппа	Твердость HRA	Маркировочный цвет	ГОСТ 3882—74	ТУ 48-19-308—80	Твердость HV	ρ , г/см ³	ГДР	США	Фирма «Коромант» (Coromant, Швеция)	Фирма «Вальтер» (Walter, ФРГ)	Фирма «Хертель» (Hertel, ФРГ)	Фирма «Сумитомо» (Sumitomo, Япония)
Р	РС1	96,5	Синий	T30K4	MC101	1710—1890	6,27—6,48	HS021; HS410; HU510	C8	F02; S1P	—	—	ST10P; AC10; AC815
	P10	94,0		T15K6	MC111	1525—1675	10,22—10,38	То же и HS123	C70	S1P; S10T; GC415; GC015	—	—	ST10P; AC815
	P15	93,3		—	—	—	—	—	—	—	WT-1	—	—
	P20	92,3		T14K8	MC121	1475—1625	11,60—11,79	HU510; HS123	C7	S2; GC120	WPM	P2F	AC720; ST20E
	P25	89,5		TT20K9	MC137; MC2210	1485—1635	11,68—11,84	HS25; HS123	C60	GC1025; SM; SMA	WPM	P2F	—
	P30	88,5		T5K10	MC131; MC1460	1430—1570	11,35—11,51	HS123; HS345	C6	SM30; S30T	WPM, WP40	P2F; GX	AC835; ST30E; A30
	P40	90,8		T5K10	MC146	1320—1460	13,04—13,20	HS345; HS420	C50	S6	WP40	GX	ST40E; AS835
	P50	—		TT7K12	—	—	—	HS345	C5	R4	—	GX	—

М	М10	93,6	Жел- тый	ТТ8К6	МС211	1590— 1680	14,70— 14,86	HU10; HU510	—	R1P; H13A	WM15; WT2	KM1	—
	М20	93,1		ТТ10К8-Б	МС221	1530— 1630	13,81— 13,97	То же	—	GC415; GC015; SH; H13A	WM15; WT2	KM1	—
	М30	91,8		ВК10-ОМ	—	—	—	HU30	—	S6; H10F	WT1	—	—
	М40	—		ТТ7К12	—	—	—	HU40	—	R4	—	—	—
К	К01	—	Крас- ный	ВК3; ВК3М	МС301	1760— 1940	14,95— 15,11	HG012; HG412	C4	H05	—	—	H1; H2; AC10
	К05	93,8		ВК6-М	МС306	1665— 1835	14,74— 14,94	—	—	—	—	KM1	—
	К10	93,4		ВК6-ОМ	МС313; МС3210	1505— 1655	14,74— 14,94	HG012; HU510	C3	H1P; GC310	WK10; WT2	KM1; K20	G10E; AC10
	К20	88,5		ВК6	МС318	1575— 1725	12,80— 12,96	HG120; HG420	C2	SMA; HBA; H20	WKM; WT2	»	G10E; A30
					МС321	1450— 1600	14,64— 14,86	HG120; HG420	C2	SMA; HBA; H20	WKM; WT2	»	G10E; A30
	К30	87,5		ВК8; ВК8М	—	—	—	HG30; HG420	CT	H20; HBA	WK40	—	—
	К40	87,5		ВК15	—	—	—	HG40	—	—	WK40	—	—

Примечание. Марки сплава относятся к основной подгруппе применяемости. Они могут быть использованы и в соседних подгруппах.

фрама (например, сплав ТТ8К6 содержит 6 % кобальта, 8 % карбидов титана и тантала и 86 % карбида вольфрама).

В металлообработке стандартом ИСО выделены три группы применяемости твердосплавного режущего инструмента: группа Р — для обработки материалов, дающих сливную стружку, группа К — стружку надлома и группа М — для обработки различных материалов (универсальные твердые сплавы). Каждая область разделяется на группы и подгруппы. В табл. 4.10 приведены группы применяемости сплавов по ИСО и соответствие им отечественных и зарубежных твердых сплавов.

Твердосплавные материалы поставляются в различных видах. Основные виды твердосплавных заготовок под напайку приведены в табл. 4.11 и в гл. 15, размеры заготовок напайных изделий — в табл. 4.12.

Кроме напайных (или наклеиваемых) пластин, широкое распространение получили сменные многогранные пластины (табл. 4.13). Размеры этих пластин с различным числом граней приведены в табл. 4.14—4.17, а точность изготовления пластин — в табл. 4.18. Пластины содержат также стружколомающие элементы, сформированные при прессовании или последующей обработке.

Многогранные пластины выпускаются как из стандартных марок твердых сплавов, так и из стандартных сплавов с покрытиями различными композициями TiC , TiN , Al_2O_3 и пр. Пластины с покрытиями обладают повышенной стойкостью. К обозначению пластин из стандартных марок твердых сплавов с покрытием карбидом титана (толщиной 3—10 мкм) добавляется ТУ 48-19-151—75, а нитридом титана — маркировка букв КИБ (ТУ 2-035-806—80), а к обозначению групп ISO — буква С.

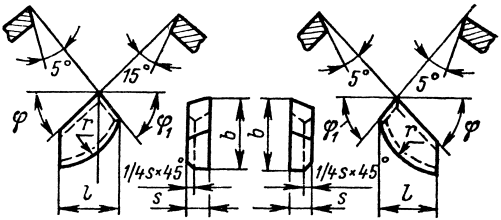
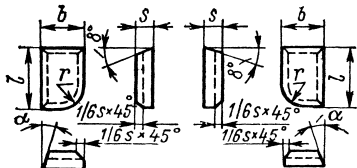
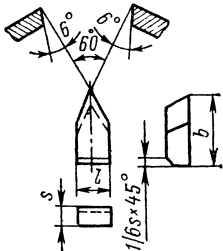
Выпускаются также пластины и из специальных сплавов (например, по ТУ 48-19-308—80). Сплавы этой группы (группы «МС») обладают более высокими режущими свойствами. Обозначение сплава состоит из букв МС и трехзначного (для пластин без покрытий) или четырехзначного (для пластин с покрытием карбидом титана) числа: 1-я цифра обозначения соответствует области применения сплава по классификации ИСО (1 — обработка материалов, дающих сливную стружку; 3 — обработка материалов, дающих стружку надлома; 2 — область обработки, соответствующая области М по ИСО); 2-я и 3-я цифры характеризуют подгруппу применяемости, а 4-я цифра — наличие покрытия. Области применения и характеристики сплавов группы МС приведены в табл. 4.10.

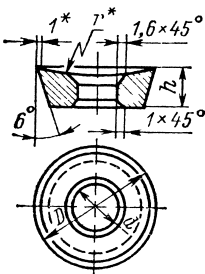
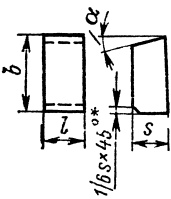
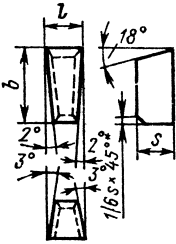
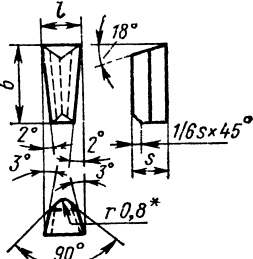
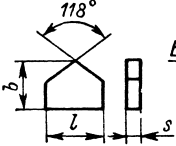
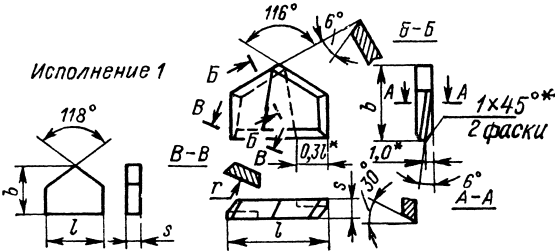
Кроме готовых пластин выпускаются также заготовки в соответствии с ОСТ 48-93—81; обозначение заготовок то же, что и готовых пластин, но с добавлением буквы З.

Безвольфрамовые и маловольфрамовые твердые сплавы широко применяются как материалы, не содержащие дефицитных элементов.

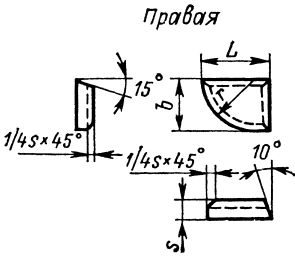
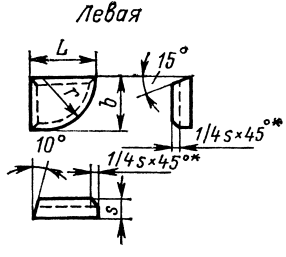
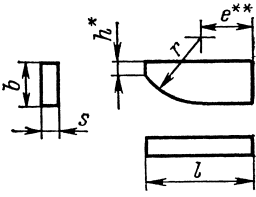
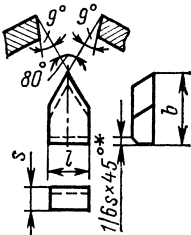
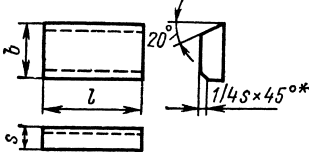
4.11. Основные типы изделий (пластин) твердосплавных напаиваемых для режущего инструмента (ГОСТ 25393—82)

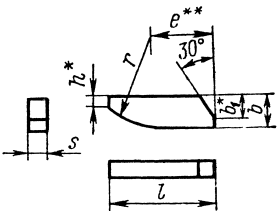
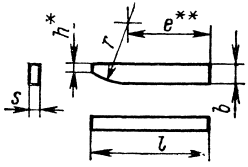
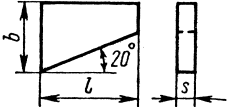
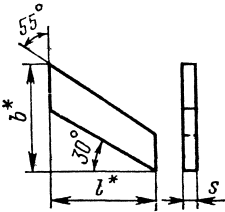
Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
Исполнение 1 Исполнение 2			
ГОСТ 25395—82 (для проходных, расточных и револьверных резцов)	01	0045	C; CD
	02	0008	1
	61/1	0052	—
	61/2	0053	—
	62/1	0054	—
	62/2	0055	—
Правая Левая			
ГОСТ 25397—82 (для подрезных, расточных резцов для глухих отверстий)	06	0009	BC, AC
	66/П	0062	—
	66/Л	0063	—
Правая Левая			
ГОСТ 25426—82 (для подрезных, проходных, револьверных и расточных резцов)	07	0010	AB, BB, CB, HB
	67/П	0072	—
	67/Л	0073	—

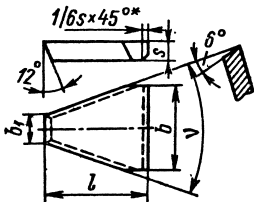
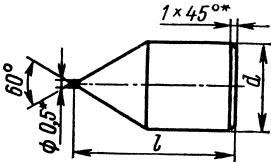
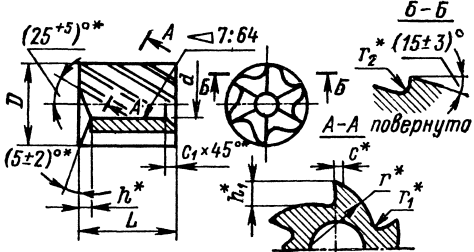
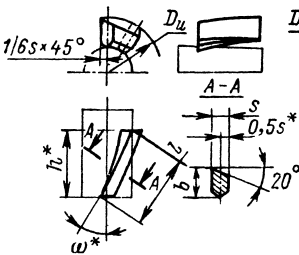
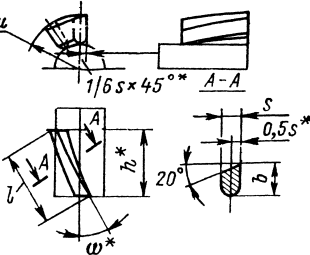
Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
Правая Левая  ГОСТ 25402—82 (для автоматных резцов)	09	0011	—
Исполнение 1 Правая Левая  ГОСТ 25396—82 (для проходных, прямых, расточных и револьверных резцов)	10 70/П 70/Л	0012 0082 0083	А; В; С; Н — —
 ГОСТ 25398—82 (для резьбовых и чистовых резцов)	11	0268	ЕА

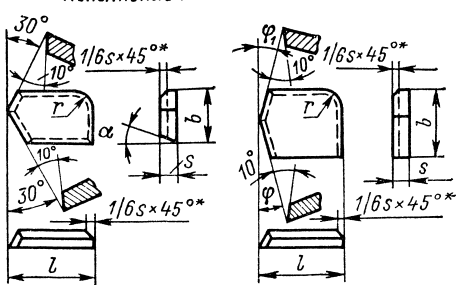
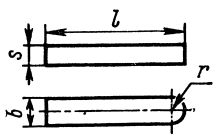
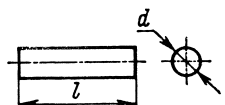
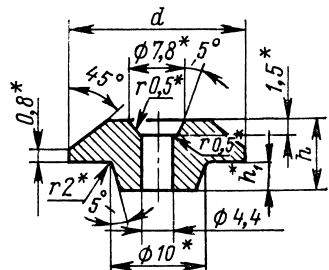
Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
	12	0014	—
ГОСТ 25403—82 (для чашечных резцов)			
Исполнение 1  Исполнение 2  Исполнение 3 	13/1 13/2 13/3	0267 0163 0164	D, DA — —
ГОСТ 17163—82 (для отрезных, прорезных резцов)			
Исполнение 1  Исполнение 2 	14/1 14/2	0015 0016	M —
ГОСТ 25399—82 (для сверл спиральных)			

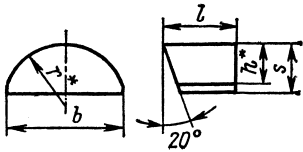
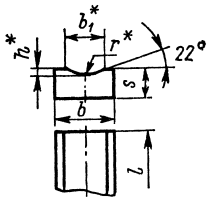
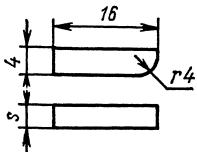
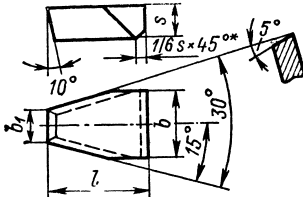
Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
<i>Правая</i> <i>Левая</i> ГОСТ 25404—82 (для фасочных резцов)	15	0017	—
ГОСТ 25405—82 (для галтельных резцов)	16	0018	—
ГОСТ 25406—82 (для сверл)	17	0019	—
ГОСТ 25407—82 (для круглофасочных резцов)	18	0020	—

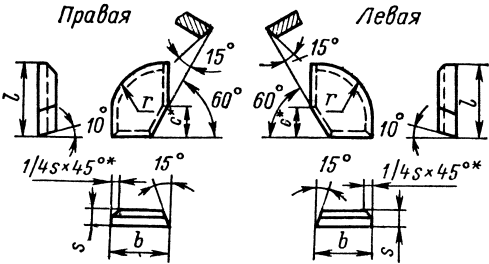
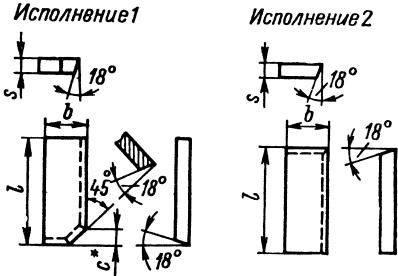
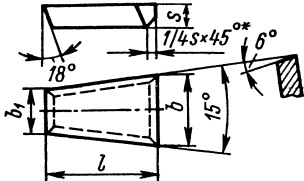
Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
<i>Правая</i>  <i>Левая</i>  ГОСТ 25408—82 (для фрез торцовых)	20	0022	—
 ГОСТ 25400—82 (для фрез концевых, зенкеров)	21	0023	T; UA
 ГОСТ 25401—82 (для автоматных резцов)	23	0256	E
 ГОСТ 25409—82 (для фрез)	24	0024	—

Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
			
ГОСТ 25424—82 (для зенкеров)	25	0025	22; 25; 30
			
ГОСТ 25425—82 (для разверток)	26	0026	R
			
ГОСТ 25410—82 (для зенкеров)	27	0027	—
			
ГОСТ 25411—82 (для фрез угловых)	31	0028	—

Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
 ГОСТ 25412—82 (для резцов канальных)	32	0029	—
 ГОСТ 25413—82 (для центров)	34	0030	—
 ГОСТ 20771—82 (для фрез концевых)	35	2502	—
<i>Правая</i>  <i>левая</i>  ГОСТ 25414—82 (для фрез)	36	0032	—

Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
Исполнение 1 Исполнение 2  ГОСТ 25415—82 (для сверл глубокого сверления)	38	0033	—
 ГОСТ 25416—82 (для направляющих сверл)	39	0034	—
 ГОСТ 25417—82 (для расточных фрез)	41	0035	—
 ГОСТ 25418—82 (для стружкозавивателей к пластинам типа 12)	42	0036	—

Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
 ГОСТ 25419—82 (для резцов для желобов)	43	0037	—
 ГОСТ 25420—82 (для резцов фасочных)	44	6038	—
 ГОСТ 25421—82 (для резцов автоматных)	47	0041	—
 ГОСТ 25422—82 (для резцов для трапецидальной резьбы)	48	0042	—

Стандарт и оснащаемый инструмент	Тип	Код ОКП	Форма по СТ СЭВ
 ГОСТ 25423—82 (для фрез торцовых)	49	0043	—
 ГОСТ 25394—82 (для фрез для Т-образных пазов)	50/1; 50/2	0044	NA; NB
 ГОСТ 20312—82 (для резцов канальных)	51	0092	—
Примечания: 1. Числа в знаменателе (в обозначении типа) означают: 1 — исполнение 1; 2 — исполнение 2; буквы П — правое и Л — левое исполнение. 2. В таблице указана только часть кода ОКП, следующая за первыми 6 знаками высшей классификационной группы марки твердого сплава. 3. На рисунках размеры, отмеченные *, — размеры для пресс-форм; размеры отмеченные **, — для справок			

4.12. Основные размеры напайваемых твердосплавных пластин,
мм

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α , φ или φ_1 , °	r	h (e)	D	
Исполнение 1	Исполнения 2, 3								
01291	—	5	3	2	—	—	—	—	
01311	—	6	4	2,5	—	—	—	—	
01331	01332	8	5	3	—	—	—	—	
02611	—	10	6	2,5	—	—	—	—	
01351	01352	10	6	4	18	—	—	—	
61351	61352				8	—	—	—	
02631	—	12	8	3	3	—	—	—	
01371	01372			5	18	—	—	—	
61371	61372				8	—	—	—	
02251	02252	14	12	6	18	—	—	—	
62251	62252				8	—	—	—	
02652	—	16	10	4	18	—	—	—	
01391	01392			6					
61391	61392			8					—
02271	02272	18	16	6	18	—	—	—	
62271	62272				8	—	—	—	
02671	—	20	12	5	18	—	—	—	
01151	01152			7					
61151	61152			8					—
02311	02312	22	18	7	18	—	—	—	
62311	62312				8	—	—	—	
01411	01412	25	14	8	18	—	—	—	
61411	61412				8	—	—	—	

Обозначение пластин		<i>l</i> (D)	<i>b</i> (d)	<i>s</i>	α , φ или φ_1 , °	<i>r</i>	<i>h</i> (e)	<i>D</i>			
Исполнение 1	Исполнения 2, 3										
02351	02352	25	20	10	18	—	—	—			
62351	62352				8	—	—	—			
01431	01432	32	18	10	18	—	—	—			
61431	61432				8	—	—	—			
02511	02512	36	20		18	—	—	—			
62511	62512				8	—	—	—			
01451	01452	40	22	12	18	—	—	—			
61451	61452				8	—	—	—			
01471	01472	50	25	14	18	—	—	—			
61471	61472				8	—	—	—			
01271	01272	60	22	12	18	—	—	—			
61271	61272				8	—	—	—			
06010	—	8	7	2,5	—	4	—	—			
06330; 07050	06340; 07060; 10672; 10682	10	6	4	18	—	—	—			
06030; 07370	—										
06350; 07070; 10471; 10481	06360; 07080; 10472; 10482	12	8	3	—	5	—	—			
06050	06060								5	18	
66050	66060			4	8						6
06370; 07110; 10491; 10501	06380; 07120; 10492; 10502								6	18	
06090	06100	14	5	8	8	—	—				
66090	66100										
06390; 07150; 10151; 10161	06400; 07160; 10152; 10162	20	12	7	18	7	—	—			
06130	06140		18	6	8	10	—	—			

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α , Φ или Φ_1 , °	r	h (e)	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
06410; 07330; 10531; 10541	06420; 07340; 10532; 10542	25	14	8	18	8	—	—
06170	06180		20	7		8	12,5	—
66170	66180				18			
06270	06280	9		8				
66270	66280			32	18			
06290	06300	10		8				
66290	66300			40	18			
70551; 70561	—	32	16	6	8	10	—	—
10571; 10581	10572; 10582		18	10	18			
70571; 70581	—			8				
70591; 70601	—	40	22	12	8	12	—	—
10611; 10621	10612; 10622							
70611; 70621	—							
70371; 70381	—	50	20	8	8	12,5	—	—
10631; 10641	10632; 10642		25	14	18	14	—	—
11130	—	3	10	2,5	—	—	—	—
11150	—	4	12	3	—	—	—	—
11170	—	5	14	3,5	—	—	—	—
11190	—	6	16	4	—	—	—	—
111210	—	8	20	5	—	—	—	—
111230	—	10	25	6	—	—	—	—
12070	—	28,6	10	—	—	35	10	—
12110	—	31,2						
12090	—	32						

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, φ или $\varphi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
12050	—	46,5	15	—	—	45	12	—
—	13492, 13673	3	10/12	3	—	—	—	—
13011; 13031	—	3,5	8	3	—	—	—	—
—	13512	3,5	10	3,5	—	—	—	—
—	13532	4	12	4	—	—	—	—
—	13693	4	14	4	—	—	—	—
13051	—	4,5	10	4	14	—	—	—
13071	—				18	—	—	—
—	13552	4,5	12	4	18	—	—	—
—	13572	5	14	5	18	—	—	—
—	13713	5	16	5	18	—	—	—
13131	—	5,5	12	5	14	—	—	—
13151	—				18	—	—	—
—	13592	6	16	6	—	—	—	—
—	13733	6	18	6	—	—	—	—
13171	—	6,5	14	6	14	—	—	—
13351	—				18	—	—	—
—	13612	8	18	7	—	—	—	—
—	13753	8	20	7	—	—	—	—
13371	—	8,5	16	8	14	—	—	—
13391	—				18	—	—	—
—	13632	10	20		—	—	—	—
—	13793		25		—	—	—	—
13411	—	10,5	18	10	14	—	—	—

Обозначение пластин		<i>l</i> (D)	<i>b</i> (d)	<i>s</i>	α, φ или $\Phi_1, ^\circ$	<i>r</i>	<i>h</i> (e)	<i>D</i>
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
13431	—	10,5	18	10	18	—	—	—
13191	—	12	20	10	18	—	—	—
—	13652				—	—	—	—
—	13773	12	25	10	—	—	—	—
13451	—	12,5	20	12	14	—	—	—
13471	—				18	—	—	—
14011	—	5,5	5,5	0,9	—	—	—	—
14131	—	6	6	1	—	—	—	—
14031				1,4	—	—	—	—
14051	—	6,5	6					
14071	—	7	6,3	1,6	—	—	—	—
14091	—	7,5						
140111	—	8,0	8	1,6	—	—	—	—
14151	—	8,5						
14251	—	9		1,7	—	—	—	—
14171	—			2	—	—	—	—
14271	—	9,5		1,7	—	—	—	—
14191	—			2	—	—	—	—
14211	—	10	8,5	2	—	—	—	—
14291	—		9	1,7	—	3,5	—	—
—	14312	10,8						
—	14332	11,8	10	2	—			
—	14352	13	11	2,5	—			
—	14372	14	12	2,5	—			

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α , φ или φ_1 , °	r	h (e)	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
—	14392	15	13	2,5	—	3,5	—	—
—	14412	16	14	3	—			
—	14432	17	15					
—	14452	18	16					
—	14472	19	17					
—	14492	20	18	3,5	—	5	—	—
—	14512	21						
—	14532	22						
—	14552	23		4	—			
—	14572	24						
—	14592	25	20	4,5	—	8	—	—
—	14612	26						
—	14632	27,5						
—	14652	28,5						
—	14672	29,5	22	5	—			
—	14692	30,5						
—	14712	31,5						
—	14732	33,5	24					
—	14752	36,5						
—	14772	39,5						
—	14792	42						
—	14812	44						
—	14832	47						
—	14852	50	28	6	—	10	—	—

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α , φ или φ_1	r	h (e)	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
—	14872	52	28	6	—	10	—	—
15010	—	12	8	3	—	—	—	—
15030; 15040	—	16	10	4	—	—	—	—
15090; 15100	—	20	16	5	—	—	—	—
15110; 15120	—	25	18	6	—	—	—	—
15150; 15160	—	32	20					
16010	—	8	8	3	—	4	—	—
16030	—	10	10	3,5	—	5	—	—
16050	—	12	12	4,5	—	6	—	—
16210	—	16	14	5	—	8	—	—
16250	—	20	16	6	—	10	—	—
16370	—	24	20	7	—	12	—	—
16390	—	32	25	8	—	16	—	—
17530	—	5,5	8	0,8	—	—	—	—
17550	—	6,5		1	—	—	—	—
17570	—	7,5	9	1,2	—	—	—	—
17590	—	8,5	10	1,5	—	—	—	—
17610	—	9,5						
17110	—	10,8	12	1,8	—	—	—	—
17130	—	11,8						
17150	—	13	14	2,0	—	—	—	—
17170	—	14						
17190	—	15	15	2,2	—	—	—	—
17210	—	16						

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, φ или $\Phi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
17230	—	17	16	2,5	—	—	—	—
17250	—	18	18					
17270	—	19						
17290	—	20	20	3	—	—	—	—
17310	—	21						
17330	—	22	22					
17350	—	23	24	3,5	—	—	—	—
17370	—	24						
17390	—	25	26					
17410	—	26						
17430	—	27,5	28	4,5	—	—	—	—
17450	—	28,5						
17470	—	29,5	30					
17490	—	30,5						
17510	—	31,5						
18050	—	8	12	3	60	8	6	—
18070	—	10	15	4		10	8	—
18090	—	12	18	5		12	10	—
18130	—	16	22		—	16	—	—
20010	—	10	8	2,5	—	8	—	—
20030	—	12	10		—	10	—	—
20050	—	15	12	3	—	12,5	—	—
20070	20080 (левые)	20	16	3,5	—	16	—	—
20090	201100 (левые)	25	20	4	—	20	—	—

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α, φ или $\varphi_1, ^\circ$	r	h (e)	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
20130	20140 (левые)	32	20	5	—	20	—	—
21050	—	12	3	1,2	—	15	1	4,4
21010	—			1,5	—	20		3,3
21070	—		5,6	1,2	—	15		1,2
21350	—	14	8	3	—	25	5	2,1
21370	—	16	3,5	2	—	20	1	—
21170	—			1,6	—	15		
21190	—		6,7					
21210	—		7,8					
21230	—		8,8					
21410	—		10	3	—	25	7	7,3
21270	—	19	4,5	2	—	25	1,8	7,5
21290	—		10					1
21310	—		11,2					—
21610	—		12,2					—
21090	—	20	4,5	2,5	—	25	2	9,1
21110	—		6			25		6
21250	—		3,5	—	10	—	10,8	
21130	—		9	—	—	—	2	2,7
21150	—		11					0,8
21630	—	22	5,6	2,5	—	25	2,5	9,5
21650	—		14					1
21670	—		15,5					—
21690	—		17,5					—

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, φ или $\varphi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
21710	—	25	8	2,8	—	31,5	3	10
21470	—			3	—			8
21490	—		15		—			0,3
21730	—		19,5	2,8	—	25		1,6
21750	—		21,5		—			1
21510	—	32	10	4	—	31,5		12,2
21530	—		21		—			3,5
21550	—	36	10	5	—			16,2
21570	—	40			—			23,2
21590	—	45	12	6	—			23
23010	—	4	10	2,5	—	—	—	—
23030	—	5	12	3	—	—	—	—
23050	—	6	14	3,5	—	—	—	—
23070	—	8	16	4	—	—	—	—
23090	—	10	18	5	—	—	—	—
23110	—	12	20	6	—	—	—	—
23130	—	16	22	7	—	—	—	—
23150	—	20	25	8	—	—	—	—
23170	—	25	28	9	—	—	—	—
23190	—	32	32	10	—	—	—	—
24010	—	6	7	3	—	—	—	—
24050	—	8						
24070	—	10	5					
24090	—		7					

Обозначение пластин		<i>l</i> (d)	<i>b</i> (d)	<i>s</i>	α , Φ или Φ_1 , °	<i>r</i>	<i>h</i> (e)	<i>D</i>
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
24770	—	12	7	3	—	—	—	—
24130	—		9	3,5	—	—	—	—
24170	—	14						
24210	—	16	9	3,5	—	—	—	—
24250	—	18						
24270	—	20	10	4	—	—	—	—
24290	—	22						
24470	—							
24790	—	25	14					
24870	—							
24550	—	28						
24570	—	32						
24590	—	36						
24650	—	40						
24850	—	45						
25110	—	16		4	2	—	25	1
25130	—	18	5	2,5	—	1,5		5,2
25150	—	20	6	3	—		31,5	3,8
25210	—	22	5,6	2,5	—	25	2,5	9,9
25230	—	25	8	2,8	—		3	10,0
25250	—	30	12	4	—			11
25190	—	32	10		—	40	2	8
26010	—	12	2	0,8	—	25	0,8	7,4
26030	—	16	2,5	1,2	—		1	7,5

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, φ или $\Phi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
26050	—	19	3	1,4	—	25	1	9,2
26070	—	22	3,5	1,8	—		1,4	12
26090	—	25	4	2,2	—			13,9
26130	—	30	5	2,8	—			17,1
26250	—	32		3	—	31,5	2	18,6
27010	—	4,5	4,5	2	—	—	—	—
27030	—	6	5					
27050	—	7,5		2,5	—	—	—	—
27070	—	10	6,5					
27090	—	12	8	3	—	—	—	—
27110	—	14	9					
27130	—	15,5	10					
27150	—	18	12	3,5	—	—	—	—
27170	—	20	14	4	—	—	—	—
27190	—	22,5	15					
31010	—	13	12,5	2,5	—	—	—	—
31030	—	15	14,5	3	—	—	—	—
31050	—	18	17,5					
31070	—	20	19,5	3,5	—	—	—	—
31090	—	25	24,5	4	—	—	—	—
31110	—	34	31,5	5	—	—	—	—
31130	—	50	44	7	—	—	—	—
32190	—	20	14	5	34	—	—	4,4
32210	—	25	18			—	—	6

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, φ или $\Phi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
32230	—	32	22	6	34	—	—	7,8
32250	—	36	28			—	—	10,3
32270	—	45	38	8		—	—	14,5
32290	—	50	44		36	—	—	17
36350	—	15	4	2	$\omega = 30^\circ$	$D_n = 16$	13	—
36370	—	11,5					10	—
36390	—	24	6	3		20	21	—
36410	—	18					16	—
36010	—	25	8	3,5	40	32	19	—
36110	—	20					15	—
36030	36040 (левые)	25	8,5	4,3		50	22	—
36130	36140 (левые)	21					16	—
36430	36440 (левые)	30	10	5	30	80	26	—
36450	36460 (левые)	23					20	—
36470	36480 (левые)	31				100	27	—
36490	36500 (левые)	25					20	—
36510	—	33				160	29	—
36530	—	25					22	—
38011	—	16	7	2	—	3	$b_1 = 6,3$	—
38031	—	20	10,6	3	—	4	9,5	—
38051	—	25	14,5	4,5			12,9	—
38171	—	32	18				16	—
—	38092	25	22	5	—	8	14	—
—	38192	32	28				17	—

Обозначение пластин		l (D)	b (d)	s	α , φ или Φ_1 , °	r	h (e)	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
—	38212	36	33	6	—	10	20	—
—	38152	40	40				23	—
39010	—	18	2,5	2,5	—	1,25	—	—
39030	—	20	3	3	—	1,5	—	—
39050	—	25	5	4	—	2,5	—	—
39130	—	32	6	5	—	3	—	—
39150	—	36	8		—	4	—	—
39110	—	40	10		—	5	—	—
43010	—	12	7,8	3,5	—	4	3	—
43030	—	16	11	5	—	6	4	—
43050	—		15	5,5	—	8	4,5	—
43070	—		19	7,5	—	10	6,5	—
43090	—	18	22,5	9	—	12	8	—
43110	—		26	10,5	—	14	9	—
43130	—		30	12	—	16	10	—
44010	—	12	6	4,5	—	2	0,9	—
44090	—	16	8		—	4	1	—
44050	—	18	10	5,5	—	5	1,4	—
44000	—	20	12	7	—	6	1,6	—
47010	—	—	—	1	—	—	—	—
47030	—	—	—	1,6	—	—	—	—
47050	—	—	—	2	—	—	—	—
47070	—	—	—	2,5	—	—	—	—
47090	—	—	—	3	—	—	—	—

Обозначение пластин		$l (D)$	$b (d)$	s	α, Φ или $\Phi_1, ^\circ$	r	$h (e)$	D
Исполнение 1	Исполнения 2, 3							
48010	—	12	4	4	—	—	$b_1 =$ $= 1,5$	—
48030	—	16	5,5		—	—	2,1	—
48050	—	18	8,5	6	—	—	3,4	—
48070	—		10		—	—	4,6	—
48090	—	20	13		—	—	5,8	—
48110	—	22	15		—	—	7,2	—
48130	—	25	18	7	—	—	8,8	—
49010	левые	15	12	3	—	12,5	$c = 3$	—
49030	—				—		8	
49050	49060	20	16	3,5	—	16	3	—
49070	49080				—		8	
50191	50202	7	5	2	—	—	—	—
50211	50222	9			—	—	—	—
50231	50242	12	6	2,5	—	—	—	—
50251	50262	15	7	3	—	—	2,5	—
50271	50282	18	8	3,5	—	—		
50291	50302	24	9		—	—		
50311	50322	28	10	4	—	—	4	—
50331	50342	32	12	4,5	—	—	6	—
50351	50362	36	14	5	—	—		
51010	—	14	7	3	—	—	$b_1 =$ $= 4,5$	—
51030	—	16	8,5	4	—	—	5,5	—
51050	—	18	10		—	—	6,5	—
51070	—	20	11	5	—	—	7,5	—
51090	—	22	13	6	—	—	9	—
51110	—	26	15		—	—	10	—
51130	—	28	16,5	7	—	—	11	—
51150	—	30	19		—	—	13	—

Основные характеристики и область применения приведены в табл. 4.19. В таблице приведены также марки безвольфрамовых (или маловольфрамовых № 308, № 350) сплавов ряда зарубежных фирм, иллюстрирующих поиски использования различных химических элементов, предназначенных для создания оптимальных сплавов.

Попытки создания подобных сплавов предпринимаются и на отечественных предприятиях. Так, получены положительные результаты испытаний маловольфрамового твердого сплава ТВ-4, созданного на предприятиях Минцветмета, сплава КТ2С, созданного в ИПМ АН УССР сплава на основе диборита титана, созданные в ЛТИ и ВНИИАШ и др.

Безвольфрамовые сплавы поставляются в виде готовых пластин различной формы и размеров, степеней точности U и M, а также заготовок пластин.

4.3. Минералокерамика

Минералокерамические инструментальные материалы обладают высокой твердостью, тепло- и износостойкостью. Их основой является глинозем Al_2O_3 (оксидная керамика) или смесь Al_2O_3 с карбидами, нитридами и другими соединениями (керметы). Основные характеристики и область применения различных марок минералокерамики приведены в табл. 4.20. Кроме традиционных марок оксидной керамики и керметов широко применяются оксидно-нитридная керамика (например, керамика марки «кортинит» (корунд или Al_2O_3 и нитрид титана). Минералокерамика поставляется в виде неперетачиваемых многогранных пластин, форма и размеры которых приведены в табл. 4.21.

4.4. Синтетические сверхтвердые материалы

Синтетические сверхтвердые материалы обладают высокой твердостью, износостойкостью, низким коэффициентом трения, инертностью к железу (материалы на основе кубического нитрида бора — КНБ). Подразделяются на материалы с основой в виде КНБ и материалы на основе алмазов. Основные характеристики и область применения этих материалов приведены в табл. 4.22.

В последнее время к этой группе относят и материалы, содержащие композицию Si—Al—O—N (торговая марка «сиалон»), в основе которых — нитрид кремния Si_3N_4 . Комбинация этой основы с различными элементами позволяет создать материалы с самыми разнообразными свойствами (например, силинит, созданный в ИПМ АН УССР).

Синтетические материалы поставляются в виде заготовок (см. гл. 15) или готовых сменных пластин. Форма и размеры пластин на основе кубического нитрида бора приведены в табл. 4.23.

4.13. Основные виды сменных пластин и область применения

Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины трехгранной формы для токарных проходных, подрезных и расточных резцов (ГОСТ 19043—80 *)	01111 01131	TNUN TNGN	0352 0353	Табл. 4.14—пп. 2, 3,9—11,18—21,25—29, 35, 36	
Пластины трехгранной формы с отверстием для токарных проходных, подрезных, расточных и работающих по копиру (ГОСТ 19044—80*)	01113 01123 01133	TNUA TNMA TNGA	0354 0355 0356	Табл. 4.14—пп. 4, 5, 13, 14, 22—24, 31—34, 37—39	
Пластины трехгранной формы с задним углом 11° для проходных, подрезных и расточных резцов (ГОСТ 19045—80*)	01311 01331	TPUN TPGN	0357 0358	Табл. 4.14—пп. 1—3, 8—11, 19, 26—28, 36	

Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины трехгранной формы с отверстием и стружколомающими канавками на одной стороне для проходных, подрезных, расточных и работающих по копиру резцов (ГОСТ 19046—80*)	01114 01124	TNUM TNMM	0359 0360	Табл. 4.14 — пп. 12—14, 22—24, 30—33, 37, 38	
Пластины трехгранной формы с отверстием и стружколомающими канавками на двух сторонах для проходных, подрезных, расточных и работающих по копиру резцов для чистового резания (ГОСТ 24247—80*)	01125	TNMG	2053	Табл. 4.14—пп. 4, 22—24, 30—32, 34	
Пластины трехгранной формы с задним углом 11° и стружколомающими канавками для токарных проходных и расточных резцов (ГОСТ 24250—80*)	01332	TPGR	0441	Табл. 4.14—пп. 6, 7, 15—17	

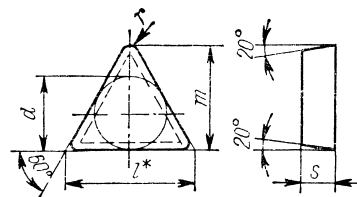
Пластины трехгранной формы с задним углом 20° для токарных проходных, подрезных и расточных резцов, для обработок легких сплавов (ГОСТ 24251—80*)

01431

TEGN

0444

Табл. 4.14—п. 10



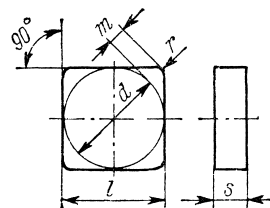
Пластины квадратной формы для токарных, проходных, расточных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19049—80*)

03111
03131

SNUN
SNGN

0363
0364

Табл. 4.15—пп. 3, 4, 11—18, 30—33, 40, 42—44



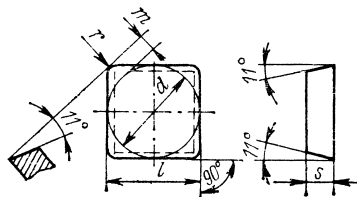
Пластины квадратной формы с задним углом 11° для токарных, проходных, расточных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19050—80*)

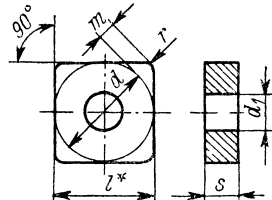
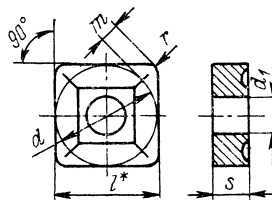
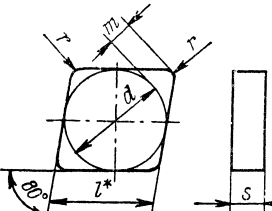
03311
03331

SPUN
SPGN

0365
0366

Табл. 4.15—пп. 2—4, 11—14, 16, 30—32, 40—42



Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины квадратной формы с отверстием для токарных, проходных, расточных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19051—80*)	03113 03123 03133	SNUA SNMA SNGA	0367 0368 0369	Табл. 4.15—пп. 3, 4, 19—22, 28, 29, 34, 35, 45—47	
Пластины квадратной формы с отверстием и стружколомающими канавками на одной стороне для токарных проходных, расточных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19052—80*)	03114 03124	SNUM SNMM	0370 0371	Табл. 4.15—пп. 3, 4, 19—21, 34, 35, 45—47, 57, 58	
Пластины ромбической формы с углом 80° для торцовых фрез и специальных резцов с $\varphi = 90^\circ$ (ГОСТ 19056—80*)	05111 05131	CNUN CNGN	0375 0376	Табл. 4.15—пп. 1, 7, 8, 23, 24, 48, 49	

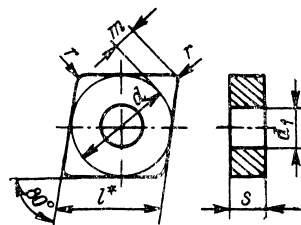
Пластины ромбической формы с углом 80° и отверстием для торцовых фрез и специальных резцов с $\varphi = 90^\circ$ (ГОСТ 19057—80*)

05113
05123
05133

CNUA
CNMA
CNGA

0377
0378
0379

Табл. 4.15—пп. 1, 9, 10, 25—27, 38, 39, 51—53



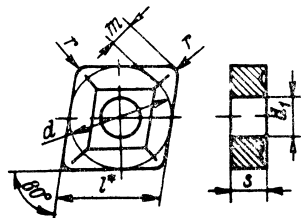
Пластины ромбической формы с углом 80° , отверстием и стружколомающими канавками на одной стороне для специальных резцов с $\varphi = 90^\circ$ и торцовых фрез (ГОСТ 19059—80*)

05114
05124

CNUM
CNMM

0381
0382

Табл. 4.15—пп. 25—27, 38, 39, 50—53



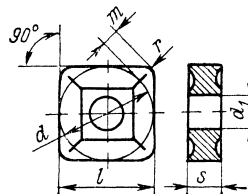
Пластины квадратной формы с отверстием и стружколомающими канавками на двух сторонах для токарных, проходных, расточных резцов и торцовых фрез для чистового резания (ГОСТ 24248—80*)

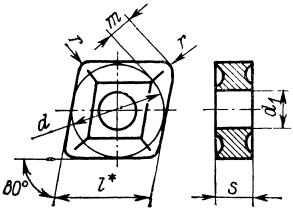
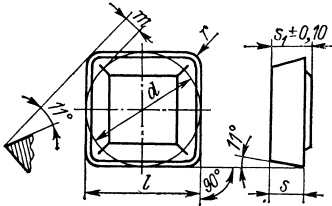
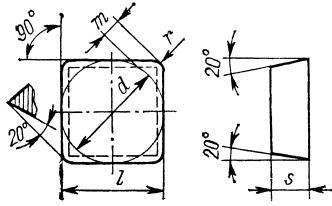
03125

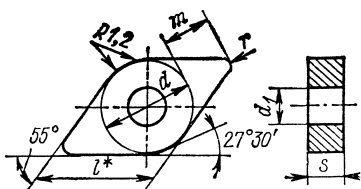
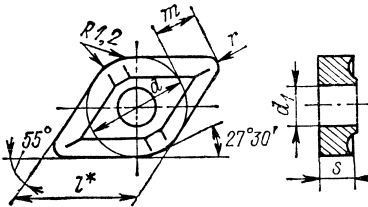
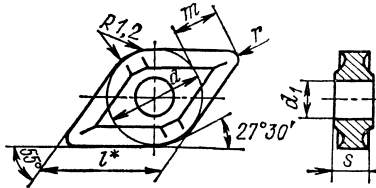
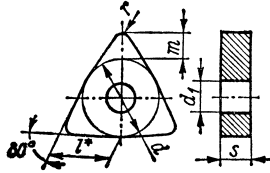
SNMG

2055

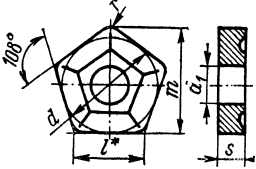
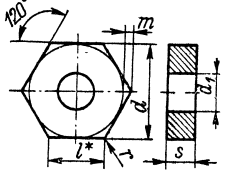
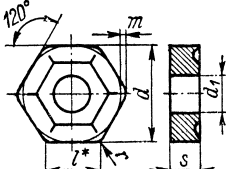
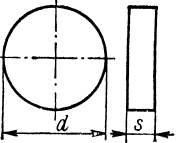
Табл. 4.15—пп. 5, 6, 20—22, 34, 35, 45, 46, 57, 58

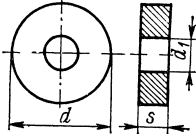
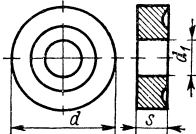
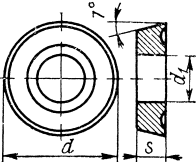


Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины ромбической формы с углом 80° , отверстием и стружколомающими канавками на двух сторонах для торцовых фрез и специальных резцов для чистового резания (ГОСТ 24249—80*)	04125	CNMG	2057	Табл. 4.15—пп. 25—27, 51, 52	
Пластины квадратной формы с задним углом 11° и стружколомающими канавками для токарных проходных и расточных резцов (ГОСТ 24252—80*)	0332	SPGR	0440	Табл. 4.15—пп. 3, 4, 12—14	
Пластины квадратной формы с задним углом 20° для токарных проходных, расточных резцов и торцовых фрез для обработки легких сплавов (ГОСТ 24253—80*)	03431	SEGN	0442	Табл. 4.15—пп. 4, 13	

Пластины ромбической формы с углом 55° и отверстием для токарных резцов, работающих по копиру (ГОСТ 24255—80)	13123	DNMA	0443	Табл. 4.15—пп. 54—56	
Пластины ромбической формы с углом 55°, отверстием и стружколомающими канавками на одной стороне для токарных резцов, работающих по копиру (ГОСТ 24256—80*)	13124	DNMM	0439	Табл. 4.15—пп. 54—56	
Пластины ромбической формы с углом 55°, отверстием и стружколомающими канавками на двух сторонах для токарных резцов, работающих по копиру (ГОСТ 24257—80)	13125	DNMG	0438	Табл. 4.15—пп. 54—56	
Пластины шестигранной формы с углом 80° с отверстием для токарных, проходных, расточных и автоматных резцов (ГОСТ 19047—80)	02113	WNUA	0361	Табл. 4.16—пп. 1, 2, 6, 7, 12—15, 22	

Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины шестигранной формы с углом 80° с отверстием и стружколомающими канавками для токарных, проходных, расточных и автоматных резцов (ГОСТ 19048—80 *)	02114	WNUM	0362	Табл. 4.16—пп. 1, 2, 3, 6, 7, 12—15, 22	
Пластины пятигранной формы для проходных резцов с $\varphi = 60^\circ$ и торцовых фрез (ГОСТ 19063—80)	10111 10131	PNUN PNGN	0386 0387	Табл. 4.16—пп. 4, 5, 10, 11, 24, 25	
Пластины пятигранной формы с отверстием для проходных резцов с $\varphi = 60^\circ$ и торцовых фрез (ГОСТ 19064—80*)	10113 10123 10153	PNUA PNMA PNEA	0388 0389 0390	Табл. 4.16—пп. 20, 21, 26—28	

Пластины пятигранной формы с отверстием и стружколомающими канавками для проходных резцов с $\varphi = 60^\circ$ и торцовых фрез (ГОСТ 19065—80*)	10114 10124	PNUM PNMM	0391 0392	Табл. 4.16—пп. 20, 21, 26—28	
Пластины шестигранной формы с отверстием для проходных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19067—80)	11113 11133	HNUA HNGA	0394 0395	Табл. 4.16—пп. 8, 9, 16—19, 23	
Пластины шестигранной формы с отверстием и стружколомающими канавками для проходных резцов с $\varphi = 45^\circ$ и торцовых фрез (ГОСТ 19068—80*)	11114	HNUM	0396	Табл. 4.16—пп. 8, 9, 16—19, 23	
Пластины круглой формы для специальных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19069—80*)	12111 12131	RNUM RNGN	0397 0398	Табл. 4.17—пп. 1, 3	

Виды пластин, область применения	Обозначение пластин по ГОСТ 19042—80		Код серийно-порядкового номера ОКП	Основные размеры из таблиц	Эскиз
	цифровое	буквенное			
Пластины круглой формы с отверстием для специальных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19070—80*)	12133 12113 12123	RNGA RNAU RNMA	0399 0403 0404	Табл. 4.17—пп. 6, 7, 10	
Пластины круглой формы с отверстием и стружколомающей канавкой для специальных резцов и торцовых фрез (ГОСТ 19071—80*)	12114 12124	RNUM RNMM	0400 0402	Табл. 4.17—пп. 2, 4, 5—7, 9, 10, 12—14	
Пластины круглой формы с задним углом и стружколомающей канавкой (ГОСТ 19072—80)	12224	RCMM	2059	Табл. 4.17—пп. 2, 4, 6, 8, 11, 14	

4.14. Основные размеры сменных пластин трехгранной формы, мм

№ п/п	<i>i</i>	<i>a</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
1	11	6,350	3,18	0,2	9,325	—
2				0,4	9,128	
3				0,8	8,731	
4				0,4	9,128	2,26
5				0,8	8,731	
6				0,4	9,128	<i>s</i> ₁ = 3,44
7				0,8	8,731	<i>s</i> ₁ = 3,52
8	16,5	9,525		0,2	14,088	—
9				0,4	13,891	
10				0,8	13,494	
11				1,2	13,097	
12				0,4	13,891	3,81
13				0,8	13,494	
14				1,2	13,097	
15				0,4	13,891	<i>s</i> ₁ = 3,44
16				0,8	13,494	<i>s</i> ₁ = 3,62
17				1,2	13,097	—
18			4,76	0,4	13,891	
19				0,8	13,494	
20				1,2	13,097	
21				1,6	12,700	
22				0,4	13,891	3,81
23				0,8	13,494	
24				1,2	13,097	

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
25	22	12,76	4,76	0,4	18,653	—
26				0,8	18,256	
27				1,2	17,859	
28				1,6	17,463	
29				2,4	16,550	
30		12,7		0,4	18,653	5,16
31				0,8	18,256	
32				1,2	17,859	
33				1,6	17,463	
34				2,4	16,550	
35	27,5	15,875	6,35	1,2	22,622	—
36				1,6	22,225	
37				1,2	22,622	6,35
38				1,6	22,225	
39				2,4	21,432	

4.15. Основные размеры сменных пластин квадратной и ромбической форм,
мм

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
1	8,1	7,93	3,18	0,4	1,981	3,18
2	9,525	9,525		0,2	1,889	—
3				0,4	1,808	<i>s</i> ₁ = 3,44
4				0,8	1,644	<i>s</i> ₁ = 3,52
5				0,4	1,808	3,81
6				0,8	1,644	

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
7	9,7	9,525	3,18	0,4	2,425	—
8				0,8	2,203	
9				0,4	2,425	3,81
10				0,8	2,205	
11	12,70	12,7		0,2	2,546	—
12				0,4	2,465	<i>s</i> ₁ = 3,44
13				0,8	2,301	—
14				11,2	2,137	
15				1,6	1,972	
16			0,8	2,301		
17			1,2	2,137	5,16	
18			2,4	1,644		
19			0,4	2,465		
20			0,8	2,301		
21			1,2	2,137	5,16	
22			1,6	1,973		
23	12,90		4,76	0,8	3,088	—
24				1,2	2,866	
25				0,4	3,307	5,16
26				0,8	3,088	
27				1,2	2,867	
28	1,2	2,402				
29	1,6	2,237				
30	15,875	15,875		0,8	2,959	—

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁	
31	15,875	15,875	4,76	1,2	2,795	—	
32				1,6	2,630		
33				2,4	1,644		
34				1,2	2,795	6,35	
35				1,6	2,630		
36	16,10			1,2	3,748	—	
37				1,6	3,528		
38				1,2	3,748	6,35	
39				1,6	3,528		
40	19,05	19,05		6,35	0,2	3,861	—
41					0,8	3,616	
42					1,2	3,452	
43					1,6	3,298	
44					2,4	2,951	
45			1,2		3,452	7,93	
46			1,6		3,282		
47			2,4		2,951		
48	19,30		1,2		4,630	—	
49		1,6	4,410				
50	19,30	0,8	4,851		7,93		
51		1,2	4,631				
52		1,6	4,411				
53		2,4	3,960				
54	19,3	15,875		0,3	9,327	6,35	

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
55	19,3	15,875	6,35	1,2	7,865	6,35
56				1,6	7,402	
57	25,40	25,400	7,93	1,6	4,598	9,12
58				2,4	4,274	

4.16. Основные размеры сменных пластин пятигранной и шестигранной форм,
мм

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁	
1	6,5	9,525	3,18	0,4	2,424	3,81	
2				0,8	2,02		
3			4,76	0,4	2,424		
4	6,9		3,18	0,8	10,462	—	
5				1,2	10,369		
6	8,7	12,70	4,76	0,4	3,306	5,16	
7				0,8	3,084		
8	9,1	15,875		0,8	1,106	6,35	
9				1,6	0,983		
10	9,2	12,70		0,8	14,012	—	
11				1,2	13,919		
12	10,8	15,875			0,8	3,966	6,35
13					1,2	3,743	
14			6,35	0,8	3,966		
15				1,2	3,743		
16	11,0	19,05	4,76	1,2	1,290	7,93	
17				2,0	1,168		

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>d</i> ₁
18	11,0	19,05	6,35	1,2	1,290	7,93
19				2,0	1,168	
20	11,5	15,875	4,76	0,8	17,562	6,35
21				1,6	17,375	
22	12,8	19,05	6,35	1,2	4,625	7,93
23		22,20		1,2	1,534	
24	13,8	19,05	4,76	1,2	21,019	—
25				1,6	20,925	
26			4,76; 6,35	1,2	21,019	7,93
27				2,0	20,832	
28	16,1	22,20	6,35	1,2	24,541	

4.17. Основные размеры сменных пластин круглой формы, мм

№ п/п	<i>d</i>	s	<i>d</i> ₁	№ п/п	<i>d</i>	s	<i>d</i> ₁
1	9,525	3,18	—	8	19,050	4,76	6,35
2			3,81	9			7,93
3	12,700		5,16	—		10	6,35
4		12,225		11	7,93		
5			12	9,12			
6	15,875	4,76	6,35	13	25,400	9,12	
7		6,35		14		7,93	7,93

4.18. Предельные отклонения контролируемых параметров пластин

Контролируемый параметр	Режущие пластины классов допусков						Опорные пластины	Стружко-лом
	U	M		G	E	C		
		Все формы, кроме D	Форма D					
Размер m^* при диаметре d и d_0 : До 9,525 Св. 9,525 до 12,70 Св. 12,70 до 22,225 Св. 22,225	$\pm 0,080$ $\pm 0,130$ $\pm 0,180$ $\pm 0,250$	$\pm 0,050$ $\pm 0,080$ $\pm 0,100$ $\pm 0,130$	$\pm 0,050$ $\pm 0,080$ $\pm 0,100$ $\pm 0,130$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$-0,300$	—
До 9,525 Св. 9,525 до 12,70 Св. 12,70 до 22,225 Св. 22,225	$\pm 0,130$ $\pm 0,200$ $\pm 0,270$ $\pm 0,380$	$\pm 0,080$ $\pm 0,130$ $\pm 0,150$ $\pm 0,180$	$\pm 0,110$ $\pm 0,150$ $\pm 0,180$ —			$\pm 0,013$	—	—
Толщина s	$\pm 0,130$; $\pm 0,200$	$\pm 0,130$	$\pm 0,130$	$\pm 0,130$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,130$	$\pm 0,130$
Радиус при вершине r^{**}	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$+0,2$	—
Диаметр отверстия d_1	$\pm 0,13$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$+0,10$ $-0,20$	—
Угол при вершине для пла- стин, мин: без канавки	± 30	± 30	± 30	± 5	± 5	± 5	± 30	± 30
с канавками				± 10	—	—		

Контролируемый параметр	Режущие пластины классов допусков						Опорные пластины	Стружколом
	U	M		G	E	C		
		Все формы, кроме D	Форма D					
Задний угол, мин	±30	±30	±30	±20	±20	±20	±30	—
Передний угол, °	±1,5	±1,5	—	—	—	—	—	—
Угол расположения фасок в плане, мин	—	—	—	±15	±15	±15	—	—
Отклонения от перпендикулярности задних поверхностей к опорной поверхности, мин	±30	±30	±30	±15	±15	±15	—	—
Отклонение от параллельности режущих кромок пластин со стружколомающими канавками к опорной поверхности	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	—	—
Отклонение от параллельности передней поверхности пластин без стружколомающих канавок к опорной поверхности	0,050	0,050	0,050	0,025	0,025	0,025	0,050	—

Отклонение от симметричности отверстия относительно задних поверхностей	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	—	—
Отклонение от плоскостности опорных поверхностей (выпуклость при длине режущих кромок, мм):								
До 16	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010	—
От 16 до 27	0,010	0,010	0,010	0,005	0,005	0,005	0,010	—
Св. 27	0,015	0,015	0,015	0,005	0,005	0,005	0,015	—
Отклонение от плоскостности задних поверхностей:								
вогнутость	0,015	0,015	0,065	0,015	0,015	0,015	0,015	—
выпуклость	0,030	0,030	0,030	0,010	0,010	0,010	—	—
вогнутость	0,050	0,030	0,030	0,010	0,010	0,010	—	—
Параметр R_a обработанных поверхностей, мкм, не более:								
передних	0,2	0,2	0,2	0,20—0,32	0,20—0,32	0,20—0,32	0,63	0,63
опорных	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
задних	—	—	—	0,16—0,25	0,16—0,25	0,16—0,25	—	—
упрочняющих фасок, ленточек	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	—	—
Параметр R_a необработанных поверхностей, мкм, не более	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

* Размер t служит для задания номинального положения вершины пластин, а предельные отклонения его являются предельными отклонениями от номинального положения вершины пластины.

** Предельные отклонения радиуса r могут быть использованы в той степени, которая обеспечит получение t в пределах допуска.

*** Для пластин со стружколомающими канавками и шлифованными ленточками.

4.19. Основные характеристики и область применения безвольфрамовых твердых сплавов

Марка	Состав	ρ , г/см ³	Твердость HRA	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	Область применения	Изготовитель
ГН20	TiC	5,5—6,0	90,0	1050	Чистовая и получистовая обработка низколегированных и углеродистых сталей, цветных металлов на основе меди, чугунов, никелевых сплавов, полиэтилена; области применения P01—P10	СССР
KHT16	TiCN	5,5—6,0	89,0	1200	Получистовая и получерновая обработка тех же материалов; области применения P10—P20	
T12A	TiN + TaN	7,1	1580 HV	1650	Обработка сталей; области применения P01—P15 (точение и фрезерование); обработка чугуна K01 (точение и фрезерование)	Фирма «Сумитомо» (Sumitomo, Япония)
T23A	TiN + TaN	7,3	1500 HV	1800	Обработка сталей; области применения P15—P30 (точение) и P10—P20 (фрезерование)	
X407	TiC + TaC	6,5	91—92	1500—1700	Точение и фрезерование стали в легких условиях (области P01—P15; M10—M20)	Фирма «Тошиба» (Toshiba, Япония)
№ 308	TiCN + WC + + TaC	7,0	92	1600—1800	Точение на средних, фрезерование на легких режимах; область применения P01—P20; M10—M25; K01—K10	
№ 350	(Ti; W; Ta) CN	7,0	92,5	1700—1900	Точение и фрезерование на средних режимах, области применения K10—K30; M10—M30; K10—K20	
СД-3	Ti (C, N)	6,02	93	1575	Чистовая обработка чугунов, сталей, жаропрочных сплавов с высокими скоростями	Фирма «Теледайн» (Teledyn, США)

4.20. Основные характеристики и область применения минералокерамики

Марка	Состав	ρ , г/см ³	Твердость HRA	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	Область применения	Изготовитель
ЦМ-322 ВЗ	Al_2O_3 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	3,96—3,98 4,5—4,7	До 2300 HV 93	350—400 650	Чистовая и получистовая обработка закаленных (30—50 HRC ₉) сталей, чугунов, цветных металлов на основе меди. Работа без удара	СССР
ВОК60 Кортинит	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiN}$	4,2—4,3 4,2	94 93	650 <750	Чистовая и получистовая обработка закаленных (45—60 HRC ₉) сталей, чугунов с малыми сечениями среза Получистовая и чистовая обработка чугунов, в том числе в условиях прерывистого резания, обработка жаростойких никелевых сплавов	
CC620 CC650 CC680	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiN} + \text{TiC}$ $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3$	— — —	— — —	— — —	Обработка чугунов с высокими скоростями резания, углеродистых и легированных сталей Чистовая обработка с охлаждением для уменьшения тепловых деформаций Черновая, прерывистая обработка чугунов, жаростойких никелевых сплавов	Фирма «Коромант» (Coromant, Швеция)

Марка	Состав	ρ , г/см ³	Твердость HRA	$\sigma_{\text{и}}$, МПа	Область применения	Изготовитель
CM1	Al ₂ O ₃	3,8	До 2200 HV	До 500	Получистовая и чистовая обработка чугуна ($v = 450$ м/мин; $h = s_z \sin \varphi \leq 0,2$ мм; припуск до 3 мм) Чистовая обработка чугунов и сталей ($v = 450 \pm 20$ % м/мин; $h = s_z \times \sin \varphi \leq 0,15$ мм; припуск до 0,5 мм)	Фирма «Вальтер» (Walter, ФРГ)
CM2	Al ₂ O ₃ + TiC	5,0	До 2400 HV	До 800		
Gem1	Al ₂ O ₃	3,97	91	700	Черновая и чистовая обработка чугунов и сталей (<32 HRC _a); резание непрерывное Черновая и чистовая обработка чугунов, сталей (<65 HRC _a), коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сплавов	Фирма (Гринлиф) (Greenleaf, Англия)
Gem3	Al ₂ O ₃ + TiC	4,3—4,45	93	840		
W80	Al ₂ O ₃	3,97—3,99	2400 HV	800	Чистовая обработка чугунов и сталей с высокими (до 800 м/мин) скоростями Высокоскоростное фрезерование чугунов, фрезерование на средних и высоких скоростях материалов повышенной твердости	Фирма «Сумитомо» (Япония)
NB90S NB90M	Al ₂ O ₃ + TiC Al ₂ O ₃ + TiC	4,35—4,3 4,35—4,4	3000 HV 2900 HV	950 900		
SN60	Al ₂ O ₃ + ZrO ₂	—	—	600	Черновое и чистовое точение чугуна, чистовое точение стали Черновая обработка стали, фрезерование чугуна Точение и фрезерование твердых материалов, фрезерование чугуна, тонкое фрезерование стали Черновое точение, фрезерование серого чугуна и материалов с высоким содержанием никеля	Фирма «Фельдмюле» (Feldmühle, ФРГ)
SN80	Al ₂ O ₃ + ZrO ₂	—	—	800		
SN1	Al ₂ O ₃ + TiC	—	—	500		
SL100	Al ₂ O ₃ + Si ₃ Ni	—	—	1000		

4.21. Форма и размеры пластин режущих сменных многогранных керамических (ГОСТ 25003—81 *)

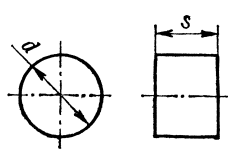
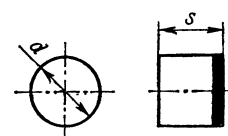
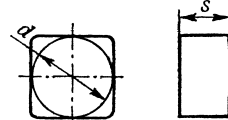
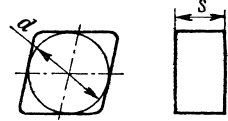
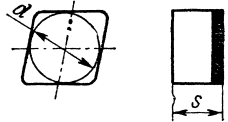
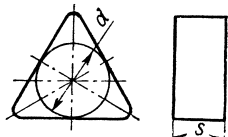
Наименование пластин, основные размеры, мм	Оснащаемый инструмент	Эскиз
Пластина правильной трехгранной формы $d \times s$: 6,35×3,18; 9,525×3,18; 9,525×4,76; 9,525×6,35; 12,7×4,76; 12,7×7,93	Токарные, проходные, подрезные и расточные резцы	
Пластина квадратной формы $l(d) \times s$: 9,525×3,18; 9,525×4,76; 12,7×4,76; 12,7×6,35; 15,875×4,76; 15,875×7,93; 19,050×6,35; 19,060×7,93	Токарные, проходные и расточные резцы, торцовые фрезы	
Пластина ромбической формы с углом 80° $d \times s$: 12,7×4,76; 12,7×7,93; 15,875×4,76; 15,875×7,93		
Пластина круглой формы $d \times s$: 6,350×3,18; 9,525×4,76; 9,525×7,93; 12,7×4,76; 12,7×7,93; 15,875×7,93	Торцовые фрезы, резцы	

4.22. Основные характеристики и область применения сверхтвердых синтетических материалов

Марка	Состав	Твердость HV, МПа	Область применения	Изготовитель
Эльбор Р (K01)	КНБ	До 80 000	Чистовая обработка закаленных сталей с HRC ₉ 40—63, чугунов	СССР
Гексанит K01, K10, K10Д	КНБ	60 000	Чистовая обработка закаленных сталей с HRC ₉ 40—68, чугунов, твердых сплавов	
Композит 05	КНБ + Al ₂ O ₃	45 000	Получистовая обработка чугунов, в том числе отбеленных и других материалов, дающих стружку надлома	
Силинит	Si ₃ N ₄ , Al ₂ O ₃ и другие добавки	До 96HRA	—	

Марка	Состав	Твердость HV, МПа	Область применения	Изготовитель
BN100 BN200	КНБ + До- бавки То же	До 45 000 » 35 000	Чистовая обработка за- каленных до HRC ₉ 68 ста- лей, получистовая (глуби- на 2,5 мм) и чистовая (глу- бина 0,5 мм) обработка вал- ков из отбеленного чугу- на	Фирма «Сумитомо» (Япония)
BX236 BX270 BX290	КНБ+TiC То же	До 45 000 35 000	Получистовая и чисто- вая обработка углероди- стых сталей, инструмен- тальных сталей, подшип- никовых сталей твердо- стью HRC ₉ > 45; обработ- ка без ударов То же, но с ударами, а также обработка быстроре- жущих сталей, чугунов, жаропрочных сплавов	Фирма «Тангалой» (Tungaloy, Япония)
Сиалон	$Si_3N_4 +$ $+Al_2O_3 +$ $+AlN$	—	Обработка чугуна, кор- розионно-стойких сталей с припусками до 12 мм	Фирма «Гринлиф» (Англия)
Ксион2000	$Si_3N_4 +$ $+Al_2O_3 +$ $+AlN$	—	Обработка чугуна, кор- розионно-стойких сталей с припусками до 12 мм	Фирма «Кеннаме- талл» (Ken- nometal, США)
Амборит	КНБ	—	Обработка чугунов, за- каленных сталей	Фирма «Дебирз» (De Beers), ЮАР)
АСВ; АСПК	Углерод	До 100 000	Обработка алюминия и алюминиевых сплавов, ла- туней, бронз, цинковых сплавов, пластмасс, твер- дой резины, графита, твер- дых сплавов, резины	СССР
Сумидиа ДА150 ДА200	Углерод + +добавки	—		Фирма «Сумитомо» (Япония)
Т-Диа	Углерод + + добавки	До 7000 по Кнупу		Фирма «Тошиба», «Тангалой» (Япония)
Диамант Компакс	Углерод »	До 8000 по Кнупу		Фирма «Дебирз» (ЮАР)

4.23. Форма и размеры пластин из синтетических сверхтвердых материалов (ТУ 2-035-808—81)

Наименование пластин, основные размеры	Эскиз
Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые круглой формы из композита 01 $d \times s = 3,6 \times 3,18$ мм; степень точности нормальная (U) и особо высокая (F) Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые круглой формы из композита 05 $d \times s$: 7×5; $7 \times 3,12$; $8 \times 3,15$; $9,52 \times 3,18$; $9,52 \times 3,97$; $12,7 \times 3,97$ мм; степень точности U и F (только пластины 7×5 мм) Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые круглой формы из композита 10 $d \times s = 8 \times 3,97$ мм; степень точности U	
Пластины режущие двуслойные сменные неперетачиваемые круглой формы из композита 10Д $d \times s$: $5,56 \times 3,97$; и $5,56 \times 3,18$ мм; степень точности U и F	
Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые квадратной формы из композита 05 $d \times s$: $5,56 \times 3,18$; $5,56 \times 3,97$; $4,76 \times 3,97$ мм; степень точности U	
Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые ромбической формы из композита 05 $d \times s$: $5,56 \times 3,18$; $5,56 \times 3,97$; $4,76 \times 3,97$ мм; степень точности U	
Пластины режущие двуслойные сменные неперетачиваемые ромбической формы из композита 10Д $d \times s$: $3,97 \times 3,18$; $3,97 \times 3,97$ мм; степень точности U	
Пластины режущие цельные сменные неперетачиваемые трехгранной формы из композита 05 $d \times s$: $5,56 \times 3,97$; $4,76 \times 3,18$; $3,97 \times 3,97$ мм; степень точности U	

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

К смазочно-охлаждающим технологическим средствам относят: смазочно-охлаждающие вещества и среды (СОС); жидкости (СОЖ), газы, пасты, твердые наполнители, обеспечивающие воздействие на процесс резания;

системы подвода СОС, наиболее эффективно влияющие на процесс обработки;

системы подготовки (в том числе очистки и восстановления технологических свойств) СОС.

5.1. Смазочно-охлаждающие вещества и среды

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Смазочно-охлаждающие жидкости разделяются на минеральные масла с различными присадками (антифрикционные, противозадирные, смачивающие, антипенные, антикоррозионные, бактерицидные), водные эмульсии, получаемые растворением в воде базового масла, эмульгатора, антифрикционных и других присадок, полусинтетические и синтетические СОЖ, не содержащие масел.

В табл. 5.1 приведены различные виды СОЖ, применяемые при обработке металлов резанием. В табл. 5.2 даны рекомендуемые марки СОЖ при обработке резанием различных материалов и на различных операциях, а в табл. 5.3 — то же при пластической деформации.

Кроме приведенных в табл. 5.1, ограниченное применение имеют водные растворы солей и поверхностно-активных веществ, а также керосин, смеси керосина с маслом, смеси минеральных масел с олеиновой кислотой и др.

Прочие смазочно-охлаждающие вещества. К ним относятся газовые и твердые вещества.

Газовые вещества применяют в виде чистых газов (углекислого, азота, кислорода, воздуха) или в смеси с частицами твердых или жидких смазок. Газы могут иметь нормальную или отрицательную температуру (до температур перехода в жидкостное состояние). В последнем случае увеличивается отвод тепла, охрупчивается поверхность изделий, что улучшает обрабатываемость, снижает тепловыделение.

5.1. Различные виды СОЖ, применяемые при обработке металлов резанием

Наименование и состав СОЖ	ГОСТ или ТУ
1,5—3 %-ная эмульсия из эмульсола Укри-нол-1	ТУ 38-101197—76
3—5 %-ная эмульсия из эмульсола Укри-нол-1	ТУ 38-101197—76
7—10 %-ная эмульсия из эмульсола Укри-нол-1	ТУ 38-101197—76
16—20 %-ная эмульсия из эмульсола Укри-нол-1	ТУ 38-101197—76
3—5 %-ная эмульсия из эмульсола Аквол-2	ТУ 38 УССР-201220—75
7—10 %-ная эмульсия из эмульсола Аквол-2	ТУ 38 УССР-201220—75
5—10 %-ная эмульсия из эмульсола ИХП-45Э	ТУ 38-101581—75
5—10 %-ная эмульсия из эмульсола РЗ-СОЖ8	ТУ 38-101258—74
2—5 %-ный раствор синтетической СОЖ Ак-вол-10	ТУ 38-40130—75
5—10 %-ный раствор синтетической СОЖ Аквол-10	ТУ 38-40130—75
3—5 %-ный раствор полусинтетический СОЖ Аквол-11	ТУ 38-40146—77
5—10 %-ный раствор полусинтетической СОЖ Аквол-11	ТУ 38-40146—77
10 %-ный раствор полусинтетической СОЖ НСК-5у	ТУ 38-001304—78
МР-1	ТУ 38-101247—79
МР-2у	ТУ 38 УССР-201205—77
МР-3	ТУ 38-УССР-201254—76
МР-4	ТУ 38-101481—76
ОСМ-3	ТУ 38-УССР-201152—75
ОСМ-5	ТУ 38-УССР-201249—76
ЛЗ-СОЖ2СО	ТУ 38-101115—75
ЛЗ-СОЖ2СИО	ТУ 38-101115—75
ЛЗ-СОЖ1ПО	—
ЛЗ-СОЖ1ПИО	ТУ 38-101116—75
ЛЗ-СОЖ1Т	ТУ 38-10185—75
И-12Т	ГОСТ 20799—75*
И-5А	ГОСТ 20799—75*
ВИ-4	ТУ 38-191308—72
Сульфифрезол	ГОСТ 122—84

Твердые смазочно-охлаждающие вещества применяют в виде добавок к газовым (частицы графита, дисульфита молибдена) в виде мазей, наносимых на поверхность инструмента, а также в виде пленочных покрытий (например, никель-фосфорные покрытия инструмента из быстрорежущих сталей) и порошков.

5.2. Рекомендуемые марки СОЖ при обработке

Технологическая операция	Обрабатываемый			
	Чугун	Конструкционная углеродистая сталь	Легированная сталь	
Обработка на автоматах	—	5—10 % МР-99; МР-1; МР-2у и ОСМ-3	15 % МР-99; МР-1; МР-2у; МР-4	
Точение, растачивание, отрезка	3 % Укринол-1; 5 % Аквол-10; 5 % Аквол-11	5 % Укринол-1; 5 % Аквол-11	5 % Укринол-1; 5 % Аквол-11	
Сверление, глубокое сверление	2—3 % Укринол-1; ОСМ-3; ОСМ-1; ОСМ-5	5 % Укринол-1; МР-1; МР-3; МР-2у; ОСМ-3	5 % Укринол-1; МР-1; МР-3; МР-2у	
Зенкерование, развертывание	2—5 % Укринол-1; ОСМ-1; ОСМ-3; ОСМ-5	5—10 % Укринол-1; ОСМ-3; МР-3	5—10 % Укринол-1; 5—10 % Аквол-11; МР-1; МР-3	
Нарезание резьбы метчиками	10 % Укринол-1; ОСМ-3; ОСМ-5	10 % Укринол-1; 10 % Аквол-10; МР-1; МР-2у	10 % Аквол-2; МР-1; МР-2у	
Нарезание резьбы плашками, гребенками, фрезами	ОСМ-1	ОСМ-3; ОСМ-5; МР-3	ОСМ-3; ОСМ-5; МР-1; МР-3; МР-2у	
Фрезерование плоскостей, уступов, канавок	3 % Укринол-1	5—8 % Укринол-1; 5 % Аквол-11	5—8 % Укринол-1; 5 % Аквол-11	
Зубофрезерование; зубодолбление, шлицефрезерование	ОСМ-3	5—10 % Укринол-1; ОСМ-3; МР-1; 15 % МР-99	5—10 % Укринол-1; МР-1; ОСМ-3; 15 % МР-99	
Протягивание	ОСМ-3	5—10 % Укринол-1; ОСМ-3; МР-99	5—10 % Аквол-11; ОСМ-3; МР-99	
Шлифование абразивное	5 % Аквол-11; 3 % Укринол-1; 5 % НСК-5; ОСМ-1; ОСМ-3	5 % Аквол-11; 3 % Укринол-1; ОСМ-3; ОСМ-1; 10 % ИХП-45Э	5 % Аквол-11; 5 % Укринол-1; ОСМ-3; МР-4	
Шлифование алмазное и эльборовое	3—5 % Аквол-11	3—5 % Аквол-10 (11); ОСМ-1; ОСМ-3	3—5 % Аквол-10 (11); ОСМ-3; ОСМ-1	
Алмазное хонингование	10 % НСК-5у; ОСМ-1; ВИ-4	10 % НСК-5у; ОСМ-1; ОСМ-3	10 % ИХП-45Э; ОСМ-1	

различных материалов на различных операциях

материал

Высоколегированные, жаропрочные, кислотоупорные, коррозионно-стойкие, жаростойкие, высокопрочные и инструментальные стали	Титан и сплавы на его основе	Медь и сплавы на ее основе	Алюминий и сплавы на его основе
20—25 % МР-99; МР-1; МР-4	МР-2у; МР-4	МР-2у	—
5—8 % Укринол-1; 5 % Аквол-2; 5—8 % РЗ-СОЖ8; 5 % Аквол-11; МР-1; МР-4	5 % Укринол-1; 5—8 % РЗ-СОЖ8; 5 % Аквол-10; 5 % Аквол-11; МР-2у; МР-4	2—3 % Укринол-1; МР-2у	3 % Укринол-1; МР-2у; МР-4
5—10 % Укринол-1; 5 % Аквол-2; 5 % Аквол-11; МР-4; МР-5; Укринол-14	5—8 % РЗ-СОЖ8; 5 % Укринол-1; МР-2у; МР-4	2—3 % Укринол-1; МР-2у	3—5 % Укринол-1; МР-2у; МР-4
10 % Аквол-2; 10 % Аквол-11; МР-2у; МР-4; МР-5	10 % Укринол-1; 10 % РЗ-СОЖ8; МР-2у; МР-4	МР-2у	10 % Укринол-1; МР-2у
10 % Аквол-2; 10 % Аквол-10; 10 % Аквол-11; МР-1; МР-4; МР-2у; Укринол-14; МР-99	МР-2у; МР-4; 100 % МР-99	МР-2у; 5 % Укринол-1	10 % Укринол-1; ОСМ-3; МР-2у
МР-1; МР-3; МР-4; Укринол-14; МР-99	МР-4; МР-99	МР-2у; 5 % Укринол-1	ОСМ-3
5—8 % Укринол-1; МР-1; МР-2у; 5 % Аквол-2	5 % Укринол-1; 5—8 % РЗ-СОЖ8; 5 % Аквол-11; МР-4	2—3 % Укринол-1; МР-2у	3 % Укринол-1
МР-1; МР-4; Укринол-14; 50 % МР-99	5—8 % РЗ-СОЖ8; МР-4	МР-2у	5—10 % Укринол-1
5—8 % Аквол-2; 5—10 % Аквол-11; МР-1; МР-4; МР-99	5—8 % РЗ-СОЖ8; МР-4	3 % Укринол-1; МР-2у	5—10 % Укринол-1; ОСМ-3
5 % Аквол-11; 3 % Укринол-1; Укринол-14; МР-4; МР-99	5 % РЗ-СОЖ8; МР-4	3 % Укринол-1; МР-2у	3 % Укринол-1
5 % Аквол-10 (11); 5 % Укринол-1; ОСМ-3; ОСМ-1; МР-1; Укринол-14	2—3 % Укринол-1; 5 % РЗ-СОЖ8	—	5 % Аквол-11
10 % ИХП-45Э; МР-4; ОСМ-1	—	—	МР-4

5.3. Рекомендуемые марки СОЖ при пластической деформации

Технологическая операция	Обрабатываемый материал				
	Конструкционная сталь	Легированная сталь	Коррозионно-стойкая сталь	Алюминий и сплавы на его основе	Медь и сплавы на ее основе
Холодная листовая штамповка, неглубокая вытяжка	Укринол-4; Укринол-3у; ШС-2	Укринол-4; Эмбол; ШС-2; ХС-170	Укринол-3у; ХС-170; ШС-2	Укринол-16у	Укринол-2у
Листовая штамповка на многопозиционных прессах-автоматах	Укринол-3у; 5—8 %-ная эмульсия; Эмбол	Укринол-2у; Укринол-3у	Укринол-3у	Укринол-16у	Укринол-2у
Холодная глубокая вытяжка	Укринол-23; ШС-2	Укринол-23; Укринол-3у; ШС-2	ХС-170	Укринол-16у	Укринол-2у
Вырубка, пробивка на универсальных прессах-автоматах	ХС-147	ХС-147	ХС-147	ХС-147; Укринол-3у	Укринол-2у
Холодная высадка на автоматах	Укринол-5/5	Укринол-5/5; МБО-41	МБО-41; Укринол-5/5	Укринол-5/5	Укринол-2у
Холодное выдавливание, холодная осадка	Укринол-5/5; Укринол-13	Укринол-5/5; МБО-41; Укринол-13	Укринол-5/5; Укринол-13	Укринол-5/5; Укринол-13	Укринол-2у
Профилирование, гибка, накатка	Укринол-11	Укринол-11	Укринол-11	Укринол-16у	—
Тепловая объемная штамповка (400 °С)	Укринол-13	Укринол-13	Укринол-13	Укринол-13	—
Резка труб на специальном оборудовании	ХС-11у	ХС-11у	ХС-11у	—	—

5.2. Способы подвода смазочно-охлаждающих средств (СОС)

Способы подвода СОС при лезвийной обработке. На рис. 5.1 приведены различные способы подвода СОС. Наиболее распространенными из них являются подвод СОС поливом зоны резания, струйно-напорное охлаждение под давлением, охлаждение распыленными жидкостями, импульсная подача жидкости, воздуха, газов. СОЖ может подаваться от индивидуальной или централизованной системы подвода. Основные технические данные насосов для подвода СОЖ приведены в табл. 5.4.

Подача СОЖ *поливом* зоны резания производится через регулирующее расход устройство и сопло, форма которого зависит от условий обработки. Например, при фрезеровании и зубофрезе-

5.4. Основные технические данные насосов для подвода СОЖ

Тип насоса	Подача насоса, л/мин	Давление, МПа	Высота всасывания, м	Частота вращения электродвигателя, с ⁻¹ (об/мин)	Мощность электродвигателя, кВт
<i>Индивидуальные системы подвода</i>					
1. Для водных СОЖ					
Центробежные:					
ПА-22	22	0,025	0,2	46,6	0,12
ПА-45	45	0,03	0,2	(2800)	0,18
П-90	90	0,035	0,3	46,6	0,6
П-180	180	0,04	0,3	(2800)	0,6
НЦВ	50—400	0,40	—	—	—
X14-2	12—200	0,025—0,08	0,1—0,3	46,6—47,5 (2800—2850)	0,08—0,5
2. Для масляных СОЖ					
Шестеренные	12—70	2,5	0,5	24,2	0,9—3,9
Г11-2				(1450)	
Пластинчатые	5—200	6,3	0,5	15,8/19	1,12—28
Г12-2				(950/1140)	
<i>Централизованные системы подвода</i>					
1. Для водных СОЖ					
Центробежные	75—6000	0,09—1,0	5—8	47,7/24,2	1—40
К и КМ				(2500/1450)	
ЗЦ	300—630	0,23—0,40	5	24,3	5—8
				(1460)	
Пд и По	420—6000	0,08—0,50	2—10	24,2	4,5—75
				(1450)	
2. Для масляных СОЖ					
Шестеренные	18—630	0,33—1,45	5—7	24,2	1,7—10
РЗ				(1450)	
Винтовые МВН	360—1500	25	5	24,3	21—83
				(1460)	

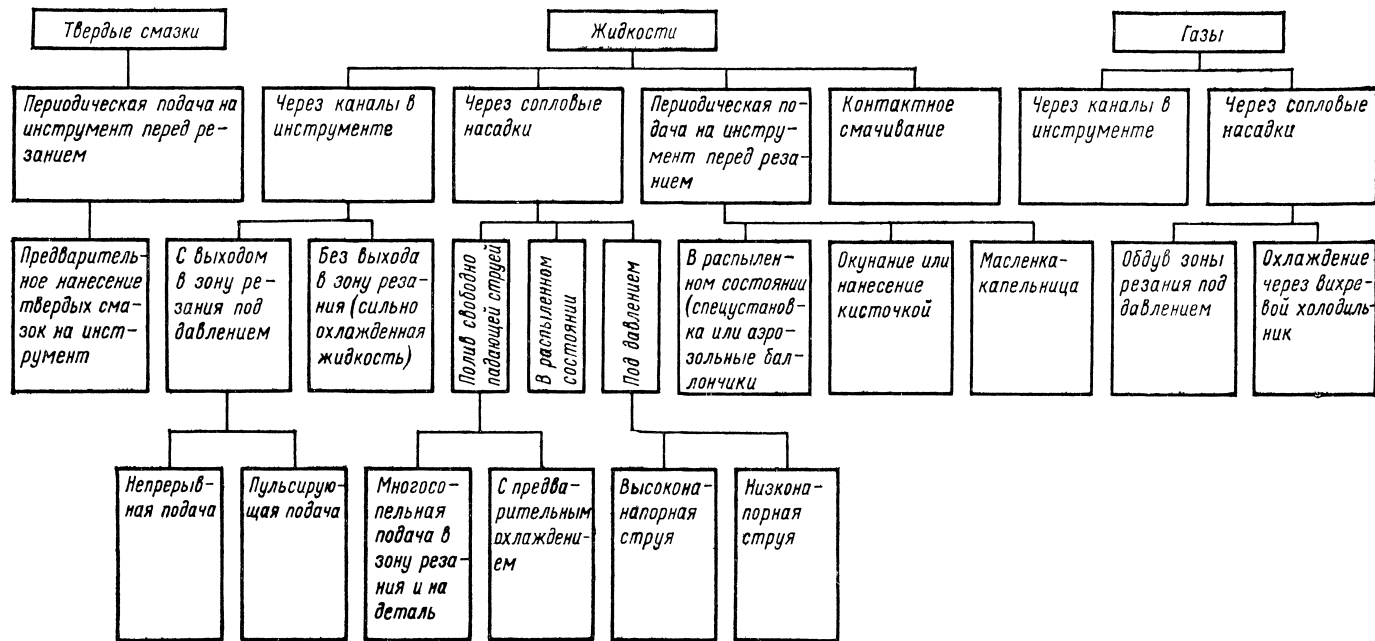


Рис. 5.1. Способы подвода СОС при лезвийной обработке

ровании струи СОЖ должна иметь прямоугольное сечение и перекрывать зону обработки. Эта форма струи создается формой сопла.

Подача СОЖ под давлением осуществляется по внутренним каналам инструмента с использованием специальных патронов. Повышенное давление жидкости способствует также удалению частиц стружки и металла из зоны обработки, что требует наличия специальных систем подготовки и очистки СОЖ. На рис. 5.2 представлены различные конструкции патронов для подвода СОЖ через внутренние каналы инструмента, а на рис. 5.3 приведена схема подвода и отвода СОЖ эжекторным способом. Дав-

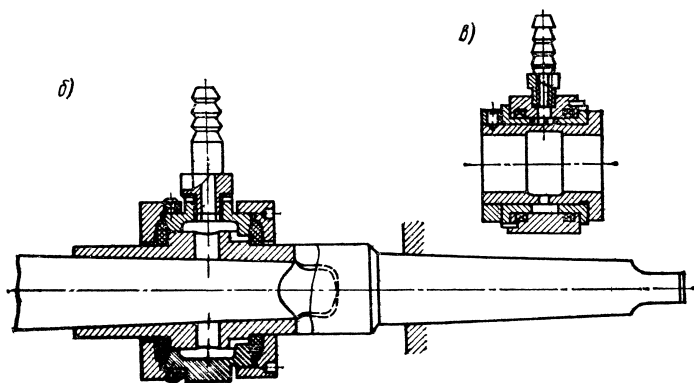
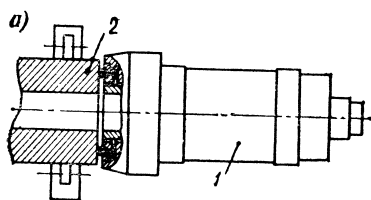


Рис. 5.2. Конструкции патронов для подвода СОЖ через корпус инструмента: а — БТА; б — для инструмента с конусом Морзе; в — для инструмента с цилиндрической или конической шайкой

ление жидкости 1,0—3,5 МПа, расход 100 л/мин. Жидкость подается в зазор между наружной и внутренней трубами в головке сверла, ее поток разделяется: часть через наружные отверстия головки поступает в рабочую зону, другая часть через отверстие во внутренней трубе — во внутреннюю полость внутренней трубы. По этой же полости удаляются из зоны резания жидкость и стружка. Эжекторный способ требует тщательной подготовки и очистки СОЖ, а также специальной геометрии режущей и стружколомающей частей сверла для формирования стружки определенной формы (при обработке вязких материалов). Из-за наличия двух труб и необходимости иметь достаточные объемы внутреннего канала и щели этот способ применяется при сверлении отверстий диаметром свыше 10 мм. К этому способу подачи СОЖ относится также и метод БТА, используемый при сверлении

отверстий диаметром свыше 6 мм специальными сверлами, трепанирующими головками. Этот метод предусматривает подвод СОЖ под высоким давлением через специальный патрон 1 (см. рис. 5.2, а), торец которого поджимается к торцу обрабатываемого изделия 2 через уплотнительный элемент, а жидкость подается от патрона через щель между трубой, на которой закреплено сверло, и обработанным отверстием. Отвод жидкости и стружки — через отверстие трубы и патрон. Давление СОЖ 1,0—6,0 МПа, расход жидкости 180 л/мин. Метод требует специальных устройств по подготовке и очистке СОЖ.

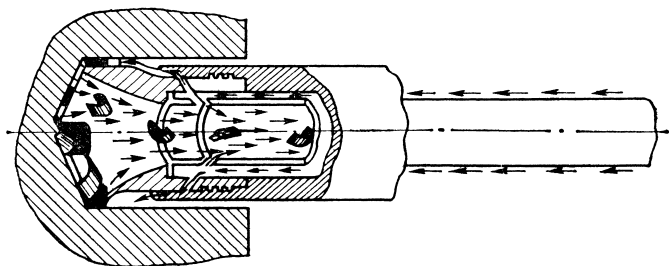


Рис. 5.3. Схема подвода и отвода СОЖ эжекторным способом

При *струйно-напорном* способе жидкость тонкой струей подводится в зону контакта инструмента с обрабатываемым изделием. Струю формирует сопло с отверстием до 0,8 мм, давление СОЖ более 1,5 МПа, расход 0,05—0,5 л/мин. Чтобы исключить засорение отверстий, необходима тщательная очистка СОЖ. При увеличении диаметра отверстий до 2—5 мм давление снижается до 0,05—0,2 МПа, требования к качеству очистки СОЖ снижаются, но и эффективность охлаждения также уменьшается.

Подача СОЖ в *распыленном состоянии* требует специальных устройств для подвода газа (обычно атмосферного воздуха) и распыления жидкости. Эффект охлаждения зависит от скорости струи, достигающей 300 м/с и более. Рекомендуемые значения параметров: давление сжатого воздуха 0,2 МПа, расход 1,5 %-ной эмульсии — до 400 г/ч, расход масла И-20А (И-124) до 3 г/ч (примером может служить универсальная установка модели УРС-75). При использовании этого способа необходимо следить за соблюдением санитарных норм на рабочих местах.

Подача СОЖ и воздуха (газа) комбинированным способом осуществляется на специальных установках или с применением устройств, обеспечивающих поочередную подачу СОЖ и воздуха в зону резания (рис. 5.4). Частота пульсаций в минуту 30—50.

Подача *воздуха или газа* осуществляется от имеющихся воздушных магистралей (подвод воздуха) или специальных установок через сопла на станке или отверстия в инструменте. Для повышения эффективности охлаждения зоны резания воздух или газ

охлаждают Сжатый воздух иногда охлаждают в специальных вихревых холодильниках непосредственно на станке до температур от -10 до -40 °С Сжиженный газ подается от установок или баллонов через сопла диаметром $0,25-0,3$ мм (при чистовой обработке) или $0,35-0,4$ мм (при черновой обработке) Расход $0,1-0,25$ кг/мин, давление 6 МПа Углекислый газ применяют в газообразном состоянии при условии тщательной вентиляции, обеспечивающей допустимое (до 1%) содержание его в воздухе

Способы подачи СОЖ при шлифовании.

Отличительная особенность процесса шлифования — работа на высоких скоростях, наличие защитных кожухов, отсутствие витой стружки При вращении шлифовального круга создаются потоки воздуха, циркулирующие под кожухом и в зоне обработки, что иногда используется как средство активизации

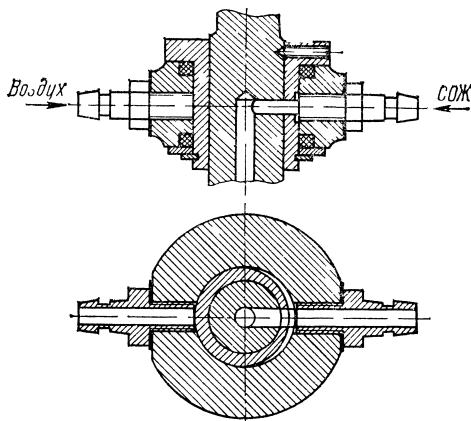


Рис 5 4 Патрон для пульсирующей подачи СОЖ и воздуха

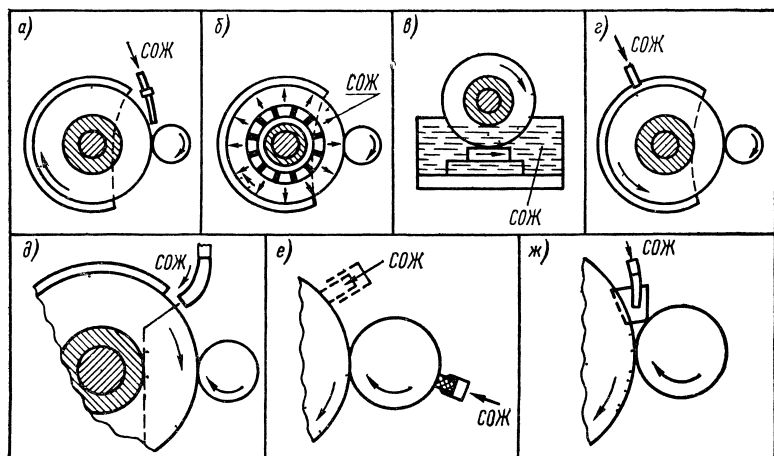


Рис 5 5 Схемы подачи СОЖ при шлифовании

действия СОЖ, но в большинстве случаев требует применения средств защиты зоны резания от этих потоков Разновидности способов подачи СОЖ при шлифовании и их эффективность приведены в табл 5 5, схемы подачи СОЖ — на рис. 5 5.

5.5. Способы подачи СОЖ при шлифовании и их эффективность

Номер способа	Способы подачи СОЖ	Действие СОЖ				
		сма- зоч- ное	охла- ждаю- щее	моющее по отношению		
				к кругу	к де- тали	к стан- ку
Основные						
1	Свободно падающей струей (поливом)	Н	У	Н	Х	Х
2	Напорной струей	У	Х	У	В	Х
3	В виде воздушно-жидко- стной смеси	Н	У/Н	Н	Н	Н
4	Через поры круга	В/Х	Н	У	Н	Н
5	В среде СОЖ	В	Х	У	У	У
6	Струйно-напорный вне- зонный	Х	В	В	Х/В	Х
7	С ультразвуковыми ко- лебаниями	Х	У	В	У	У
8	Контактный	В/Х	Н	Н	У	Н
9	Гидроаэродинамический	Х	В	Х/В	Х	Х
Комбинированные						
10	1-й (2-й) + 4-й	О	У	У	Х	Х
11	1-й (2-й) + 6-й	Х	В	В	В	В
12	1-й + 7-й	Х	У	В	Х	Х
13	1-й (2-й) + 8-й	О/Х	У	О	Х	Х
14	6-й + 8-й	О	В	В	Х/В	Х
15	1-й (2-й) + 9-й	Х	В	В/Х	В	В
16	8-й + 9-й	О	В	Х/В	Х	Х
17	1-й (2-й) + 6-й + 8-й и др.	О	В	В	В	В
Примечание. Условные обозначения при оценке действия СОЖ следующие: Н — незначительное; У — удовлетворительное; Х — хорошее; В — высокоэффективное; О — особо высокоэффективное						

Подача СОЖ *поливом* (рис. 5.5, а) — наиболее простой и распространенный способ. Расход СОЖ при работе со скоростями до 35 м/с должен быть не менее 8—10 л/мин на 10 мм длины контакта при круглом, наружном и внутреннем шлифовании, плоском шлифовании периферией круга, 3—6 л/мин — при бесцентровом шлифовании, 10—15 л/мин — при плоском шлифовании торцом круга. Давление СОЖ 0,02—0,03 МПа.

Подача СОЖ *напорной струей* осуществляется при давлении жидкости до 1—1,5 МПа, расходе до 10 л/мин на 1 кВт мощности. Широко применяется при обработке инструмента (глубинной вышлифовке канавок и спинок концевой инструмента, резьбошлифовании, заточке, отрезке и т. д.). Воздушно-жидкостное охлаждение применяется при заточке режущего инструмента на операциях для замены «сухой» обработки.

Подача СОЖ *через поры круга* (рис. 5.5, б) требует тщательной очистки СОЖ. Расход масла 3—5 г/мин на 10 мм высоты круга.

Обработка *в среде СОЖ или электролите* (рис. 5.5, в) применяется при плоском шлифовании периферией круга или ленточном шлифовании.

Напорный внезонный способ (рис. 5.5, г) предусматривает подвод СОЖ вне зоны обработки, под кожух. Одна или несколько струй под большим давлением пробивают воздушные потоки, очищают и смачивают поверхность круга и образуют масляную пленку.

Подача СОЖ *с наложением ультразвуковых колебаний* (рис. 5.5, д) осуществляется вне зоны обработки. СОЖ подается в зазор размером до 0,15—0,05 мм между магнитострикционным вибратором и кругом. При этом создается промежуточный слой — волновод, который воздействует на поверхность круга, способствует его очистке, а также активизирует процесс обработки (особенно электроалмазной).

Подача СОЖ *контактным способом* (рис. 5.5, е) обеспечивает непрерывное нанесение на поверхность заготовки вне зоны обработки активной смазки. Расход смазки 15—30 г/ч.

Подача СОЖ *гидроаэродинамическим способом* (рис. 5.5, ж) основана на использовании воздушных потоков, создаваемых вращающимся кругом. Под действием их повышается скорость движения СОЖ, что способствует активизации процессов очистки поверхности круга и отвода тепла из зоны обработки. Зазор между соплом и кругом не более 0,6 мм. Расход СОЖ 5—6 л/мин на 10 мм высоты круга.

Находят применение и комбинированные способы подвода СОЖ (см. табл. 5.5), из которых наиболее рациональным является 11-й способ.

Способы подвода СОС при обработке деформацией. Способы подвода СОС в рабочую зону при обработке деформацией определяются видом обработки и требованиями к используемым СОС, основными из которых являются смазочные, антифрикционные и антиокислительные свойства, способность сохранять свойства как при нормальной температуре (холодная деформация), так и при температурах горячей обработки (ковка, штамповка, прокатка).

При холодной деформации используются жидкие, твердые и нанесенные на поверхность инструмента СОС. Способы подвода жидких СОС аналогичны способам подвода СОС при резании. При «горячей» деформации СОС используют в виде порошков, паст, жидкостей. Твердые СОС применяют в виде паст или добавок к газообразным носителям. Пасты наносят на прессовую оснастку вручную или с использованием передаточных роликов, порошки — вручную или с добавками к газообразным носителям. При подводе СОС во время горячей деформации необходимо принимать

специальные меры для обеспечения санитарных норм на рабочем месте. Получает распространение метод покрытия инструментов пленками дисульфида молибдена и других веществ.

5.3. Способы и устройства подготовки и очистки СОЖ

Масляные, синтетические и полусинтетические жидкости хранятся 12 мес. со дня приготовления, эмульсолы Укринол-1, Аквол-2 — 6 мес. Температура хранения от -10 до $+40$ °С для всех СОЖ (для ИХП-45Э температура хранения $5-25$ °С). СОЖ марок МР-1, МР-2у, МР-3, МР-4, ОСМ-3, ОСМ-5, ЛЗ-СОЖ1Т, ЛЗ-СОЖ1ПО, ЛЗ-СОЖ1ПИО поставляются готовыми к применению. Остальные марки СОЖ перед применением должны быть приготовлены. Так, СОЖ на базе присадки ЛЗ-26СО (ЛЗ-СОЖ200; ЛЗ-СОЖ2СИО) добавляется в индустриальное масло при постоянном перемешивании. Эмульсии на базе Укринола-1, Аквола-2, ИХП-45Э, растворы на базе Аквола-10 и Аквола-11 готовятся заливкой базового концентрата в воду, эмульсия на базе РЗ-СОЖ8 — добавкой воды к концентрату, раствор на базе НСК-5у готовят в два этапа: сначала концентрат добавляют в воду в соотношении 1 : 3, перемешивают до образования однородной смеси, а затем эта смесь разбавляется оставшейся водой.

Вода не должна иметь грубодисперсных примесей, общая жесткость $2-7$ мг экв/л; $pH = 5,2 \div 7$; температура воды $15-30$ °С, содержание хлоридов не более $30-80$ мг/л, сульфатов — не более $150-300$ мг/л.

При подготовке СОЖ вводят присадки (бактерицидные и др.), используют различные технологические способы обработки воды (озонирование, обработка ультрафиолетовыми лучами, хлорирование). Необходимо тщательно соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии.

Регенерация и обезвреживание использованных СОЖ осуществляются путем отстаивания, термической, химической и электрокоагуляционной обработки.

Очистка СОЖ повышает качество обработки, стойкость инструмента, срок службы насосов, сокращает расход СОЖ, позволяет утилизировать остродефицитные материалы — вольфрам, кобальт (из отходов твердосплавных заготовок), алмаз. Качество очистки оценивается наибольшими размерами частиц механических примесей в СОЖ и их допустимым массовым содержанием.

При чистовой лезвийной обработке размер частиц не должен превышать 30 мкм, массовое содержание $0,4-0,5$ г/л, при тонкой лезвийной обработке — 10 мкм и $0,1-0,2$ г/л, при шлифовании кругами зернистостью 16 быстрорежущих и коррозионно-стойких сталей ($R_a < 0,2$ мкм) размер частиц и их массовое содержание могут быть в следующих соотношениях: 2 мкм и $0,13$ г/л; 5 мкм и $0,12$ г/л; 25 мкм и $0,1$ г/л.

Для очистки СОЖ применяются баки-отстойники, флотаторы, магнитные сепараторы, гидроциклоны, фильтры, центрифуги

5.6. Технические характеристики очистителей

Тип	Вид системы подачи СОЖ	Производительность известных очистителей, м ³ /ч	Размер зерна d_{50} , мкм	Размер граничного зерна $d_{гр}$, мкм	Степень очистки ε , %	Допустимая исходная загрязненность СОЖ $[C_{и}]$, г/л	Средний размер частиц шлама $d_{ш}$, ср. мкм	Материал шлама
Баки-отстойники	ИС ЦС	Зависит от емкости баков	12—30	Зависит от времени седиментации	Зависит от емкости баков и времени седиментации	Любая	—	Любой (кроме шлама легких сплавов)
Магнитные сепараторы	ИС ЦС	До 18 До 38	15—20 25—30	25—30 30—50	35—90 35—70	0,5—3 0,5—0,6	Любой	Ферромагнитный
Ленточные магнитные сепараторы	ИС ЦС	До 18	20—30	30—50	—	—	—	
Магнитные фильтры, патроны, уловители	ИС	До 24	—	5—10	70—80	—	—	
Флотаторы	ЦС	До 720	3—5	Удаляются частицы менее 15 мкм	Зависит от состава шлама	—	Не более 15	Любой

Тип	Вид системы подачи СОЖ	Производительность известных очистителей, м³/ч	Размер зерна d_{80} , мкм	Размер граничного зерна $d_{гр}$, мкм	Степень очистки ε , %	Допустимая исходная загрязненность СОЖ $[C_{и}]$, г/л	Средний размер частиц шлама $d_{ш}$, ср. мкм	Материал шлама
Центрифуги	ИС	10—90	2—3	1—5	До 98	5—8	Не менее 10	Любой (при удалении шлама легких сплавов качество очистки ухудшается)
Гидроциклоны, батареи гидроциклонов	ИС ЦС	До 18 Любая	3—5 7—10	5—10 10—15	90—95 До 90	До 8 2,5—3	5—15 10—15	Любой (кроме шлама легких сплавов)
Мешочные, сетчатые, пластинчатые фильтры	ИС	До 15	—	10—16	90—98	—	7—10	Любой
Ленточные фильтры	ИС ЦС	2,4—18	30—40	2—5 До 12—40	До 96	2—3	—	
Фильтры-прессы ФМБ; фильтры полосовые SBF фирмы SACK (ФРГ)	ЦС	360	25—30	15—40	До 98	2—3	30	
Фильтры с намывными слоями	ИС ЦС	До 9 До 48 (с кизельгуром); 3600 (без кизельгура)	— — —	0,3—3 3—5 15—20	90—99 90—97 —	0,3—0,5 0,3—0,5 —	4—7 4—7 —	

5.7. Технические характеристики устройств для очистки СОЖ

Устройство	Тип	Пропускная способность, л/мин	Тонкость очистки, мкм	Степень очистки, %	Вид очищае- мой СОЖ
Фильтр приемный сетчатый	С41-2 (ОСТ 2С41.1— 74)	2— 160	80— 160	50— 80	Водные и масля- ные СОЖ
Сепаратор магнит- ный	СМ-2МА СМ-3МА (ТУ 2 053.040— 70) СМ-4МА СМ-5МА	25 50 100 200	До 200	До 90	
	СМ-7	630		До 85	
	Фильтр магнитно- сетчатый	ФМС 12М ФМС 13М (ТУ 2.053.351— 70)		δ 16	
Фильтр магнит- ный	ФМ1— ФМ8	8— 400	5— 10	50— 80	
Патрон магнит- ный	Г42-1	—	Общая мас- са задержи- ваемых час- тиц 0,03— 0,4 кг	Радиус дей- ствия 20— 65 мм	
Гидроциклон	ХМ45-2 (ТУ 2.053 089— 75) Х45-3	50 50— 100	10— 15 5	60— 90 98	Водные СОЖ
	Фильтр-транспор- тер с бумажной лентой	МХ 44-2 (ТУ 2.053.454— 73)	25— 200	20— 30	
Фильтр много- ярусный автомати- ческий	ФМБ-5 ФМБ-10 ФМБ-20	800 1600— 2500 5000			
Фильтр полосовой	ФП-4	До 3000	До 20— 40	До 95	
Фильтр намывной	ФН-160	3000	До 5	До 98	Масля- ные СОЖ
Комплектная ус- тановка для подачи и очистки СОЖ на базе гидроциклонов ХМ45-2	Х35-15	200	—	—	Водные СОЖ

5.8. Технические характеристики холодильных установок

Модель	Холодопроизводительность, Дж/с (ккал/ч)	Пропускная способность, л/мин	Мощность, кВт
УПТ ХМ СОЖ4	1047,5—11 252 (900—9 700) 464 (400)	35—100 200	0,69—3,6 2,8

5.9. Технические характеристики теплообменников

Модель	Холодопроизводительность, Дж/с (ккал/ч)	Пропускная способность, л/мин	Поверхность охлаждения, м
МО	5 800—92 800 (5 000—80 000)	25—400	0,63—10
ТПР	—	200—400	3—320
Г44-2	1632—4524 (1450—3900)	35—100	1,7—5,1

(табл. 5.6). Основные характеристики выпускаемых для очистки СОЖ устройств приведены в табл. 5.7.

Иногда требуется регулировать температуру СОЖ (чистовое прецизионное шлифование) или охлаждать СОЖ при длительной эксплуатации. Для этого используют холодильные установки (табл. 5.8), теплообменники (табл. 5.9), выпускаемые централизованно, или различные устройства в виде радиаторов, змеевиков и других средств, по которым перемещается охлаждаемая или охлаждающая жидкость.

ОБЩИЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖУЩИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И СПОСОБЫ ИХ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА СТАНКАХ

Режущий инструмент закрепляется на стандартных оправках, непосредственно на концах шпинделей станков или с использованием специального вспомогательного инструмента. Вспомогательный инструмент закрепляется, как правило, на станках с ЧПУ.

6.1. Крепление инструментов на оправках

Металло- и дереворежущий инструмент (фрезы, развертки, зенкеры и т. д.) закрепляется на оправках несколькими способами. ГОСТ 9472—83 устанавливает три типа крепления инструмента на оправках (табл. 6.1):

- на цилиндрической оправке и осевой шпонке (тип 1);
- на цилиндрической оправке и торцевой шпонке (тип 2);
- на конической оправке и торцевой шпонке (тип 3).

Оправки для инструмента. Конструкции и основные размеры оправок для фрез, разверток и зенкеров приведены в табл. 6.2—6.5.

6.2. Концы шпинделей и оправок

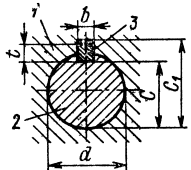
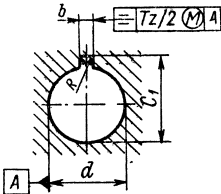
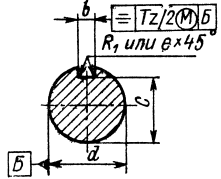
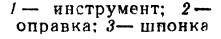
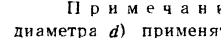
Концы шпинделей всех типов универсальных, сверлильных, расточных и фрезерных станков, в том числе с ЧПУ, с коническими посадочными поверхностями (кроме шпинделей с цанговым креплением инструмента) изготавливаются в восьми исполнениях по ГОСТ 24644—81*.

Исполнения 1—3 — с конусами Морзе и метрическими конусами (табл. 6.6 и 6.7); исполнение 4 — с внутренним и наружным конусами с конусностью 7 : 24 (табл. 6.8); исполнения 5—8 — с конусностью 7 : 24 (табл. 6.9).

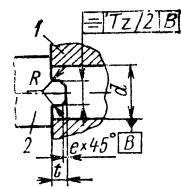
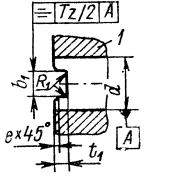
Концы шпинделей для сверлильных станков также изготавливаются с наружным укороченным конусом Морзе B10, B12, B18 по ГОСТ 9953—82 (см. далее табл. 6.18).

В табл. 6.10 приведены основные размеры шпонок для фрезерных станков. В табл. 6.11 — основные размеры концов шпинделей под цанги, в табл. 6.12 — гаек для концов шпинделей, в табл. 6.13, 6.14 — резьбовых концов шпинделей токарных и

6.1. Типы крепления инструментов на оправках, основные размеры, мм

Тип 1	Размеры	d (поля доп. ков Н7 или Н6, h6 или h5)													
		8	10	13	16	19	22	27	32	40	50	60	70	80	100
	b								8	10	12	14	16	18	25
	i (поле допуска h11)	2	3	4	5	6	7		7	8	8	9	10	11	14
	C (номинальное значение)	6,7	8,2	11,2	13,2	15,6	17,6	22,0	27,0	34,5	44,5	54,0	63,5	73,0	91
	C (предельное отклонение)														
	C1 (поле допуска H12)	8,9	11,5	14,6	17,7	21,1	24,1	29,8	34,8	43,5	53,5	64,2	75,0	85,5	107,0
	R _{min}		0,3		0,4		0,7		0,9		1,1		1,5		2,0
	R _{max}		0,4		0,6		1,0		1,2		1,6		2,0		2,5
	R _{1 min}			0,08			0,16				0,25				0,40
	R _{1 max} (e × 45°)			0,16			0,25				0,40				0,60
	Tz/2			0,07					0,09				0,12		

Примечания: 1 Допускается радиус R заменять фаской, равной $R_{\min} \times 45^\circ$. 2. Допускается вместо поля допуска h5 (для диаметра d) применять g5. 3. Предельные отклонения ширины b должны быть не более C11— для отверстия Н9 или Р9, Н9— для оправки короткой (консольной); Н11 или Р9, Н9— для оправки длинной (двухопорной) и h9 или e7— для шпонки 4. Допускается изготовлять шпоночный паз по ширине b с полем допуска B12, по высоте C1— Н14 (для отрезных и прорезных фрез, а также для фрез толщиной менее 6 мм)

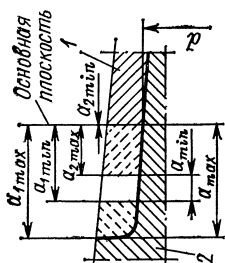
Тип 2	Размеры	d (поля допусков H7 или H6, h6 или h5)														
		5	8	10	13	16	19	22	27	32	40	50	60	70	80	100
 Исполнение 1	b (h11)	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25			
	b_1 (H11)	3,3	5,4	6,4	8,4	10,4	12,4	14,4	16,4	18,4	20,5	22,5	25,5	25,5		
	e (h11)	2,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,2	12,5	14,0	
 Исполнение 2	t_1 (H13)	2,5	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,2	12,5	14,0	16,0	
	$R_{\min}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0			
	$R_{\max}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0				
	$R_1 \min$	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0						
	$R_1 \max$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0							
	$e_{\min}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6							
	$e_{\max}$	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,9							

Примечания: 1. Допускается радиус R_1 заменять фаской, равной $R_1 \min \times 45^\circ$. 2. Допускается вместо поля допуска h5 (для диаметра d) применять g5.

Тип 3	Размеры	d															
		8	10	13	16	19	22	27	32	40	50	60	70	80	100		
	$d_{\min}$	0,3			0,4			0,5			0,6			0,8			
	$d_{\max}$	1,2		1,4		1,7			2,2			2,7			3,2		
	b (H12)	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25			
	b_1 (H13)	3,3	4,3	5,4	6,4	7,4	8,4	10,4	12,4	14,4	16,4	18,4	20,5	25,5			
	l (H13)	3,7	4,8	5,6	7,0	7,6	8,3	9,3	10,0	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5			
	i (H12)	3,5	4,6		6,7			7,7	8,8	9,8	11,0	12,0	17,0	14,0	15,0	16,0	
	$e_{\min}$	0,3		0,4		0,5			0,6		0,8		1,0		1,2		
	$e_{\max}$	0,5		0,6		0,7			0,8		1,0		1,3		1,5		
	$R_{\min}$	0,6			0,8			1,0		1,2		1,6		2,0		2,5	
	$R_{\max}$	1,65	2,15	2,70	3,20	3,70	4,20	5,20	6,20	7,20	8,20	9,20	10,25	12,75			
	$R_1 \max$	0,3		0,4		0,5			0,6		0,8		1,0		1,2		
	$T_z/2$	0,06			0,08			0,10			0,12			0,15		0,20	

Размеры	<i>d</i>							
	8; 10	13; 16	19; 22; 27	32; 40; 50	60; 70; 80			
<i>a</i> min	0,3		0,4	0,5	0,6			
<i>a</i> max	1,2	1,4	1,7	2,2	2,7			
<i>a</i> ₁ min	0,8	0,9	1,1	1,4	1,8			
<i>a</i> ₁ max	1,2	1,4	1,7	2,2	2,7			
<i>a</i> ₂ min			0					
<i>a</i> ₂ max	0,50	0,60	0,70	0,90	1,17			

Схема расположения полей допусков конического отверстия и оправки для крепления инструмента по 3-му типу



1 — инструмент; 2 — оправка

шлифовальных (с наружным базирующим конусом) станков. Основные размеры концов шпинделей с конусами Морзе приведены в табл. 6.15.

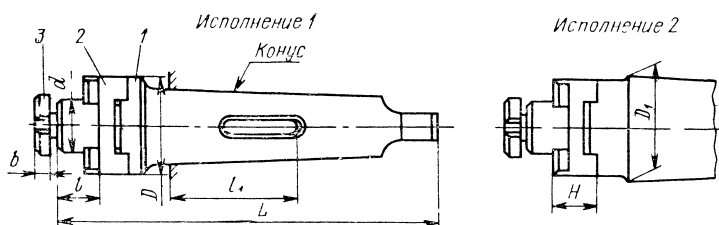
Концы оправок с конусами Морзе и метрическими для сверлильных и расточных станков изготавливаются в трех исполнениях, для фрезерных станков — в одном исполнении (табл. 6.16). Основные размеры концов оправок конусностью 7:24 для сверлильных, расточных и фрезерных станков приведены в табл. 6.17.

6.3. Конструктивные элементы режущих и вспомогательных инструментов

Режущие и вспомогательные инструменты характеризуются общими конструктивными элементами в виде наружных и внутренних конусов, центровых отверстий, квадратов, лысок и др. Все эти элементы стандартизованы. В табл. 6.18—6.25 приведены основные размеры конусов, их центровых отверстий и требования к точности изготовления отдельных элементов формы конических поверхностей и углов конуса.

Основные размеры квадратов, квадратных отверстий и хвостовиков инструментов с лыской приведены в табл. 6.26—6.27.

6.2. Основные размеры оправок с торцевой шпонкой и коническим хвостовиком с лапкой для торцовых фрез* (ГОСТ 13041—83), мм



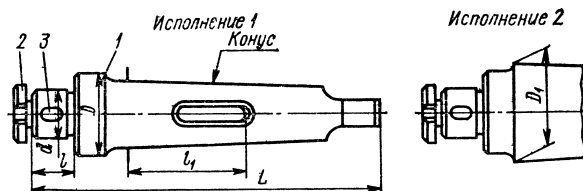
1 — корпус; 2 — поводок (ГОСТ 13038—83); 3 — винт

Исполнение	Обозначение ко-нуса	d	D	L	l	l ₁	D ₁	Поводок (d × H)	Винт (номинальный диаметр × высота головки винта b)
1	Морзе № 4	22	40	165	18	58,5 (60)	—	22 × 18	M10 × 7
		27	50	175	20	58,5 (60)		27 × 22	M12 × 8
		32	60	190	22; 26; 32	58,5 (60)		32 × 36; 32 × 32	M16 × 9
		40	70	200	26; 32	58,5 (60)		40 × 36; 40 × 30	M20 × 10
	Морзе № 5	27	50	210	20	63,5 (75)	—	27 × 22	M12 × 8
		32	60	225	22; 26; 32	63,5 (75)		32 × 36; 32 × 32; 32 × 26	M16 × 9
		40	70	235	26; 32	63,5 (75)		40 × 36; 40 × 30	M20 × 10
		50	90	245	28; 32	63,5 (75)		50 × 42; 50 × 38	M24 × 10 (P = 60)
2	Морзе № 6	32	60	290	22; 26; 32	57 (85)	63,8	32 × 36; 32 × 32; 32 × 26	M16 × 9
		40	70	300	26; 32	57 (85)		40 × 36; 40 × 30	M20 × 10
		50	90	310	28; 32	57 (85)		50 × 42; 50 × 38	M24 × 10 (P = 60)
2	Метри-ческий 80	32	60	300	22; 26; 32	64 (100)	80,4	32 × 36; 32 × 32; 32 × 26	M16 × 9
		40	70	310	26; 32	64 (100)		40 × 36; 40 × 30	M20 × 10
		50	90	320	28; 32	64 (100)		50 × 42; 50 × 38	M24 × 10 (P = 60)

Примечание. В скобках (графа l₁) даны размеры для станков, выпущенных до 1974 г.

* Для расточных станков.

6.3. Основные размеры оправок с продольной шпонкой и коническим хвостовиком с лапкой для торцовых фрез * (ГОСТ 13042—83), мм



1 — корпус; 2 — винт (ГОСТ 13039—83); 3 — шпонка (ГОСТ 22360—77)

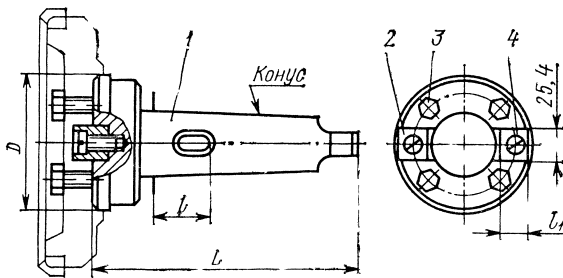
Исполнение	Обозначение конуса	d	D	L	l	l_1	D_1	Шпонка	Винт (номинальный диаметр резьбы $\times$ высота головки винта b)
1	Морзе № 4	16	36	160	16	58,5 (60)	—	4×4×10	M8×6
				175	28			4×4×22	
				160	18			6×6×14	M10×7
		22	40	180	36			6×6×32	
				170	22			7×7×16	M12×8
				190	45			7×7×40	
		32	46	170	26			8×7×20	M16×9
				210	60			8×7×56	
2	Морзе № 5	16	36	190	16	63,5 (75)	44,7	4×4×10	M8×6
					18			6×6×14	M10×7
				210	36			6×6×32	
		27	40	200	22		—	7×7×16	M12×8
				220	45			7×7×40	
		32	46	210	26			8×7×20	M16×9
				240	60			8×7×56	
		40	56	210	28			10×8×22	M20×10
				240	60			10×8×56	
2	Морзе № 6	27	40	260	22	57 (85)	63,8	7×7×16	M12×8
				280	45			7×7×40	
		32	46	260	26			8×7×20	M16×9
				300	60			8×7×56	
		40	56	270	28			10×8×22	M20×10
				300	60			10×8×56	

Исполнение	Обозначение конуса	d	D	L	l	l_1	D_1	Шпонка	Винт (номинальный диаметр резьбы X высота головки винта)
2	Метрический 80	32	46	280	26	64 (100)	80,4	8×7×20	M16×9
				310	60			8×7×56	
		40	56	280	28			10×8×22	M20×10
				310	60			10×8×56	

Примечание. В скобках даны размеры для станков, выпущенных до 1974 г.

* Для расточных станков.

6.4. Основные размеры оправок с торцевой шпонкой и крепежными болтами для торцовых фрез * (ГОСТ 13043—83), мм



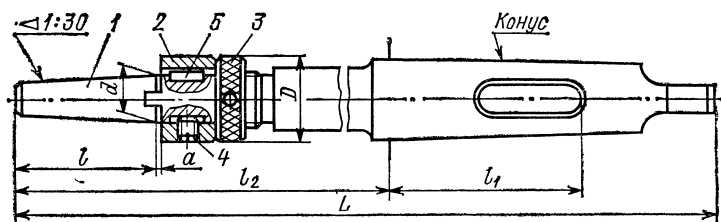
1 — корпус; 2 — шпонка; 3 — болт (ГОСТ 7805—70*);
4 — винт (ГОСТ 1491—80*)

Обозначение конуса	D	L	l	Шпонка l_1	Болт	Винт
Морзе № 6	128,57	270	57 (85)	26	M16 $\times$ 55.66.05—8g	В M10—8g $\times$ 30.66.05
Метрический 80		280	64 (100)			
Метрический 100		320	70 (112)			
Метрический 120	221,44	375	76 (130)	46	M20 $\times$ 60.66.05—8g	

Примечание. В скобках даны размеры для станков, выпущенных до 1974 г.

* Для расточных станков.

6.5. Основные размеры оправок для насадных разверток и зенкеров *
(ГОСТ 13044—85), мм



1 — корпус; 2 — поводок; 3 — гайка; 4 — винт (ГОСТ 1477—75);
5 — шпонка (ГОСТ 23360—78)

Обозначение конуса	d	D	L	l	l ₁	l ₂	a	Гайка	Винт	Шпонка
Морзе № 3	13	23	250	28; 40	55,5 (55)	156,0	1,6	M16 × 1,5	M6 × 8.56.05	3 × 3 × 10
	16	28	280	30; 45		186,0		M20 × 1,5		4 × 4 × 12
Морзе № 4	19	34	300	34; 50	58,5 (60)	182,5	2,0	M22 × 1,5	M6 × 10.56.05	5 × 5 × 14
	22	38	320	38; 58		202,5		M27 × 1,5		6 × 6 × 16
	27	45	350	56; 65		232,5		M30 × 1,5 **		
Морзе № 5	32	55	380	60; 75	63,5 (75)	230,5	2,5	M36 × 1,5 **	M8 × 12.56.05	8 × 7 × 20
	40	65	400	65; 85		250,5		M45 × 1,5 **	M8 × 12.56.05	10 × 8 × 22
	50	80		65; 95				M56 × 2 **	M8 × 14.56.05	12 × 8 × 32
Морзе № 6	60	90	450	75	57 (85)	240,9	3,2	M64 × 2 **		14 × 9 × 36
Метрический 80	50	80		65; 95	64 (100)	230,0	2,5	M56 × 2 **		12 × 8 × 32
	60	90		75		200	3,2	M64 × 2 **	14 × 9 × 36	
	80	120	100	M85 × 2 **				M8 × 20.56.05	18 × 11 × × 50	

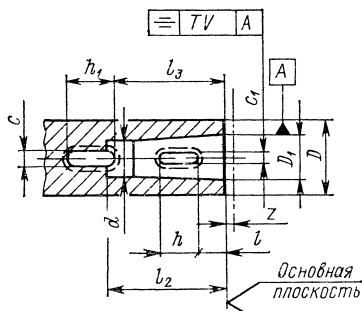
Примечания. 1. Оправки применяются на сверлильных и расточных станках. 2. В скобках даны размеры для станков, выпущенных до 1974 г.

* Для сверлильных и расточных станков.

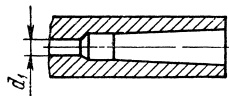
** Гайки, изготовленные по ГОСТ 13040—67 *.

6.6. Основные размеры концов шпинделей с конусами Морзе и метрическими конусами *

Исполнение 1
(при установке хвостовика
инструмента с лапкой)



Исполнение 2
(при установке хвостовика
инструмента с резьбовым отверстием)



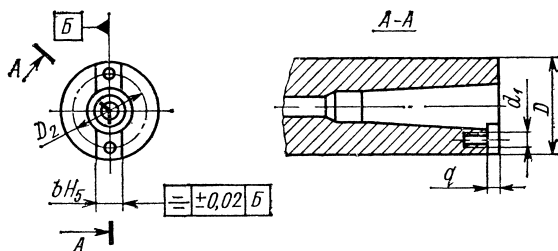
Размеры, мм		Обозначение конуса									
		Морзе					Метрический				
		3	4	5	6		80		100	120	160
D	1-й ряд	45	60	80	100	125	125	160	200	250	320
	2-й ряд	50	65	90	110	—	—	—	—	220	—
l		28,5					30,0				40,0
c ₁	Номинальное значение	8,3		13,0	16,3		19,0		26,0	32,0	38,0
	Предельное отклонение	+0,50 +0,28		+0,56 +0,29		+0,63 +0,30		+0,70 +0,31			
h		36,5	39,5	44,5	38,5		44,0		52,0	60,0	76,0
V		0,2							0,3		0,4

Примечания: 1. Размер D по первому ряду является предпочтительным. 2. Размеры D₁, d, d₁, l₂, l₃, c, h₁ и z — по СТ СЭВ 147—75.

* Для сверлильных и расточных станков.

6.7. Основные размеры кондов шпинделей с метрическим конусом и торцевой шпонкой, мм

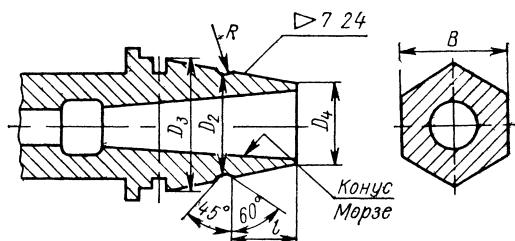
Исполнение 3



Обозначение конуса	D	D_2 , не менее	d_1 , не менее	g , не менее	b (поле допуска Н5)
Метрический 120	220	180	M10	40	40
Метрический 160	320				

6.8. Основные размеры концов шпинделей с внутренним конусом Морзе и наружным конусом 7 : 24, мм

Исполнение 4



Конус Морзе	D_4	D_2	D_3	B	l (предельное отклонение $+0,1$)	R
2	31,84	32,8	42	36	18	1,5
3	48,33	50,0	60	50	20	

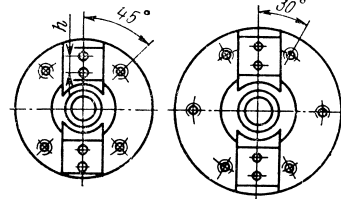
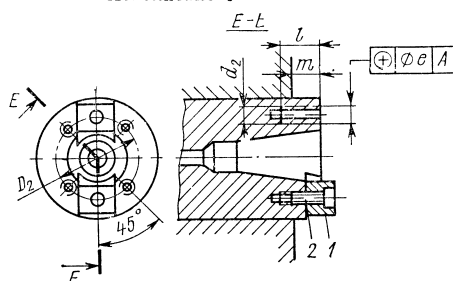
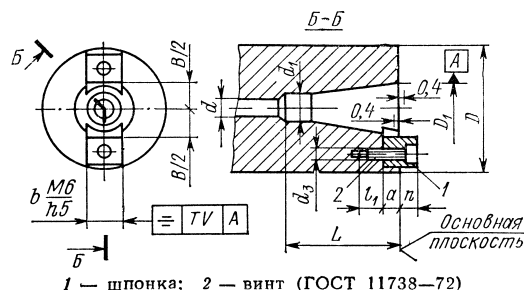
6.9. Основные размеры конюсов шпинделей конусностью 7 : 24, мм

Исполнение 5 *

Исполнение 6 **

Исполнение 7

Исполнение 8



D				Обозначение конуса	D ₂ (поле до- пуска i _S 12)	d, не менее	d ₁ (поле до- пуска H12)	d ₂	d ₃	L, не менее	l, не менее	l ₁	a	m, не менее	n	B/2, не менее	b		Винт (поз. 2)	h	V	e	
Для станков			4-й ряд (h5)														Паз (M6)	Шпонка (поз. 1)					
сверлиль- ных, рас- точных		фре- зер- ных																					
1-и ряд	2-й ряд																						3-и ряд
—	50	70	69,832	30	54,0	17	17,4	M10	M6	73	16	9	8,0	12,5	8,0	16,5	15,9	M6×16	—	0,03	0,15		
—	65	90	88,882	40	66,7		25,3			100	20			16,0		23,0							
80	90					100	101,600	45	80,0	21	32,4	M8	120	13	9,5	18,0	9,5	30,0				19,0	M8×20
100	—	125	128,570	50	101,6	27	39,6	M16	M10	140	25	18	12,5	19,0	12,5	36,0	25,4	M10×30				22	0,04
125	110	150	152,400	55	120,6		50,4			178	30			25,0		48,0							
160	—	220	221,440	60	177,8	35	60,2	M20	220	220	30	38,0	61,0										
200	—	335	335,0	70	265,0	42	92,9	M24	M12	315	36	24	20,0	50,0	20,0	90,0	32,0	M12×45	30		0,25		
250	220																						
320	—																						

Примечания: 1. Для сверлильных и расточных станков (1-й и 2-й ряды) значения d_2 не регламентируются. 2. Значения D_2 приведены для фрезерных станков (3-й ряд). Для сверлильных и расточных станков — из конструктивных соображений как для исполнения 3. 3. Резьбовые отверстия d_2 для станков с ЧПУ допускается не применять. 4. Допускается концы шпинделей изготавливать с размером D по 4-му ряду (по согласованию с потребителем). 5. На рисунках 1 — шпонка; 2 — винт (ГОСТ 11738—84).

* С конусами от 30 до 70 — для сверлильных и расточных станков, с конусами 30, 40, 45 и 50 — для фрезерных станков.

** С конусами 50 и 55 — для расточных и фрезерных станков.

6.10. Основные размеры шпонок для фрезерных станков, мм

	Конус конца шпинделя	b (h5)	l , не более	l_1	H	H_1	H_2	d	d_1	a, a_1
	30	15,9	17		6		16	7	12	1
	40		20							
	45	19,0	—	8	—		19	9	14	
	50									1,5
	55	25,4	26		10		25	11	17	
	60		46	12,0		22				
	70	32,0	68	19,0	12	30	40	13	20	

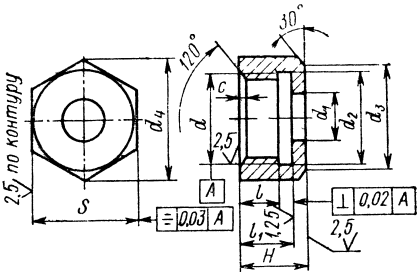
Примечания: 1. Размеры a_1 и H_2 допускается увеличивать на одно и то же значение для станков с ЧПУ. 2. В пределах габарита (значение D по табл. 6.9) размер l допускается увеличивать. 3. Твердость 36—40 HRC₃.

6.11. Основные размеры концов шпинделей под цанги, мм

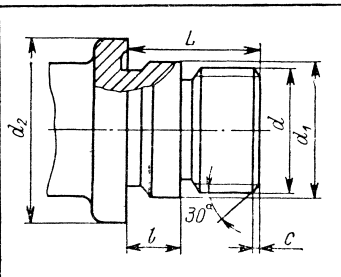
Наибольший диаметр сверла, закрепляемого в цанге	d (предельное отклонение — 0,1)	d_1 (поле допуска по 6g)	d_2	d_3 (поле допуска по H6)	d_4	d_5	d_6 (поле допуска по H7)
3	9	M12×1,25	6,2	6	6,5	5	M4
6	15	M22×1,5	10,2	10	10,5	9	M8
10	18	M30×1,5	14,2	14	14,5	13	M12

Наибольший диаметр сверла, закрепляемого в цанге	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	s (предельное отклонение — 0,2)
3	32	12	8	2	6	7	8	10
6	50	20	12	3	10	10	10	17
10	60	26	15	3	12	15	12	22

6.12. Основные размеры гаек для концов шпинделей под цанги, мм

										
Наибольший диаметр сверла, закрепляемого в цанге	d (поле допуска по Н7)	d_1	d_2	d_3	d_1 , не менее	H	l	l_1	s (поле допуска по h12)	c
3	M12×1,25	6	12,5	18	21,1	10	6	8	19	0,6
6	M22×1,5	11	22,5	25	31,2	14	8	11	27	1,0
10	M30×1,5	15	30,5	34	40,3	20	12	16	36	1,0

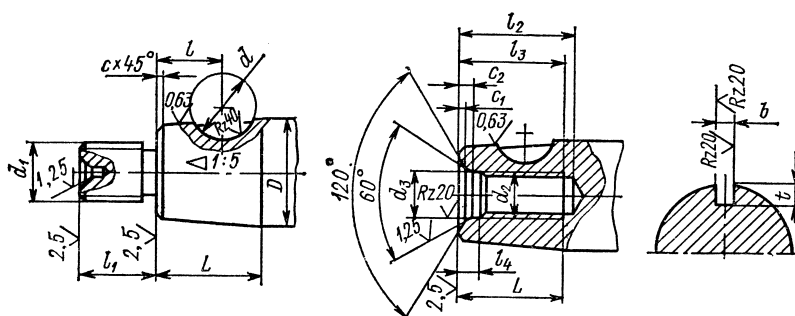
6.13. Основные размеры резьбовых концов шпинделей токарных станков (ГОСТ 16868—71*), мм

	d	d_1 (поле допуска по Н7)	d_2 (поле допуска по Н12)	L	l	c
	M20×2,5	21	30	20	7	1,6
	M27×3	28	38	26	10	1,6
	M33×3,5	35	45	32	11	2
	M39×4	40	50	35	14	2
	M45×4,5	48	60	40	15	2
	M52×5	55	70	45	17	2
	M60×5,5	62	78	50	19	2

Примечания: 1. Резьба — по СТ СЭВ 182—73, поле допуска 6g— по ГОСТ 16093—81. 2. Канавка для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820—69*; допускается взамен канавки выполнять переходный радиус 1,5 мм. 3. Для делительных универсальных головок отклонение размера d_1 —по h6.

6.14. Основные размеры концов шлифовальных шпинделей с наружным базировочным конусом (ГОСТ 2323—76*), мм

Тип 1

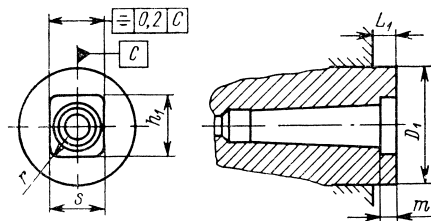


D	d	d ₁	d ₂	d ₃	L		l	l ₁
					Тип 1	Тип 2		
10	—	M6	M5	5,5	10	—	—	10
12		M8	M6	6,5	12			12
16		M10	M8	8,5	16			18
20		M12			20			
25	16	M16	M10	10,5	25	16	24	24
32	19		M12	12,5	32	20		
40	22	M24	M16	17,0	40	25	36	36
50	25				50	32		
65	28	M36×3	M24	25,0	65	40	50	50
80	32				80	50		
100	38	M48×3	—	—	100	—	65	60
125					125	—	80	

D	l_2	l_3	l_4	t (поле допу- ска по Н10)	b (поле до- пуска по Р9)	c	c_1	c_2
10	14	12	3,0	—	—	0,2	0,15	1,0
12	17	15	3,5			0,3		1,2
16	24	22	4,5			0,6	0,2	2,0
20								
25	35	32	6,0	5,5	3	1,0	0,6	4,0
32				6,0	4		0,8	
40	45	42	8,0	7,2	5	1,6	1,0	5,0
50				7,8	6			
65	65	62	11,0	8,8	6	1,6	1,6	6,5
80				10,5	8	2,0		
100	—	—	—	—	10	2,0	—	—
125								

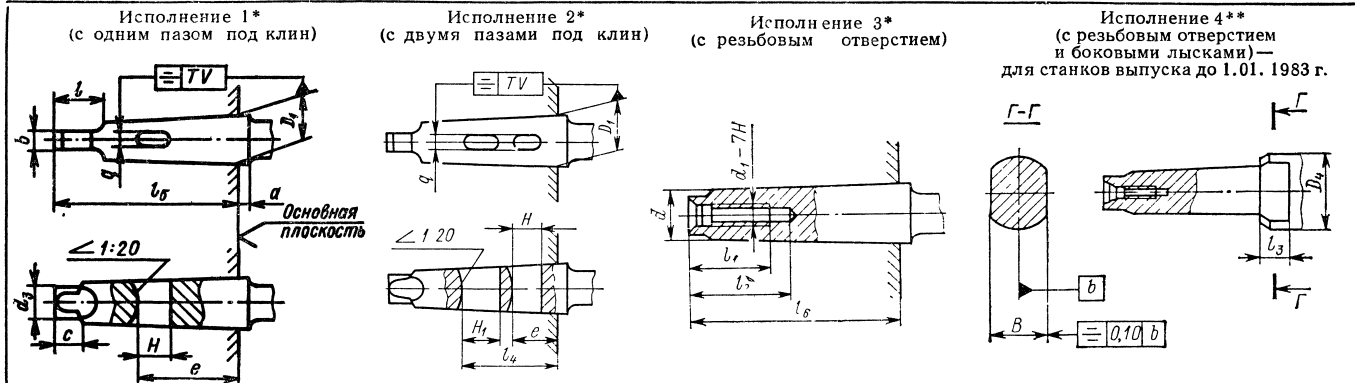
Примечания. 1. Концы шлифовальных шпинделей с наружным базисующим конусом применяют для посадки фланцев шлифовального инструмента. 2. При балансировочном механизме, встроенном в шпиндель, допускается применять шлифовальные шпиндели с концами, отличающимися от установленных в данном стандарте. 3. Резьба — по СТ СЭВ 182—75; допуск на наружную резьбу 6g, на внутреннюю — 6H (ГОСТ 16093—81). 4. Размеры центровых отверстий для концов с наружной резьбой — форма В или R (ГОСТ 14034—74 *). 5. Допускается уменьшение не более чем в 2 раза длины фасок c_1 и c_2 центрального отверстия с углом 60°. 6. Направление резьбы должно быть противоположным направлению вращения шпинделя. 7. Сегментные шпонки по ГОСТ 24071—80 *. Допускается крепить фланцы на шпинделе без шпонки. 8. Допускается размер L увеличить в 1,25 раза.

6.15. Основные размеры концов шпинделей с конусами Морзе [конус по ГОСТ 25557—82 (СТ СЭВ 147—75), мм]



Обозначение конуса	D_1 (поле допуска по h9)	m	S (поле допуска по Н12)	h_1 (наименьший)	r	L_1 , не менее
3	50; 60	10	24	42	6	10
4	70; 80	12	32	47	8	12

6.16. Основные размеры концевых оправок с конусами Морзе и метрическими конусами, мм



Обозначение конуса		D	B (b12)	H		H ₁	g			l		l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	d ₁	v
				1-й ряд	2-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	Предельные отклонения	1-й ряд	2-й ряд						
Морзе	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	15	10	—	M5	0,2
	1	—	—									16	20			M6	
	2	24	19	24	34		M10										
	3	40	24	33,5	30		8,3	6,6	+0,50	55,5	55	28	36			M12	
	4	46	32	36,5	35			8,2	+0,28	58,5	60	32	40			15	
	5	—	—	41,5	40		13,0	12,2	+0,56	63,5	75	40	50			M20	
6	—	—	35,5	40	47	16,3	16,2	+0,29	57,0	85	50	62	114,1	M24			
Метрический	80	—	—	43,0	45	54	19,0	19,3	+0,63	64,0	100	65	80	—	128,0	M30	0,3
	100			51,0	52	61	26,0	26,3	+0,30	70,0	112	80	96		155,0	M36; трап. 30×6, кл. 3 лев.	
	120			59,0	60	68	32,0	32,3	+0,70	76,0	130		96		125		
	140 ***			—	68	—	38,0	—	+0,31	—	144	96			125	—	
	160			75,0	—	82	—	—	—	98,0	—	100	116		207,0		
	200 ***	—	86	—	—	56,3	+0,80 +0,34	—	196	—	—	—	0,4				

Примечания: 1. Размеры H, g и l 1-го ряда — для станков, выпущенных с 1974 г., 2-го ряда — до 1974 г. 2. Размеры D₁, d, d₃, e, l₅, l₆, b и c — по СТ СЭВ 147—75. 3. Твердость 48—56 HRC₃.

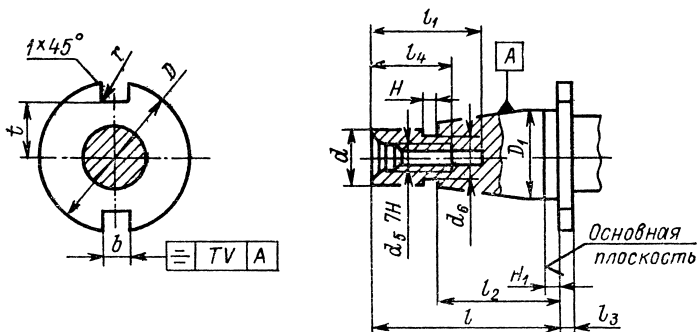
* Для сверлильных и расточных станков.

** Для фрезерных станков.

*** Для станков, выпущенных до 1974 г.

6.17. Основные размеры кондов оправок конусностью 7 : 24, мм

Исполнение 5 *



Обозначение конуса	D	d (all)	d ₅	d _e	H	H ₁ (предельные отклонения ±0,4)	l	l ₁
30	50	17,4	M12	16,5	3	1,6	70	50
40	63	25,3	M16	24	5		95	70
45	80	32,4	M20	30	6	3,2	110	
50	100	39,6	M24	38	8		130	
55	130	50,4		48	9		168	
60	160	60,2	M30	58	10		210	110
70	250	92,9	M36	90	14	4,0	300	160

Обозначение конуса	l ₂	l ₃	l ₄ , не менее	f (предельное отклонение — 0,5)	r, не более	b (H12)	v
30	50	8	24	16,2	—	16,1	0,06
40	67	10	30	22,5	1		
45	86		38	29,0		19,3	
50	105	12	45	35,3	2	25,7	0,1
55	130			45,0			
60	165		56	60,0			
70	256	16	70	86,0		32,4	0,15

Примечания: 1. Допускается увеличение размера D до значений D (табл. 6.9, исполнение 5—8). 2. Размеры кондов оправок и технические требования на их изготовление для станков с ЧПУ с конусами 30—50 — по ГОСТ 25827—83. 3. Допускается применять концы оправок и для обычных станков. 4. Поверхностная твердость конической части 51—57 HRC₃. 5. Размер D_1 — по ГОСТ 15945—71.

* Для сверлильных, расточных и фрезерных станков.

6.18. Основные размеры конусов инструментов укороченных, мм

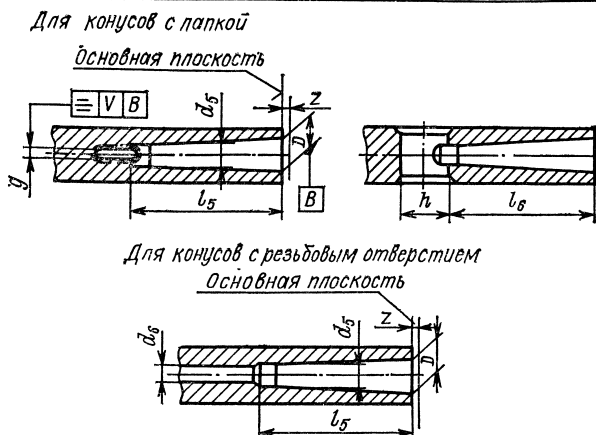
Основная плоскость

Конус Морзе	Обозначение конуса	Конусность	Угол конуса 2α	D	D_1	d	d_1	l_1	l_2	a , не более	b	c
6	B7	$1 : 19,212 = 0,05205$	$2^\circ 58' 54''$	7,067	7,2	6,5	6,8	11,0	14,0	3,0	0,5	
1	B10	$1 : 20,047 = 0,04988$	$2^\circ 51' 26''$	10,094	10,3	9,4	9,8	14,5	18,0	3,5	1,0	
	B12			12,065	12,02	11,1	11,5	18,5	22,0			
2	B16	$1 : 20,020 = 0,04955$	$2^\circ 51' 41''$	15,733	16,0	14,5	15,0	24,0	29,0	5,0	4,0	1,5
	B18			17,789	18,0	16,2	16,8	32,0	37,0			
3	B22	$1 : 19,922 = 0,05020$	$2^\circ 52' 32''$	21,793	22,0	19,8	20,5	10,5	45,5	6,5	4,5	2,0
	B24			23,825	24,1	21,3	20,0	50,5	55,5			
4	B32	$1 : 19,254 = 0,05194$	$2^\circ 58' 31''$	31,267	31,6	28,6	—	51,0	57,5	6,5	—	2,0
5	B45	$1 : 19,002 = 0,05263$	$3^\circ 53''$	44,399	44,7	41,0	—	64,5	71,0			

6.19. Размеры центрального отверстия конуса укороченного, мм

	Обозначение конуса	d_2	d_3	d_4	L
	B12	M6	8,0	8,5	16
	B18	M10	12,5	13,2	24
	B24	M12	15,0	17,0	28
	B32	M16	20,0	22,0	32
	B45	M20	26,0	30,0	40

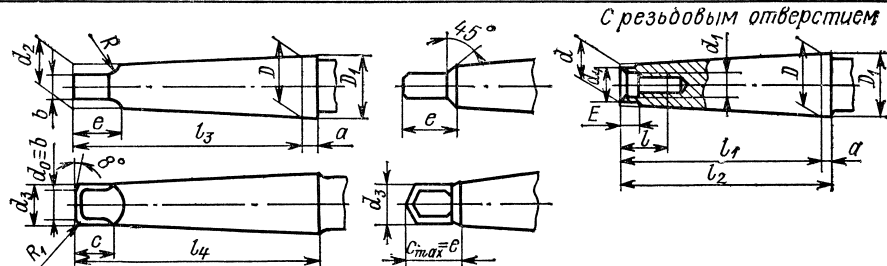
6.20. Основные размеры внутренних инструментальных конусов Морзе и метрических (ГОСТ 25557—82), мм



Тип конуса	Обозначение конуса	Конусность	D	d_5	d_6	l_5	l_6	g	h	z^*
Метрический	$\frac{4}{6}$	$1:20 = 0,05$	4	3	—	25	21	2,2	8	0,5
	6		6	4,6		34	29	3,2	12	
Морзе	0	$1:19,212 = 0,05205$	9,045	6,7	7,0	52	49	3,9	15	1,5
	1	$1:20,047 = 0,04988$	12,065	9,7		56	52	5,2	19	
	2	$1:20,020 = 0,04995$	17,780	14,9		67	62	6,3	22	
	3	$1:19,922 = 0,05020$	23,825	20,2		84	78	7,9	27	
	4	$1:19,254 = 0,05194$	31,267	26,5		107	98	11,9	32	
	5	$1:19,002 = 0,05263$	44,399	38,2		135	125	15,9	38	
	6	$1:19,180 = 0,05214$	63,348	54,6		188	177	19,0	47	
Метрический	80	$1:20 = 0,05$	80,0	71,5	39,0	202	186	26,0	52	2
	100		100,0	90,0		240	220	32,0	60	
	120		120,0	108,5		276	254	38,0	70	
	160		160,0	145,5	52,0	350	321	50,0	90	3
	200		200,0	182,5		424	388	62,0	110	

* Максимальное допускаемое отклонение положения основной плоскости, в которой находится диаметр D , от ее теоретического положения.

6.21. Основные размеры наружных инструментальных конусов Морзе и метрических [ГОСТ 25557—82 (СТ СЭВ 147—75)], мм



Наружный конус

Тип ко- нуса	Обозна- чение конуса	Конусность	D	Наружный конус																	
				a	D ₁	d	d ₁	d ₂	d ₃ max	d ₄ max	l ₁ max	l ₂ max	l ₃ max	l ₄ max	b	c	e _{max}	l _{min}	R _{max}	R ₁	l _{max}
Метри- ческий	$\frac{4}{6}$	1 : 20 = 0,05	$\frac{4}{6}$	2	4,1	2,9	—	—	—	$\frac{2,5}{4}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{25}{35}$	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{2}{3}$	
Морзе	0	$\frac{1 : 19,212}{= 0,05205}$	9,045	3	9,2	6,4	—	6,1	6	6	50	53	56,5	59,5	3,9	6,5	10,5	—	4	1	4
	1	$\frac{1 : 20,047}{= 0,04988}$	12,065	3,5	12,2	9,4	M6	9	8,7	9	53,5	57	62	65,5	5,2	8,5	13,5	16	5	1,2	5
	2	$\frac{1 : 20,020}{= 0,04995}$	17,780	5	18	14,6	M10	14	13,5	14	64	69	75	80	6,3	10	16	24	6	1,6	
	3	$\frac{1 : 19,922}{= 0,05020}$	23,825		24,1	19,8	M12	19,1	18,5	19	81	86	94	99	7,9	13	20	28	7	2	7
	4	$\frac{1 : 19,254}{= 0,05194}$	31,267	6,5	31,6	25,9	M16	25,2	24,5	25	102,5	109	117,5	124	11,9	16	24	32	8	2,5	9
	5	$\frac{1 : 19,002}{= 0,05263}$	44,399		44,7	37,6	M20	36,5	35,7	35,7	129,5	136	149,5	156	15,9	19	29	40	10	3	10
	6	$\frac{1 : 19,180}{= 0,05214}$	63,348		8	63,8	53,9	M24	52,4	51	51	182	190	210	218	19	27	40	50	13	4
Метри- ческий	80	1 : 20 = 0,05	80	8	80,4	70,2	M30	69	67	67	196	204	220	228	26	24	48	65	24	5	24
	100		100	10	100,5	88,4	M36	87	85	85	232	242	260	270	32	28	58	80	30		30
	120		120	12	120,6	106,6		105	102	102	268	280	300	312	38	32	68		36	6	36
	160		160	16	160,8	143	M48	141	138	138	340	356	380	396	50	40	88	100	48	8	48
	200		200	20	201	179,4		177	174	174	412	432	460	480	62	48	108		60	10	60

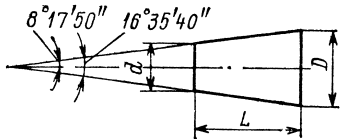
Примечания: 1. Размеры D₁, d и d₂ — теоретические и зависят от диаметра D и номинальных размеров a, l₁ и l₃. 2. Диаметр d₃ может по длине превышать размер c при условии, что c_{max} = e.

6.22. Предельные отклонения угла конуса и формы конических поверхностей (ГОСТ 2848—75*)

Тип конуса	Обозначение конуса	Длина измерения угла конуса L, мм	Предельные отклонения угла конуса, мкм, на длине конуса		Предельные отклонения формы конуса, мкм												
					Отклонение от прямолинейности образующей						Отклонение от круглости						
			Степень точности														
			AT4	AT5	AT6	AT7	AT8	AT4	AT5	AT6	AT7	AT8	AT4	AT5	AT6	AT7	AT8
Метрический	4	25	—	—	8	12	20	—	—	1,6	2,5	4	—	—	4	6	10
	6	35			10	16	25			2,0	3,0	5					
Морзе	0	49						1,0	1,6	2,5	4,0	6					
	1	52	4	6	10	16	25						2,0	3	5	8	12
	2	64															
	3	79	5	8	12	20	30	1,2	2,0	3,0	5,0	8					
	4	100											2,5	4	6	10	16
	5	126						1,6	2,5	4,0	6,0	10					
	6	174	6	10	16	25	40										
	80	180						2,0	3,0	5,0	8,0	12	3,0	5	8	12	20
Метрический	100	212	8	12	20	30	50										
	120	244															
	160	308	10	16	25	40	60										
	200	372	12	20	30	50	80	2,5	4,0	6,0	10,0	16	4,0	6,0	10	16	25
Укороченный	B7	14								1,2	2,0	3					
	B10	18			6	10	16										
	B12	22								1,6	2,5	4			3	5	8
	B16	29			8	12	20										
	B18	37								2,0	3,0	5					
	B22	45,5			10	16	25										
	B24	55,5															
	B32	57,5			12	20	30			2,5	4,0	6			4	6	10
	B45	71								8,0	5,0	8					

Примечания. 1 Отклонение угла конуса от номинального размера располагать в «плюс» — для наружных, в «минус» — для внутренних конусов. 2. ГОСТ 2848 — 75* предусматривает также для наружных конусов степени точности AT4 и AT5; допуски распространяются на конусы инструментов по СТ СЭВ 147—75, СТ СЭВ 148—75 и ГОСТ 9953—82

6.23. Основные размеры конусов шпинделей и оправок с конусностью 7 : 24
(ГОСТ 15945—82), мм

	Обозначение конуса	D	d	L (справочный)
	10	15,87	9,5	21,8
	15	19,05	11,2	26,9
	25	25,40	13,8	39,8
	30	31,75	17,4	49,2
	35	38,1	21,4	57,2
	40	44,45	25,3	65,6
	45	57,15	32,4	84,8
	50	69,85	39,6	103,7
	55	88,90	50,5	131,6
	60	107,95	60,2	163,7
	65	133,35	75,0	200,0
	70	165,10	92,9	247,5
	75	203,20	114,3	304,8

6.24. Основные размеры хвостовиков инструментов с конусом 7 : 24 для станков с ЧПУ [ГОСТ 25827—83 (СТ СЭВ 1858—79)], мм

Обозначение конуса	D (расчетный)	D_1	D_2^* , не более	D_3 (поле допуска h12)	D_4 ($\pm 0,15$)	D_5 (поле допуска h8)	d_2 (поле допуска j5)	L (поле допуска h11)	l_1^* , не менее	l_2 (— 0,3)	a_1^{***} ($\pm 0,1$)
30	31,75	31,9	44	46	50	55,07	4	68,4	8	15,5	5,6
40 **	44,45	44,6	55	58	63	69,34	5	93,4	10	18,5	6,6
45	57,15	57,3	68	74	80	87,61	6	106,8	13	24,0	9,2
50 **	69,85	70,0	85	94	100	107,61		126,8	16	30,0	

Примечание. Неуказанные размеры соответствуют размерам концов оправок сверлильных, расточных и фрезерных станков (табл. 6 17, исполнение 5). Размеры и форма центрального отверстия приведены в табл. 6.25.

* Размеры D_2 и l_1 определяют свободное пространство для захвата инструмента манипулятором.

** Хвостовики предпочтительного применения.

*** Допуск $\pm 0,1$ мм размера a_1 относится к номинальному размеру D , который является расчетным.

6.25. Основные размеры и форма центрвого отверстия для конусов с конусностью 7 : 24, мм

Обозначение конуса	d_1 (поле допуска по Н9)	d_2 , не более	d_3 , не менее	l_5	l_2	l_7	e		
30	13	14,2	15,6	6	1,4	0,4	0,2		
40	17	18,5	20,5	8	1,9	0,6	0,4		
45	21	23,0	27,0	10	2,8	1,1	0,6		
50	25	27,0	31,0	11			0,6		
55							0,6		
60	31	34,0	38,0	14	3,7		1,0		
70	50	53,0	57,0	18			1,0		

Примечание. Допускается в пределах размера l_5 на диаметре d_1 выполнять канавки для выхода шлифовального круга.

6.26. Основные размеры квадратов, диаметров хвостовиков и квадратных отверстий для инструментов [ГОСТ 9523—84 (СТ СЭВ 150—75)], мм

Квадраты и диаметры хвостовиков

Квадратные отверстия

a	l	d			$D_{\min}$	$D_{\max}$
		свыше	до	рекомендуемый		
2,50	5	3,0	3,35	3,15	3,44	—
2,80	5	3,35	3,75	3,55	3,85	—
3,15	6	3,75	4,25	4,0	4,35	—
3,55	6	4,25	4,75	4,5	4,87	—
4,0	7	4,75	5,3	5,0	5,42	—
4,5	7	5,30	6,0	5,6	6,12	—
5,0	8	6,0	6,7	6,3	6,85	—
5,6	8	6,7	7,5	7,1	7,65	—
6,3	9	7,5	8,5	8,0	8,65	—
7,1	10	8,5	8,0	9,0	9,65	—
8,0	11	9,5	10,6	10,75	10,78	—
9,0	12	10,6	11,8	11,2	11,98	—
10,0	13	11,8	13,2	12,5	13,38	—
11,2	14	13,2	15,0	14,0	15,18	—
12,5	16	15,0	17,0	16,0	17,18	—
14,0	18	17,0	19,0	18,0	19,21	—
16,0	20	19,0	21,2	20,0	21,41	—

a	l	d			D _{min}	D _{max}
		свыше	до	рекомендуе- мый		
18,0	22	21,2	23,6	22,4	23,81	—
20,0	24	23,6	26,5	25,0	26,71	21,25
22,4	26	26,5	30,0	28,0	30,21	23,5
25,0	28	30,0	33,5	31,5	33,75	26,5
28,0	31	33,5	37,5	35,5	37,75	30,0
31,5	34	37,5	42,5	40,0	42,75	33,5
35,5	38	42,5	47,5	45,0	47,75	37,5
40,0	42	47,5	53,0	50,0	53,3	42,5
45,0	46	53,0	60,0	56,0	60,3	47,5
50,0	51	60,0	67,0	63,0	67,3	53,0
56,0	56	67,0	75,0	71,0	75,3	60,0
63,0	62	75,0	85,0	80,0	85,35	67,0
71,0	68	85,0	95,0	90,0	95,35	75,0
80,0	75	95,0	106,0	100,0	106,35	85,0

Примечание. Поле допуска размера a (квадрат): для хвостовика — h12 (включая погрешность формы), h11 (рекомендуемый допуск на изготовление); для отверстия — D11. Поле допусков размера d — h9, f8 или h11.

6.27. Основные размеры хвостовиков инструментов с лыской
[ГОСТ 9523—84 (СТ СЭВ 150—75)], мм

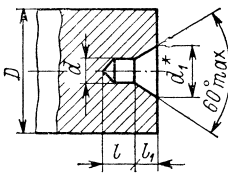
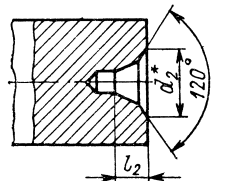
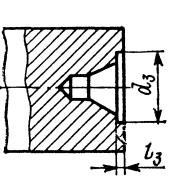
$d \leq 3,55 \text{ мм}$

$d > 3,55 \text{ мм}$

d			a (поле до- пуска h11)	n (поле до- пуска h16)	b (поле до- пуска H16)	c
свыше	до	средний				
1,90	2,12	2,0	1,80	3	6	—
2,12	2,36	2,24	2,0			
2,36	2,65	2,50	2,24			
2,65	3,0	2,80	2,50			
3,0	3,35	3,15	2,80			
3,35	3,75	3,55	3,15			

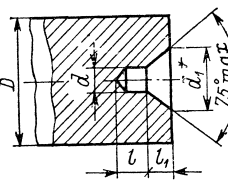
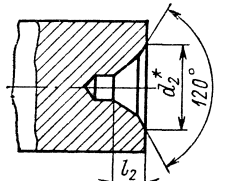
d			a (поле до- пуска h11)	n (поле до- пуска h16)	b (поле до- пуска H16)	c
свыше	до	средний				
3,75	4,25	4,0	3,15	5	6	—
4,25	4,75	4,50	3,35		8	
4,75	5,30	5,0	4,0			
5,30	6,0	5,60	4,50			
6,0	6,70	6,30	5,0			
6,70	7,50	7,10	5,60			
7,50	8,50	8,0	6,30	7	10	0,5
8,50	9,50	9,0	7,10			
9,50	10,60	10,0	8,0			
10,60	11,80	11,20	9,0			
11,80	13,20	12,50	10,0	9	12	1,0
13,20	15,0	14,0	11,20			
15,0	17,0	16,0	12,50			
17,0	19,0	18,0	14,0			
19,0	21,20	20,0	16,0			
21,20	23,60	22,40	18,0	11	16	1,0
23,60	26,50	25,0	20,0			
26,50	30,0	28,0	22,40			
30,0	33,50	31,50	25,0	14		1,5
33,50	37,50	35,50	28,0			
37,50	42,50	40,0	31,50			

6.28. Размеры центровых отверстий с углом конуса 60°, мм

Форма А			Форма В			Форма Т		
								
D	d	d ₁	d ₂	d ₃ (поле допуска Н14)	l, не менее	l ₁	l ₂ (поле допуска Н12)	l ₃ , не менее
2,0	(0,5)	1,06	—	—	0,8	0,48	—	—
2,5	(0,63)	1,32	—	—	0,9	0,60	—	—
3	(0,8)	1,70	2,50	—	1,1	0,78	1,02	—
4	1,0	2,12	3,15	—	1,3	0,97	1,27	—
5	(1,25)	2,65	4,00	—	1,6	1,21	1,60	—
6	1,6	3,35	5,0	—	2,0	1,52	1,99	—
10	2,0	4,25	6,30	7	2,5	1,95	2,54	0,6
14	2,5	5,30	8,0	9	3,1	2,42	3,20	0,8
20	3,15	6,70	10,0	12	3,9	3,07	4,03	0,9
30	4	8,50	12,50	16	5,0	3,90	5,06	1,2
40	(5)	10,60	16,0	20	6,3	4,85	6,41	1,6
60	6,3	13,20	18,0	25	8,0	5,98	7,36	1,8
80	(8)	17,0	22,40	32	10,1	7,79	9,35	2,0
100	10	21,20	28,0	36	12,8	9,70	11,66	2,5
120	12	25,40	33,0	—	14,6	11,60	13,80	—
160	16	33,90	42,50	—	19,2	15,50	18,00	—
240	20	42,40	51,60	—	25,0	19,40	22,00	—
360	25	53,00	63,30	—	32,0	24,00	27,00	—

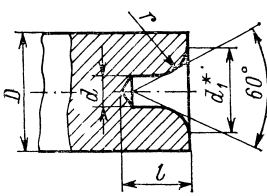
Примечания: 1. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется. 2. Размеры D рекомендуемые. 3. Для l₁, равного 0,48; 0,60; 0,78 и 0,97 предельные отклонения Н11, для остальных значений l₁— Н12.

6.29. Размеры центровых отверстий с углом конуса 75°, мм

Форма С			Форма Е				
							
D	d	d ₁	d ₂	l, не менее	l ₁ (поле допуска по Н17)	l ₂ (поле допуска по Н17)	
120	8	23,3	30,2	10	10	12,0	
180	12	36,6	45,4	15	16	18,5	
260	20	60,0	70,3	22	26	29,0	
360	30	91,4	105,0	32	40	44,0	
500	40	120,0	137,0	43	52	57,0	
800	50	150,0	170,0	52	65	71,0	
1200	63	186,0	213,7	65	80	88,0	

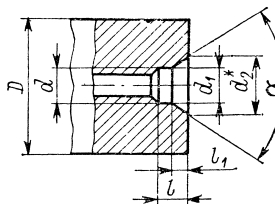
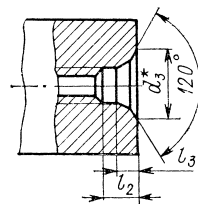
Примечание. Размеры D рекомендуемые.

6.30. Размеры центровых отверстий с дугообразной образующей, мм

Форма R	D	d	d ₁	l, не менее	Радиус r	
					наимень- ший	наиболь- ший
	2	(0,5)	1,30	1,3	1,30	1,60
	2,5	(0,63)	1,50	1,5	1,60	2,0
	3	(0,8)	1,70	1,9	2,0	2,50
	4	1,0	2,12	2,3	2,50	3,15
	5	(1,25)	2,65	2,8	3,15	4,0
	6	1,6	3,35	3,5	4,0	5,0
	10	2,0	4,25	4,4	5,0	6,30
	14	2,5	5,30	5,5	6,30	8,0
	20	3,15	6,70	7,0	8,0	10,0
	30	4,0	8,50	8,9	10,0	12,50
	40	(5,0)	10,60	11,2	12,50	16,0
	60	6,3	13,20	14,0	16,0	20,0
	80	(8,0)	17,0	17,9	20,0	25,0
	100	10,0	21,20	22,5	25,0	31,50

Примечания: 1. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется 2 Размеры D рекомендуемые

6.31. Размеры центровых отверстий с метрической резьбой, мм

Форма F				Форма H						
										
D для формы		d	d ₁ (поле допуска по H14)	d ₂	d ₃	l, не более	l ₁ (поле допуска по H12)	l ₂ , не более	l ₃ (поле допуска по H12)	α, °
F	H									
8	—	M3	3,2	5,0	—	2,8	1,56	—	—	60
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4	
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3	
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,0	6,5	4,0	
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5	
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,0	10,2	5,2	
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5	
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,0	12,5	6,5	
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,0	14,0	7,5	
100	100	M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5	
160	160	M30	31,0	44,8	51,8	18,0	12,0	20,0	14,0	
250	250	M36	37,5	53,0	60,0	20,0	13,50	22,0	15,5	
400	400	M42	43,5	59,7	70,5	22,0	14,00	25,0	17,0	
630	630	M48	49,5	74,0	88,0	24,0	16,0	28,0	20,0	75
900	900	M56	58,0	85,6	99,5	27,0	18,0	31,0	22,0	

D для формы		d	d ₁ (поле допуска по H14)	d ₂	d ₃	l, не более	l ₁ (поле допуска по H12)	l ₂ , не более	l ₃ (поле допуска по H12)	α, °
F	H									
Св. 1200		M64	66,0	95,0	112,5	29,0	19,0	34,0	24,0	75
		M72×6	74,0	104,7	122,0	31,0	20,0	36,0	25,0	
		M80×6	82,0	115,7	133,0	34,0	22,0	39,0	27,0	
		M100×6	102,0	140,0	160,0	36,0	24,0	42,0	30,0	

Примечания: 1 Размеры D рекомендуемые. 2 Формы F и H не должны применяться для режущего и вспомогательного инструментов с коническими хвостовиками и конусностью 1 : 10, 1 : 7, 7 : 24, конусами метрическими и Морзе.

6.32. Размеры центровых отверстий с метрической резьбой, мм

Форма Р

The diagram shows a cross-section of a center drill. The main body has a diameter d and a total length L . The cutting edge is formed by two intersecting planes at angles of 60° and 120° . The diameters at different sections are labeled d_1 , d_2 , and d_3 . The lengths of the sections are labeled l_1 , l_2 , and l .

Обозначение конуса

Метрический	Морзе	СТ СЭВ 147—75	ГОСТ 9953—67	ГОСТ 7343—72	ГОСТ 836—72	d	d_1 (поле допуска по H14)	d_2	d_3	L , не менее	l	l_1	l_2 , не менее		
—	1	B12	—	—	—	M6	6,4	8,0	8,5	16	3,5	1,53	—		
	2	B18				M10	10,5	12,5	13,2	24	4,5	1,90			
	3	B24				30	M12	13,0	15,0	17,0	28	6,0		2,30	0,6
	4	B32				40	M16	17,0	20,0	22,0	32	8,0		3,2	—
	5	B45	80	45	M20	21,0	26,0	30,0	40	10,0	5,50	1,1			
	6	—	90	50; 55	M24	25,0	31,0	36,0	50	11,0	6,60	1,4			
80	—	—	100	60	M30	31,0	38,0	45,0	65	14,0	8,00	2,0			
			(110)												
			120												
			140												
			160												
			(180)	65	M36	37,0	45,0	52,0	80	15,0	9,00				
			200												
100	—	—	—	70	M48	50,0	60,0	68,0	100	18,0	11,00	2,3			
120			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
160			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
200			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

6.33. Формы центровых отверстий и области их применения

Форма	Область применения
А	В тех случаях, когда после обработки необходимость в центровых отверстиях отпадает и когда сохранность центровых отверстий в процессе их эксплуатации гарантируется соответствующей термообработкой
В	В тех случаях, когда центровые отверстия являются базой для многократного использования или сохраняются в готовых изделиях
Т	Для оправок и калибров-пробок
С	Для крупных валов (то же, что и для формы А)
Е	Для крупных валов (то же, что и для формы В)
Р	При необходимости повышенной точности обработки
F; Н	Для монтажных работ, транспортирования, хранения и термообработки деталей в вертикальном положении
Р	Для различных конусов инструмента

6.34. Данные для выбора центровых отверстий в зависимости от массы изделий (заготовок)

Форма центровых отверстий	d , мм	Масса изделия, кг, не более	Форма центровых отверстий	d , мм	Масса изделия, кг, не более
А, В, Т	2	50	А, В, Т	20	8 000
	2,5	80		25	20 000
	3,15	90	С, Е	8	1 500
	4	100		12	3 000
	5	200		20	9 000
	6,3	360		30	20 000
	8	500		40	35 000
	10	800		50	80 000
	12	1500		63	120 000
	16	2500			

6.35. Размеры клиньев к инструменту с коническим хвостовиком (ГОСТ 3025—78), мм

Тип конуса	Обозначение конуса	L	l	l_1	h	d	b	c	r
Морзе	0	90	18	8	14	3	3,5	0,5	1,5
	1; 2	120	26	12	17		5,0		2,0
	3	160	38	15	21	5	7,0		
	4						10,0		

Тип конуса	Обозначение конуса	L	l	l_1	h	d	b	c	r
Морзе	5; 6	200	50	20	29	10	15,0	1,0	4,0
Метри- ческий	80	265	70	25	38		22,0		5,0
	100; 120	340	90	30	48		30,0	1,5	7,0
	160	450	120	35	60				
	200	560	150	40	72				15
Примечание. Твердость на длине l 42—52 HRC ₉									

Формы центровых отверстий, размеры, области применения и данные для их выбора приведены в табл. 6.28—6.34. Основные размеры клиньев к инструменту с коническим хвостовиком — в табл. 6.35.

6.4. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ и ГПС

Станки с ЧПУ и ГПС должны быть оснащены вспомогательным инструментом, обеспечивающим обработку деталей с учетом области рационального применения оборудования. Эта область определяется основными характеристиками каждой конкретной модели: типом станка, его назначением, мощностью, классом точности, размерами рабочего пространства, конструкцией хвостовика инструмента, взаимодействующей с механизмами смены и крепления. Тип обрабатываемых деталей (тела вращения, плоские, коробчатые и т. п.), распределение обрабатываемых поверхностей по видам, размерам и точности обработки и перечисленные характеристики взаимосвязаны.

Для выполнения своей функции вспомогательный инструмент снабжается присоединительными поверхностями, которые соответствуют, с одной стороны, крепежным элементам станков, а с другой — адекватны всем многообразным типам и типоразмерам присоединительных поверхностей режущего инструмента. Типаж присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента, необходимых для крепления режущего инструмента, только на одном обрабатывающем центре составляет до 200 типоразмеров. В связи с этим при креплении концевой режущего инструмента рекомендуется использовать взаимозаменяемые универсальные конструкции типа переходных патронов и втулок, устанавливае-

мых в шпинделе станка. В качестве сменных применяют переходные цельные и разрезные втулки (цанги), в которых непосредственно закрепляется режущий инструмент.

Дальнейшая унификация типов вспомогательного инструмента осуществляется путем использования принципов агрегатирования и взаимозаменяемости агрегатов между различными моделями и видами станков с ЧПУ.

Быстрое развитие станков с ЧПУ требует преимущественного выбора такого вспомогательного инструмента, освоение которого в централизованном производстве связано с наименьшими затратами. Это в частности инструмент, конструктивно разделенный на рациональное число составных частей по принципу агрегатирования. Такие конструкции позволяют увеличить объем выпуска однотипной продукции, расширить использование совершенных технологических процессов и форм организации инструментального производства и, в конечном счете, снизить себестоимость инструмента.

Критериями выбора вспомогательного инструмента являются универсальность, жесткость, точность, быстросменность, переналаживаемость и др. Они определяются исходя из основного критерия — эффективности эксплуатации станков с ЧПУ. При выборе вспомогательного инструмента следует отдавать предпочтение конструкциям со стандартными элементами, регламентированными ГОСТами, стандартами СЭВ или ИСО, обеспечивающими преемственность конструкций и снижение стоимости освоения производства инструмента.

Разнообразие типов станков приводит к многообразию способов установки и смены инструмента. В связи с этим разрабатываются системы инструмента для станков с ЧПУ, которые можно характеризовать как наборы унифицированного вспомогательного и специального режущего инструмента, обеспечивающие закрепление всего стандартного режущего инструмента с качеством, необходимым для полной реализации технологических возможностей станков с ЧПУ.

К системе инструмента предъявляются следующие требования: номенклатура и стоимость вспомогательного и специального режущего инструмента, входящего в систему, должны быть сведены к экономически обоснованному минимуму; элементы системы должны обеспечивать крепление режущего инструмента с требуемыми точностью, жесткостью и виброустойчивостью; элементы, входящие в систему, должны обеспечивать при необходимости регулирование положения режущих кромок инструмента относительно координат системы СПИД; элементы системы инструмента должны быть удобными в обслуживании и технологичными в изготовлении.

Системы инструмента предназначены для компоновки специальных функциональных единиц — инструментальных блоков (комбинаций режущего и вспомогательного инструментов), каждый

из которых служит для выполнения конкретного технологического перехода.

На основе данных о детали и присоединительных поверхностях стандартного режущего инструмента выбирают вспомогательный и специальный режущий инструмент, образующий систему инструмента.

На основе типизации инструмента ограничивают номенклатуру присоединительных поверхностей, длин и диаметров режущего инструмента, унифицируют способ регулирования положения режущих кромок и т. д. Наиболее существенной является унификация хвостовиков инструмента, при помощи которых он закрепляется на станке.

На станках с ЧПУ, производимых странами — членами СЭВ и большинством западноевропейских фирм для обработки призматических (корпусных) деталей, крепление инструмента в шпинделе осуществляется в основном с помощью конусов 7 : 24. Как правило, применяются конусы 40 и 50 по ГОСТ 15945—82.

Основными способами крепления инструмента на токарных станках с ЧПУ с револьверными головками являются:

1) центрирование по цилиндрическому хвостовику, крепление прижимными винтами в лыску хвостовика;

2) центрирование по цилиндрическому хвостовику, крепление рифленным клином за рифления по лыске цилиндрического хвостовика;

3) базирование по направляющим в виде призм с креплением прижимными планками;

4) непосредственное крепление режущего инструмента в револьверной головке;

5) базирование по конусу, крепление с помощью зажимных устройств;

6) базирование по зубчатому венцу, крепление винтами.

Системы инструмента могут быть построены в соответствии с назначением инструмента для различных групп станков (рис. 6.1).

Для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента разрабатываются быстродействующие патроны, позволяющие уменьшить время простоя оборудования и затраты на подготовку инструмента к работе.

Быстродействующие переходные патроны на станках с ЧПУ применяются для закрепления и раскрепления режущего инструмента без смены инструментального блока в шпинделе станка при замене изношенного инструмента или смене инструмента. Свойство быстродействия необходимо также для облегчения труда наладчиков при подготовке инструмента. Быстродействующие переходные патроны становятся основой унификации всех элементов инструментальных систем, создаваемых на их базе. В таких патронах быстросменно крепятся разнообразные вспомогательные инструменты, имеющие одинаковые по конструкции хвостовики и пред-

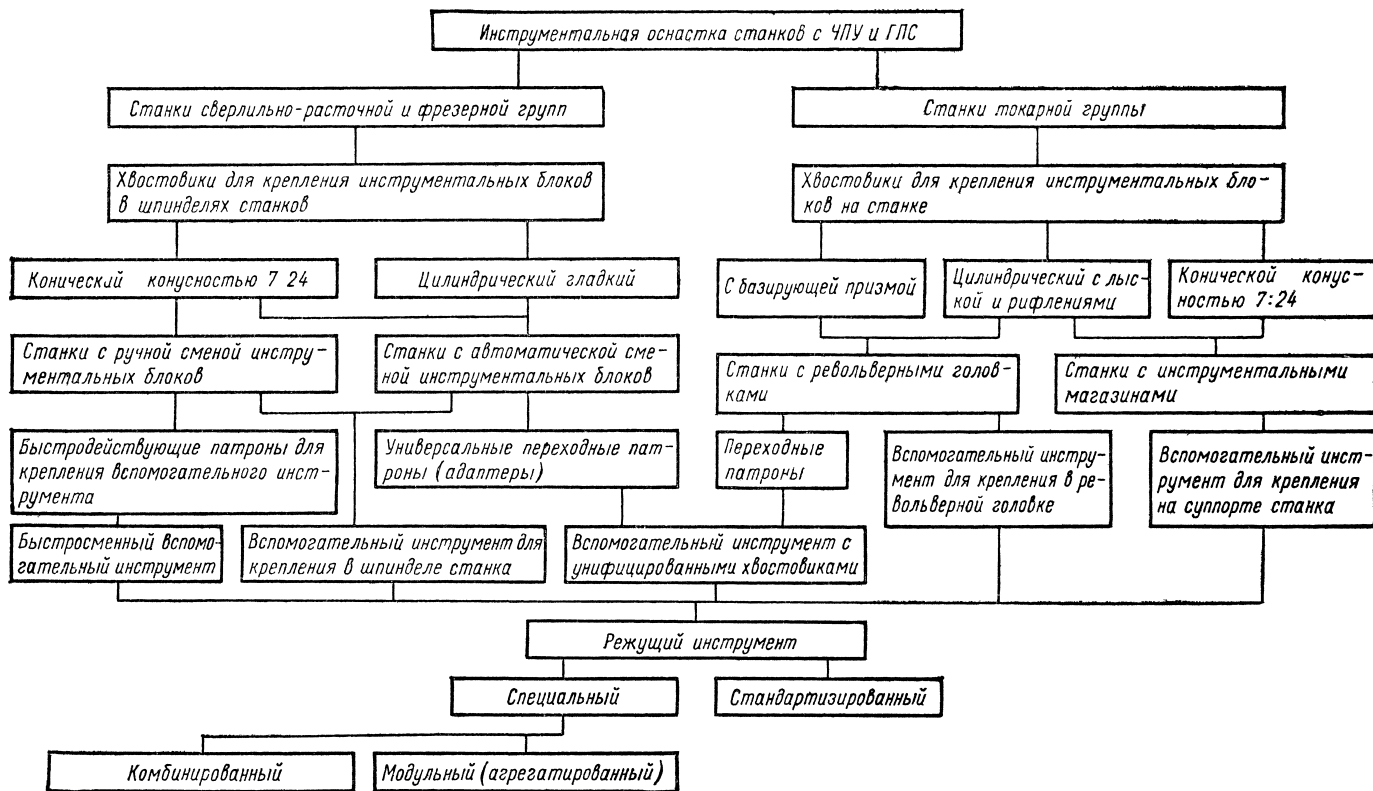


Рис. 6.1. Общая классификация систем инструмента для станков с ЧПУ и ГПС

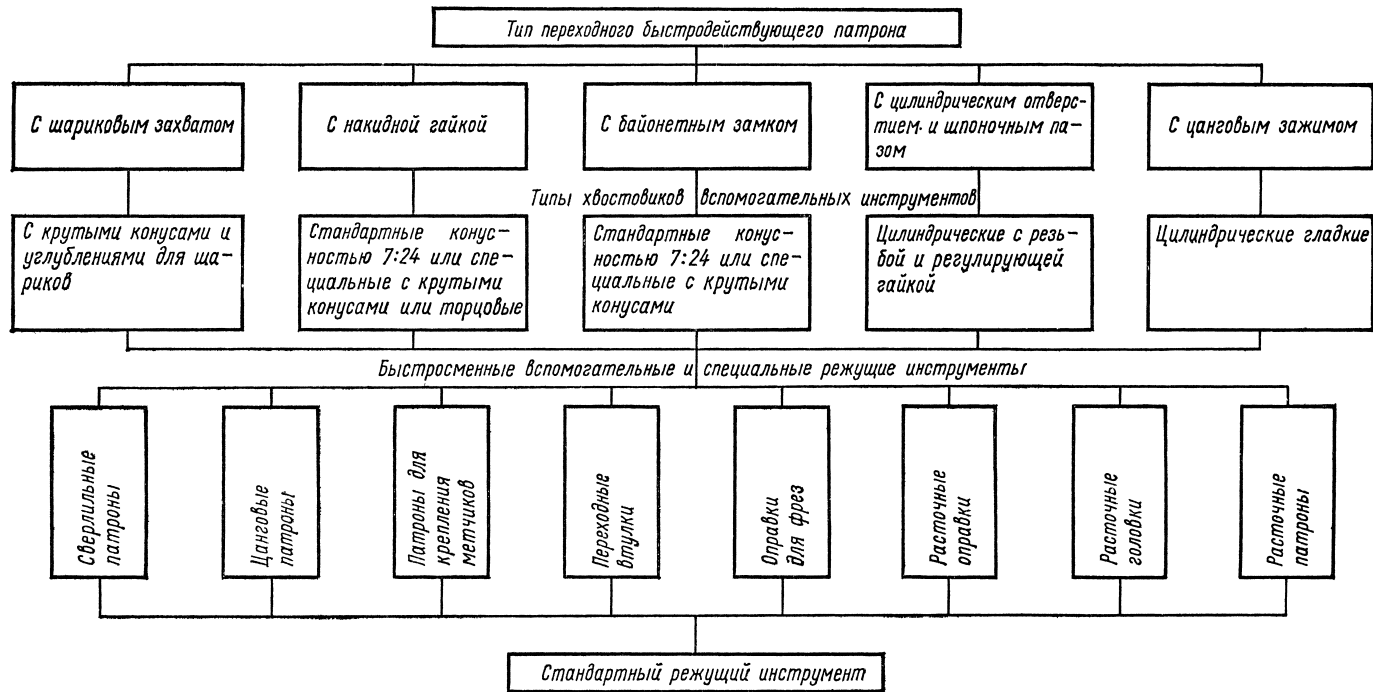


Рис. 6.2. Классификация систем инструмента для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента

назначенные для крепления режущего инструмента. Сами же переходные патроны имеют различные хвостовики, что позволяет устанавливать их в гнездах шпинделей самых различных конструкций.

Классификация систем инструмента для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента (РСИ) по видам переходных быстродействующих патронов и хвостовиков вспомогательных инструмен-

тов, закрепляемых в этих патронах, приведена на рис. 6.2.

Систематизация специального комбинированного и модульного инструмента привела к широкому использованию принципа сборности, когда замене подлежат режущие пластины, резцовые вставки, кассеты и головки, удлинители, переходники и державки с хвостовиками для закрепления на станке (рис. 6.3). Взаимозаменяемость вставок, кассет и головок для различных типов режущих инструментов позволяет создавать их гаммы по видам и размерам и объединять большие группы инструмента в системы.

В совокупности с набором удлинителей, переходников и державок системы инструмента позволяют удовлетворять потребность в специализированном инструменте и сводят к

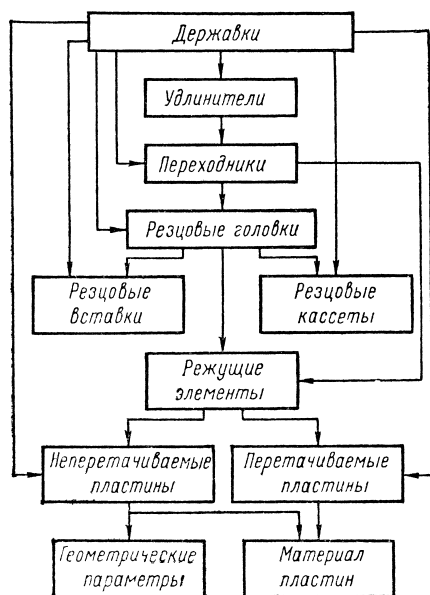


Рис. 6.3. Схема компоновки сборного инструмента

минимуму долю индивидуальных заказов, что позволяет получить экономию на разработке конструкций и изготовлении инструмента.

Для составления различных типов инструмента используют определенное число модулей, которые после сборки представляют собой взаимосвязанный механизм, обладающий достаточной результирующей жесткостью и точностью. Этот метод позволяет создавать специальный инструмент с наименьшими затратами.

Преимущества модульного инструмента по сравнению с цельным следующие:

возможность создания инструмента, наиболее подходящего для каждой обрабатываемой детали и конкретного станка с помощью входящих в систему стандартных элементов;

при обработке двух различных типов деталей суммарная стоимость элементов системы меньше стоимости специальных цельных режущих и вспомогательных инструментов; экономическая эффек-

6.36. Основные и присоединительные размеры резцедержателей с цилиндрическим хвостовиком для токарных станков с ЧПУ (ГОСТ 24600—81), мм

Исполнение 1

Исполнение 2

Высота резца h	Диаметр d^* отвер- стия для инстру- мента	d_1 (пре- дельные отклоне- ния по H6)	d_2 (пре- дельные отклоне- ния по H8)	d_3	h_1 (пре- дельные отклоне- ния $\pm 0,05$)	h_2^{**} (на- именьшая)	h_3^{***}	R (пре- дельные отклоне- ния 0,02)	b^{***}	l_1	l_2 (пре- дельные отклоне- ния — 0,25 — 0,35)	l_3	l_4 (на- ибольшая)	l_5^{***}
16	16	30	14	68	27	28,0	35,0	25	70	55	30	48	2	50
20	20	40		83	36	32,5	42,5	32	85	63			3	60
25	25	50	16	98	45	32,0	50,0	37	100	78	36	56	4	75
32	32	60		123	55	42,5	62,5	48	125	94	44			90
40	40	80	20	158	72	55,0	80,0	65	160	124	60	80	4	110

* Допускается применение отверстий с d , равным 28, 36 и 48 мм. ** Допускается увеличение h_2 до $0,5 d_3$. *** Размеры для справок.

* Допускается применение отверстий с d , равным 28, 36 и 48 мм. ** Допускается увеличение h_2 до 0,5 d_3 . *** Размеры для справок.

тивность системы модулей возрастает с увеличением номенклатуры обрабатываемых деталей, наибольший эффект достигается на производстве, использующем станки с разными системами крепления инструмента;

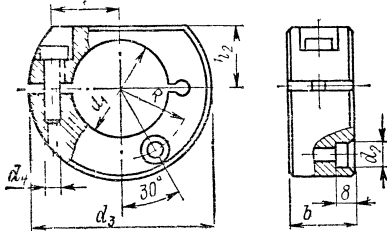
модули системы могут быть закодированы, коды введены в память ЭВМ, с помощью которой подбираются оптимальные комбинации инструментов при подготовке производства.

Соединение модулей типа удлинителей, переходников и резцовых головок по торцовым поверхностям обеспечивает наибольшую жесткость по сравнению с другими способами. Жесткость стыка при соединении по торцу остается почти постоянной под действием осевых и радиальных сил после длительного и тяжелого резания, когда инструмент нагревается, а также при возникновении вибраций.

Вспомогательный инструмент для токарных станков с ЧПУ и ГПС. Вспомогательный инструмент токарных станков должен удовлетворять следующим основным требованиям: иметь достаточную жесткость, высокую точность и стабильность базирования и крепления режущего инструмента; позволять выполнять все технологические операции, предусмотренные технической характеристикой станка; легко и быстро устанавливаться и сниматься; иметь межразмерную унификацию; обеспечивать настройку инструмента вне станка.

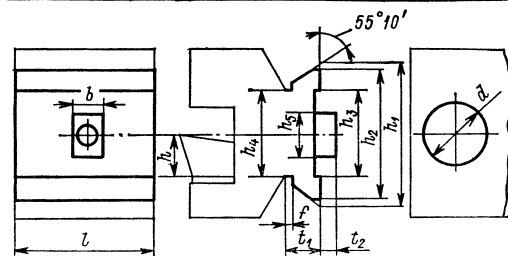
Вспомогательный инструмент токарных станков с ЧПУ должен обеспечивать крепление режущего инструмента в широкой но-

6.37. Основные и присоединительные размеры, регулировочных колец (ОСТ2 У16-2—78), мм

							
d_1 (предельные отклонения по Н7)	d_2 (предельные отклонения по Н7)	d_3	d_4	a	h_2^* (наименьший)	R (предельные отклонения $\pm 0,027$)	b
30	14	68	M8	23	28,0	25	18
40		83		28	32,5	32	
50	16	98	M10	36	35,0	37	22
60		123		42	42,5	48	
80	20	158	M12	52	55,0	65	25

* Допускается увеличение h_2 до $0,5d_3$.

6.38. Основные и присоединительные размеры резцедержателей с базировочной призмой для токарных станков с ЧПУ (ОСТ2 У16-1—78), мм



Высота резца h	Диаметр отверстия для инструмента d^*	h_1 (предельное отклонение — 0,1)	h_2 (наибольшее)	h_3	h_4 (наибольшее)	h_5 (наибольшее)	t_1	t_2 (предельное отклонение — 0,2)	b (поле допуска по h_5)	f	l (наименьшее)
16	25	56	32	32	39	20	13	5	16	3	65
20	40	72	68	42	53	25	15	6	20	5	85
25	50	90	85	50	71	30	17	6	25	8	100
32	60	115	110	65	95	45	19	6	25	8	108
40	60	140	135	80	115	60	23	6	25	8	118

* Допускается применение отверстий с d , равным 28, 36 и 48 мм.

менклатуре: резцы, сверла (с коническими и цилиндрическими хвостовиками), зенкеры, развертки, метчики и плашки. На токарных станках с ЧПУ с револьверными головками крепление режущего инструмента производится либо непосредственно в револьверную головку, либо с помощью резцедержателей с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 24900—81 (табл. 6.36, 6.37) или базировочной призмой по ОСТ2 У16-1—78 (табл. 6.38).

Типовой резцедержатель с цилиндрическим хвостовиком и перпендикулярным открытым пазом под резцы различных типов приведен на рис. 6.4. Для установки резца на высоте центров служит подкладка 2. Крепление резца осуществляется с помощью винтов 5 и прижимной планки 3. Подача СОЖ в зону резания производится через имеющийся в корпусе 1 канал, образованный пересекающимися отверстиями и заканчивающийся шариком 4, позволяющим регулировать направление подачи СОЖ. Для облегчения настройки положения вершин резцов на заданные координаты в корпусе размещены два регулировочных винта 6, расположенные под углом 45° друг к другу.

Резцедержатель с базировочной призмой и открытым пазом под резцы приведен на рис. 6.5. Принципы закрепления инструмента, подвода и подачи СОЖ, регулирования положения резцов такие

же, как и для резцедержателей с цилиндрическим хвостовиком. Отличительной особенностью резцедержателей с базирующей призмой является то, что в них можно закреплять как правые, так и левые резцы. Резцедержатели обеспечивают крепление резцов с площадью сечения державок от 16×16 до 40×40 мм.

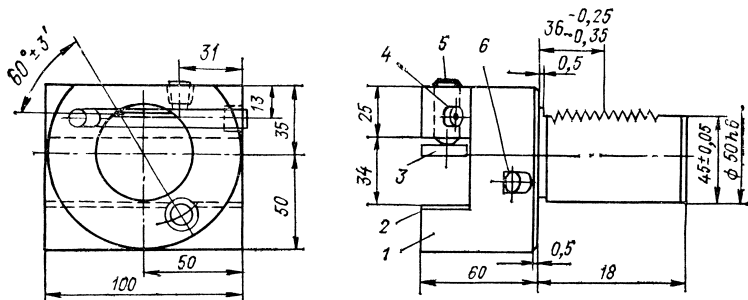


Рис. 6.4. Резцедержатель с цилиндрическим хвостовиком и перпендикулярным открытым пазом

На базе унифицированных конструкций разработана система вспомогательного инструмента для токарных станков с ЧПУ, которая включает две подсистемы.

Подсистема вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 24900—81 (рис. 6.6) предназначена для станков с ЧПУ моделей 1720ПФ3, 1П740Ф30, 1П756ДФ3, КТ141П, 1П732РФ3, 1740РФ3 и других моделей.

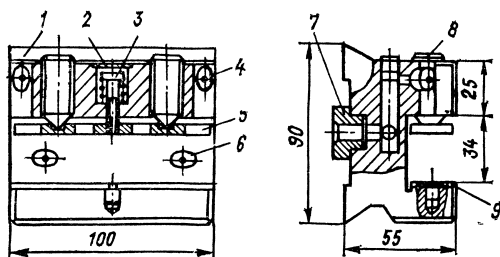


Рис. 6.5. Резцедержатель с базирующей призмой и открытым пазом:

1 — корпус; 2 — уплотнительная шайба; 3 — винт крепления прижимной планки; 4 — шарик подвода СОЖ; 5 — планка прижимная; 6 — регулировочный винт; 7 — базирующий сушарь; 8 — винт; 9 — подкладка

Резцедержатели 1—9 позволяют закреплять широкую номенклатуру резцов с площадью сечения от 16×16 до 40×40 мм. Для обработки наружных поверхностей можно использовать резцедержатели 1, 2, 4, 7—9, внутренних поверхностей, выточек, расточек — резцедержатели 3 и 5. Контурное наружное точение рекомендуется производить инструментом, закрепленным в резцедержателе 9. Резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом 6 — двусторонний, предназначен для закрепления отрезных резцов. Остальные резцедержатели 1—5, 7—9 имеют два исполнения (левое и правое) и применяются в зависимости от расположения револьверной головки и направления вращения шпинделя.

Во всех резцедержателях подвод СОЖ осуществляется от револьверной головки к вершине резца. На их поверхностях отсутствуют какие-либо выступающие элементы, на которые может навиваться стружка. Втулка 10 позволяет закреплять режущий инструмент или переходные элементы круглого сечения с диаметром от 16 до 40 мм. Перспективным является применение на токарных станках сверл 11 со сменными режущими пластинами.

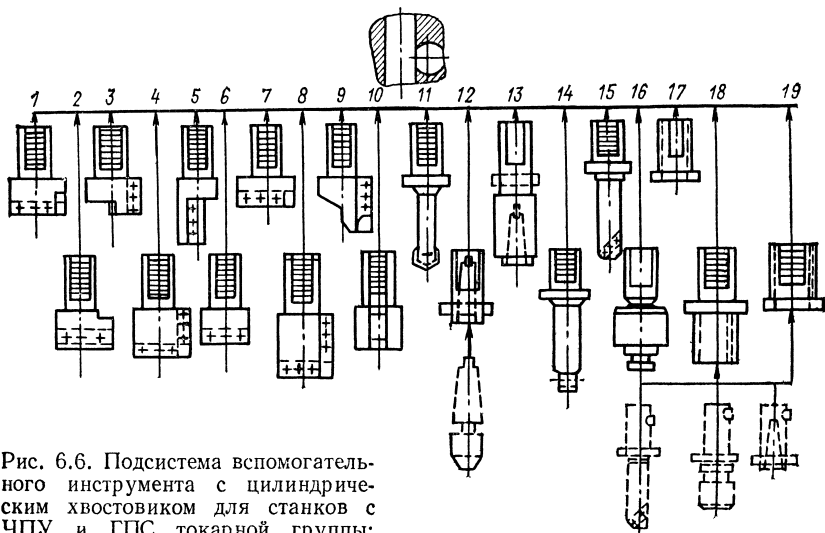


Рис. 6.6. Подсистема вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком для станков с ЧПУ и ГПС токарной группы:

1—9 — резцедержатели (1 — с перпендикулярным открытым пазом; 2 — с перпендикулярным закрытым пазом; 3 — с параллельным открытым пазом; 4 — с перпендикулярным и параллельным открытыми пазами; 5 — с осевым открытым пазом; 6 — с перпендикулярным открытым пазом; 7 — несимметричный с перпендикулярным пазом; 8 — с перпендикулярным и параллельным открытыми пазами, удлиненный; 9 — с параллельным открытым пазом, удлиненный); 10 — втулка переходная; 11 — сверло; 12 — втулка переходная с конусом Морзе; 13 — то же; 14 — борштанга расточная с перпендикулярным пазом; 15 — то же с наклонным пазом; 16 — патрон для метчиков; 17 — втулка переходная разжимная; 18 — то же со шпоночным пазом; 19 — то же укороченная

Для крепления режущего инструмента с конусом Морзе рекомендуются переходные жесткие втулки 12 и патроны с самоустанавливающейся втулкой 13.

Растачивать отверстия в деталях можно резцами, закрепляемыми в резцедержателях, либо с помощью расточных борштанг 14, 15 с диаметром оправок от 25 до 60 мм и глубиной расточки от 70 до 250 мм. Нарезать резьбы небольшого диаметра в отверстиях можно с помощью патронов для метчиков 16, позволяющих закреплять метчики с диаметром резьбы от 6 до 27 мм. При установке в патроне специальной вставки можно нарезать резьбу плашками.

Втулка переходная разжимная 17 служит для закрепления инструмента круглого сечения диаметром от 8 до 32 мм. Втулки переходные со шпоночным пазом 18 и 19 имеют диаметр отверстий 36 и 48 мм. В них может быть установлена оснастка агрегат-

ных станков, на которых используется инструмент с указанным диаметром.

На токарных станках с ЧПУ, имеющих две револьверные головки (с непосредственным закреплением в пазах инструмента и креплением через вспомогательный инструмент), применение такого инструмента позволяет уменьшить номенклатуру вспомогательного инструмента примерно в 2 раза.

Производство указанных типов вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком осваивается Николаевским

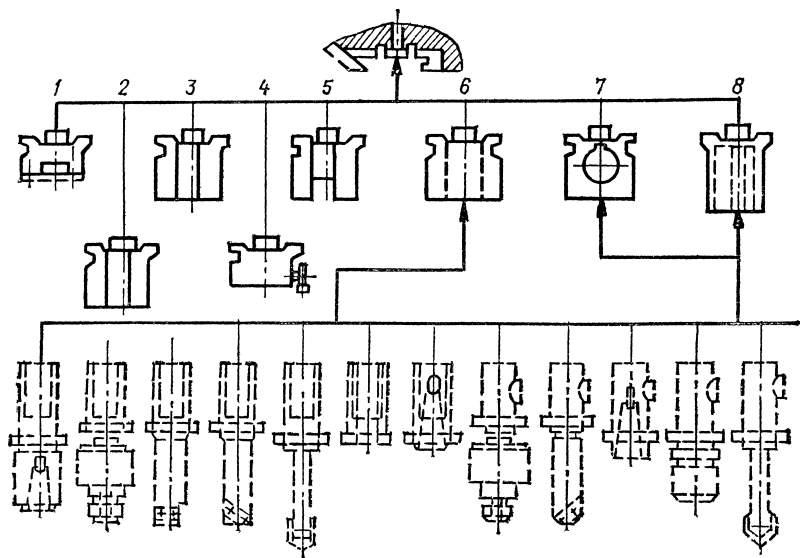


Рис. 6.7. Подсистема вспомогательного инструмента с базирующей призмой для станков с ЧПУ токарной группы

опытным заводом технологической оснастки и Хмельницким инструментальным заводом.

Подсистема вспомогательного инструмента с базирующей призмой по ОСТ2 У16-1—78 (рис. 6.7) предназначена для станков с ЧПУ моделей 1П756МФ3, 1А734Ф3, 1А751Ф3, СМ710Ф3, 16К30Ф3 и др. Позволяет закреплять на станке инструмент из предыдущей подсистемы (рис. 6.6), что в ряде случаев расширяет технические возможности станков, а также способствует сокращению номенклатуры вспомогательного инструмента.

Резцедержатель 1 с открытым или закрытым продольным пазом отличается высокой точностью и позволяет полностью использовать мощность станка на черновых режимах. В нем может быть закреплен инструмент с площадью сечения от 16×16 до 40×40 мм. В случае, если необходимо повысить жесткость резцедержателя, его паз выполняют закрытым. Резцедержатель — двусторонний, может быть использован при любом положении револьверной

головки и любом вращении шпинделя. С обеих сторон имеется подвод СОЖ на режущую кромку установленного в нем резца. Для предварительной настройки режущего инструмента вне станков имеются регулировочные винты.

Резцедержатель 2 с открытым перпендикулярным пазом изготавливают в двух исполнениях: правом и левом. Отличается высокой жесткостью и позволяет вынести режущий инструмент за пределы револьверной головки, что улучшает технологические возможности станка.

Более универсален двусторонний резцедержатель 3, который позволяет закрепить и вести обработку двумя режущими инструментами. В подсистему входит распределитель СОЖ 4.

Наибольшей универсальностью обладает трехсторонний резцедержатель 5. Вместе с тем жесткость его меньше жесткости резцедержателей с открытым и закрытым пазом.

Держатель 6 предназначен для крепления вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком (диаметром от 30 до 60 мм) со смещенными отверстиями, перпендикулярными к базовой поверхности.

Держатели 7, 8 для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком и отверстием, параллельным (7) и перпендикулярным (8) к базовой поверхности, имеют два исполнения: для крепления инструмента диаметром 30, 40, 50, 60 мм и вспомогательного инструмента диаметром 36 и 48 мм и шпонкой. Резцедержатели с базирующей призмой выпускаются Калининским заводом штампов им. 1 Мая. Для автоматической смены большого числа инструмента на токарных станках с ЧПУ разработаны системы модульного токарного инструмента. Малогабаритные резцовые вставки для установки в державочной части снабжаются специальными базовыми поверхностями. Резцовые вставки находятся в инструментальных магазинах большой емкости, что обеспечивает замену инструмента по мере его затупления, без вмешательства оператора. С помощью робота резцовые вставки извлекаются из магазина и перемещаются к державочным частям, располагающимся в револьверной головке станка. Система блочного инструмента «Block Tool System» (BTS) разработана фирмой «Сандвик Кормант» (*Sandvik Coromant*, Швеция). Режущий инструмент в этой системе выполняется в виде резцовых вставок для наружного и внутреннего точения, сверл с МНП. Резцовые вставки имеют прямоугольную присоединительную часть с вертикальными плоскими направляющими и двумя вертикальными V-образными канавками для захвата манипулятором (рис. 6.8) Боковые плоские направляющие могут слегка разжиматься. Для этого пре-

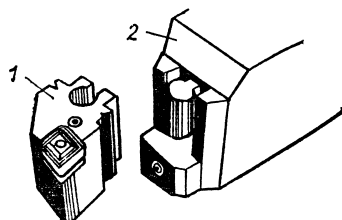


Рис. 6.8. Крепление резцовых вставок системы BTS:

1 — вставка; 2 — державка

дусмотрен паз, прорезанный в цилиндрическом отверстии. Вставки одинакового назначения изготавливаются с точностью координат вершины МНП x и y от базовых плоских направляющих $\pm 0,25$ мм. Способы закрепления МНП во вставках зависят от вида МНП и унифицированы со стандартными (для этой фирмы) резцами с МНП.

Для хранения и подачи резцовых вставок разработаны вращающиеся инструментальные магазины барабанного типа. На наружной поверхности многогранного барабана устанавливаются быстросменяемые секции, в которые вертикально друг за другом закладываются резцовые вставки одного типоразмера. В мага-

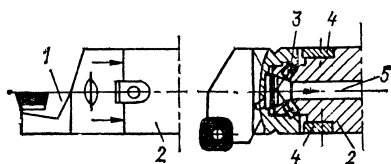


Рис. 6.9. Крепление резцовых головок в системе «Multiflex»

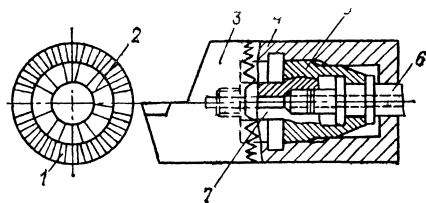


Рис. 6.10. Крепление резцовых головок в системе «Hertel—FTS»

зинах может находиться от 60 до 240 резцовых вставок. На станке одновременно можно использовать до 24 резцовых вставок различных типов с разной геометрией. Вертикальные секции рассчитаны на 5 и 10 вставок. Однако обычно того числа единиц инструмента, которое может быть установлено в двух револьверных головках токарного станка с ЧПУ, достаточно для обработки всех поверхностей самой сложной детали типа вала или фланца. На станке осуществляются подрезка торцов, сверление, черновое точение, растачивание, контурное черновое точение, окончательная контурная обработка, прорезка канавок, нарезание резьбы и отрезка.

При автоматической смене резцовых вставок из магазина производится автоматическое измерение координат вершины блока после каждой смены инструмента с помощью датчиков касания. Точность позиционирования и повторяемость положения вершины одного инструмента при многократных заменах составляет по оси $x \pm 2$ мкм, по оси $y \pm 3$ мкм.

В системе «Multiflex» фирмы «Видиа Крупп» (*Widia Krupp*, ФРГ) сменные головки имеют цилиндрические и торцовые базовые поверхности (рис. 6.9). На конце державки 2 — цилиндрическая цапфа, входящая в отверстие в корпусе сменной головки 1. В отверстии державки размещена центральная тяга 5, контактирующая с четырьмя расположенными наклонно к оси тяги штифтами 3. При перемещении тяги штифты взаимодействуют с кольцевой выточкой в отверстии головки и закрепляют ее на цапфе державки, подтягивая головку в осевом направлении до упора

в торец. Цилиндрическая папфа входит в отверстие головки на длину, равную $\frac{2}{3}$ его диаметра, и воспринимает радиальную составляющую силы резания. Крутящий момент воспринимают две шпонки 4, закрепленные на державке и входящие в пазы на торце сменной головки. Шпонки служат также для индексации право- и леворезущих сменных головок при повороте их на 180° .

Точность установки сменных головок «Multiflex» в направлении оси $x \pm 3$ мкм, оси $y \pm 6$ мкм.

Аналогично вышеописанной системе BTS, головки системы «Multiflex» хранятся в инструментальном магазине и автоматически подаются для замены затупленного инструмента.

Фирма «Хертель» (*Hertel*, ФРГ) разработала инструментальную систему «Hertel—FTS», состоящую из малогабаритных инструментальных головок и державочной части любого исполнения, зависящего от конструкции станка. Соединение головок с державочной частью осуществляется зацеплением двух плоских зубчатых полумуфт 1, получаемых способом холодного выдавливания (рис. 6.10). Затяжка головок 3 в осевом направлении производится с помощью тяги 6 в цанговом патроне, размещенном в державочной части 4 (или в револьверной головке станка). Головки крепятся цанговым зажимом без зазоров и с большой осевой силой. Зажимная цанга 5 состоит из нескольких металлических элементов, залитых в резине 2. Благодаря этому она раскрывается достаточно широко и при смене инструмента не требуется точного позиционирования для направления хвостовика 7 головок. Осевое перемещение тяги в державочной части может осуществляться вручную или с помощью электродвигателя с контролируемым моментом. В системе использован один способ базирования и закрепления головок как для внутренней, так и наружной обработки, правых и левых инструментов, неподвижного и вращающегося инструмента, нормально стоящего и перевернутого реза.

Головки выпускаются трех размеров с диаметром полумуфт 80, 60 и 40 мм. Инструментальные головки и державки инструмента снабжены каналами для подвода СОЖ непосредственно в зону резания. Для захвата грейфером робота головки имеют две пары V-образных канавок, расположенных под углом 90° друг к другу. Это позволяет при замене перемещать инструмент вверх, вперед и в сторону в зависимости от особенностей станка.

Система включает в себя инструментальный магазин, состоящий из отдельных дисков диаметром 360×100 мм с 12 позициями для размещения головок диаметром 40 и 60 мм. Эти диски можно собирать в барабанный магазин произвольных размеров.

В гибкой производственной системе, для которой предназначена система «Hertel—FTS», свободный выбор инструмента для выполнения определенного перехода требует системы кодирования головок: кодирования места в барабане для быстрого нахождения нужной головки и идентифицирующего кода для гарантии, что предусмотренный инструмент также будет заменен новым. Для

кодирования на нижней поверхности каждой головки предусмотрена микропроцессорная схема. Это позволяет вводить в код фактические отклонения вершины инструмента от номинальных размеров и вести учет времени работы инструмента.

Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ сверлильно-расточной и фрезерной групп и ГПС. Специализированные станки с ЧПУ (сверлильные, фрезерные, горизонтально-расточные, координатно-расточные), «обрабатывающие центры» и ГПС на их базе комплектуются соответствующей инструментальной оснасткой. В связи с разнообразием способов крепления инструмента и технологических процессов обработки на один станок в среднем требуется 20—30 специальных конструкций режущего и вспомогательного инструмента. Разработана система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ этих групп, обладающих большой универсальностью.

На рис. 6.11 приведена схема компоновки инструментальных блоков из набора элементов.

В набор включены оправки для насадных фрез (1, 2, 3), предназначенные для крепления торцовых, трехсторонних, цилиндрических и других фрез, с торцовыми или продольными шпонками. Цанговые патроны (4, 6) являются основным средством крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком: стандартных сверл, зенкеров, разверток и фрез диаметром до 20 мм и специальных фрез диаметром 20—40 мм. Преимуществом цанговых патронов является возможность короткого закрепления сверл. Для крепления специальных концевых фрез предназначены втулки 5 с боковым прижимом винтами. Нерегулируемые переходные втулки 7, 8 предназначены для инструмента с конусом Морзе № 2—5.

В системе предусмотрена широкая номенклатура расточных оправок и головок для чистовой и черновой обработки. Включены конструкции оправок 11, 12 для чистовой обработки отверстий диаметром 45—350 мм. Оправки могут быть с прямыми и наклонными гнездами под резцовые расточные вставки с микрометрической регулировкой. В однолезвийных оправках 10 для чернового растачивания отверстий диаметром от 55 до 180 мм предусмотрено использование стандартных расточных державочных резцов. Для предварительной обработки отверстий диаметром от 80 до 250 мм предусмотрены двухзубые расточные головки 14, оснащенные неперетачиваемыми твердосплавными пластинами. Пластины устанавливаются с углом в плане ϕ , равным 75 и 90°. Подрезку торцовых кольцевых поверхностей рекомендуется осуществлять расточными пластинами, закрепленными в специальных оправках 13, или универсальными расточными головками 15 с поперечным ходом каретки.

В качестве переходного патрона в наборе используют переходные державки 9 с наружным конусом 7 : 24, состоящие из корпуса с внутренним цилиндрическим отверстием диаметром 36

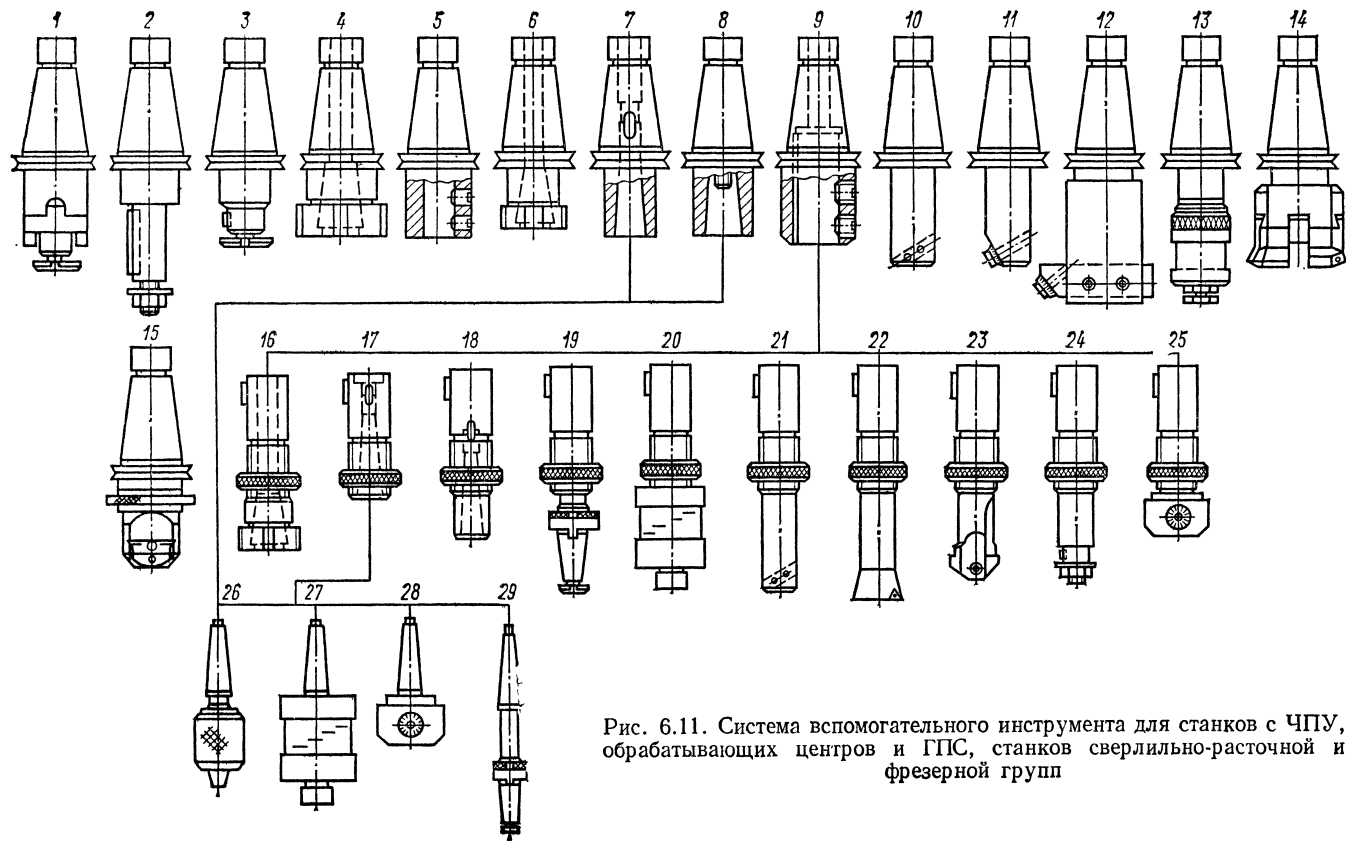


Рис. 6.11. Система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ, обрабатывающих центров и ГПС, станков сверлильно-расточной и фрезерной групп

и 48 мм и винтов для фиксации положения закрепляемого хвостовика. Цилиндрическое отверстие имеет шпоночный паз для шпонки цилиндрического хвостовика. В державках закрепляются переходные цилиндрические втулки 17, 18, цанговые патроны 16, оправки для насадных зенкеров и разверток 19, патроны для метчиков 20, оправки расточные 21, головки расточные 22, оправки 23 для перовых сверл и 24 — для насадных фрез, расточные патроны 25. С учетом применяемости инструмента с конусом Морзе в систему включены сверлильные патроны 26, патроны для метчиков 27, расточные патроны 28 и оправки для насадных разверток 29.

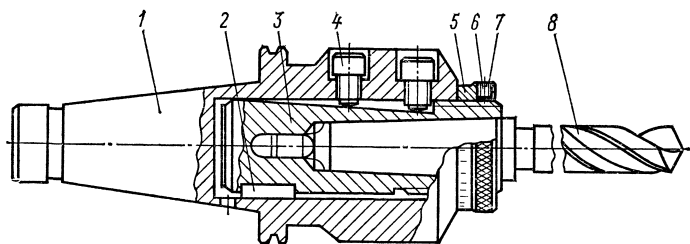


Рис. 6.12. Сборный переходный патрон для крепления инструмента с коническим хвостовиком

Для сборки вспомогательного инструмента используется цилиндрическое соединение по ГОСТ 13876—76 *.

Преимуществами выбранного направления агрегатирования вспомогательного инструмента являются: 1) универсальность вспомогательного инструмента и его взаимозаменяемость в различных по конструкции станках, включая токарные станки с ЧПУ, агрегатные станки и автоматические линии для массового и крупносерийного производства; 2) снижение стоимости инструмента при изготовлении за счет уменьшения номенклатуры и соответствующего повышения серийности выпуска инструмента с конусом 7 : 24; 3) рациональное использование металла при изготовлении инструмента ступенчатой формы (например, расточных оправок малого диаметра); 4) снижение расходов на инструмент за счет сокращения его количества на участках из станков с ЧПУ; 5) возможность предварительной наладки осевых размеров инструмента.

Для крепления инструмента с конусами Морзе используют патрон, показанный на рис. 6.12. Корпус 1 патрона с конусом 7 : 24 имеет внутреннее цилиндрическое отверстие диаметром 36 и 48 мм со шпоночным пазом. Допуски на внутреннюю цилиндрическую поверхность: на диаметр — по 6-му качеству, на цилиндричность — не более 0,01 мм. Биение отверстия относительно оси хвостовика не должно превышать 0,02 мм. В корпусе находится регулируемая втулка 3, в которой размещен инструмент 8. Регу-

лирование вылета инструмента осуществляется за счет вращения регулировочной гайки 5 по наружной трапецеидальной резьбе втулки 3. Образующаяся при этом резьбовая пара обеспечивает осевое перемещение инструмента, который не имеет вращения из-за шпонки 2. После достижения требуемой величины вылета гайка фиксируется на втулке с помощью винта 6 и прокладки 7, а сама втулка в корпусе — винтами 4. Для предотвращения вытягивания втулки из корпуса патрона на ее поверхности сделан косой срез. Разработаны цилиндрические втулки с наружным диаметром 36 и 48 мм, с внутренним конусом Морзе № 1—4.

В качестве основного средства для крепления стандартного инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром 5—25 мм рекомендуются цанговые патроны. Цанговый патрон (рис. 6.13) обеспечивает осевое регулирование вылета инструмента в широких пределах за счет надежного крепления в цанге 1 с малым углом наружной конической поверхности ($11^{\circ} 25' 16''$) и установки упора 5.

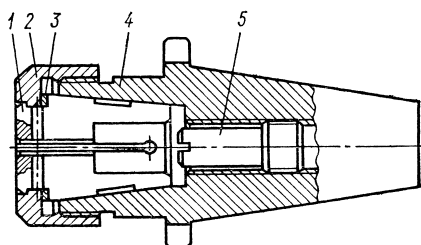


Рис. 6.13. Цанговый патрон для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком

В корпусе 4 патрона размещается разрезная цанга 1, которая имеет 8 прорезей с двух сторон и устанавливается в зажимающе-раскрепляющей гайке 2. Гайка 2 имеет на внутренней поверхности кольцевой выступ, который входит в кольцевую канавку цанги. Это обеспечивает при завинчивании гайки 2 перемещение цанги вдоль оси по направлению к конусу корпуса 4. Промежуточное кольцо 3 позволяет снизить потери силы затяжки на трение торца гайки о торец цанги. При отвинчивании гайки цанга перемещается в обратном направлении, освобождая инструмент от закрепления. Для крепления режущего инструмента на тяжелых станках с ЧПУ применяют вспомогательный инструмент с хвостовиками по ГОСТ 24644—81* и конусами 55 и 60.

Резьбонарезные патроны (рис. 6.14) предназначены для нарезания резьбы метчиками в сквозных и глухих отверстиях. Патрон состоит из корпуса 4, сменного хвостовика 7, предохранительной шариковой муфты 5, выдвижного метчикодержателя 3, быстросменных метчиковых вставок 2. Крутящий момент регулируется гайкой 6. Метчикодержатель возвращается в исходное положение после нарезания резьбы и выхода метчика из нарезанного отверстия пружиной 8. Нарезание резьбы происходит самозатягиванием метчика за счет выдвижения метчикодержателя. На обычном оборудовании допускается нарезание резьбы за счет выдвижения шпинделя станка. Замена метчиковой вставки производится нажатием на замковую втулку 1 до совмещения оси канавки втулки с осью шарика 9.

Для крепления концевых фрез на станках с ЧПУ зарубежных моделей (рис. 6.15) применяют патроны Autolock фирмы «Кларк-сон» (Clarkson, Англия). Концевые фрезы 5 с наружной резьбой на хвостовике ввинчиваются в цангу 4, которая установлена в гайке 3. Перед работой фрезу ввинчивают в цангу до упорного

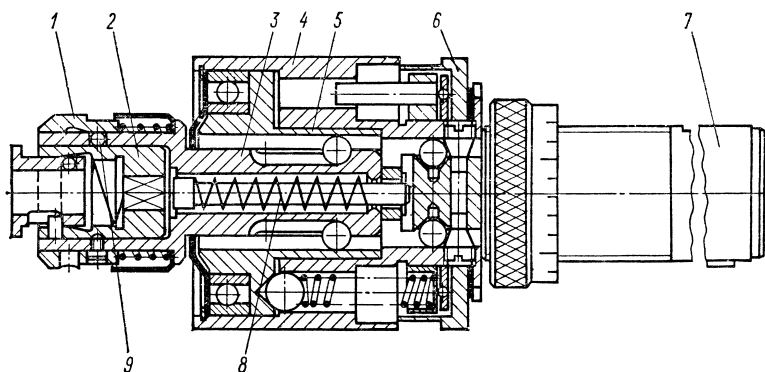


Рис. 6.14. Патрон резьбонарезной регулируемый

центра 2, а затем зажимают гайкой, которая вворачивается в корпус 1. Если в процессе фрезерования усилие резания проворачивает фрезу, то она, ввинчиваясь в цангу, заставляет последнюю выдвинуться вперед и еще сильнее зажать фрезу.

Для крепления разверток с коническим хвостовиком на многооперационных станках в ГДР фирмой «Шмалькальда» (Schmalcalda, ГДР) разработан «плавающий» патрон (рис. 6.16). В корпусе 1 с конусом 7:24 установлена цилиндрическая втулка 4 с внутренним конусом Морзе. Крутящий момент на втулку передается через штифт 3 и качающийся сухарь 2. Осевое перемещение втулки ограничено запорным резьбовым кольцом 6. «Плавание» втулки осуществляется за счет деформации четырех колец 5 из резины, установленных попарно на концах втулки.

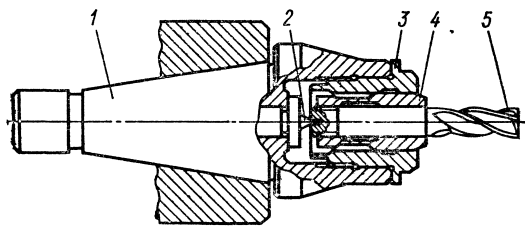


Рис. 6.15. Патрон Autolock фирмы «Кларк-сон»

«Плавание» втулки осуществляется за счет деформации четырех колец 5 из резины, установленных попарно на концах втулки.

На практике применяется патрон для зажима инструмента с цилиндрическими хвостовиками с помощью резинометаллических цанг. Цанга представляет собой резиновую отливку, армированную тремя и более стальными зажимными пластинами. Благодаря специальной технологии изготовления и особому составу синтетической резины соединение пластин и отливки не

нарушается при нагружении и не разрушается под действием СОЖ и масел.

Резинометаллические цанги в основном применяются для крепления сверл. Они обеспечивают более высокую точность и надежность крепления, чем сверлильные патроны, и почти не уступают им в широте диапазона зажима. На рис. 6.17 представлен сверлильный патрон с этим видом цанг.

Цанга 3 размещается в коническом отверстии корпуса 5 с хвостовиком, необходимым для крепления на станке. Для крепления инструмента ключом 9 вращается гайка 7 с зубчатым винтом, которая соединена с корпусом

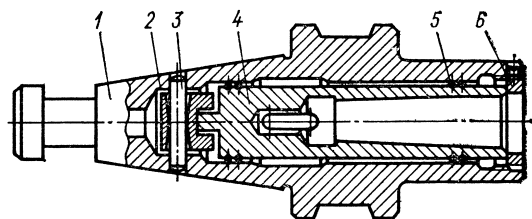


Рис. 6.16. Патрон для крепления разверток фирмы «Шмалькальда»

однорядной передачей из шариков 1, предохраняемых от выпадения винтом 8. При вращении гайки по резьбе стакана 6 последний перемещается в осевом направлении по шпонке 2 и внутренним торцом нажимает на цангу, которая сжимается и закрепляет инструмент. Для большей прочности в стальных пластинах предусмотрены отверстия 4, через которые образуются перемычки, соединяющие резиновый корпус в одно целое.

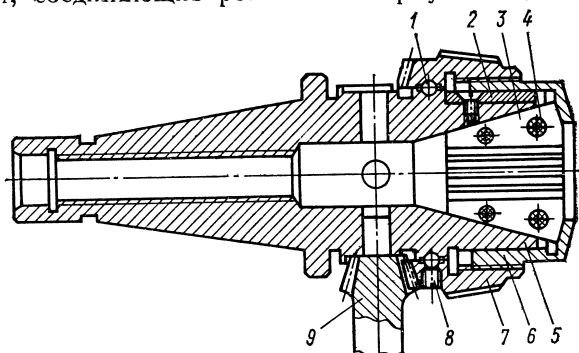


Рис. 6.17. Патрон для крепления инструмента с помощью резинометаллических цанг

Резинометаллические цанги обеспечивают возможность зажима инструментов разных диаметров. Так, цанга (см. рис. 6.17) с размерами $D \times L$, равными 12×10 ; $16 \times 12,5$ и 30×16 , зажимает инструмент диаметром 1,8—2,8; 2,8—7 и 7—13 мм.

Расчет точности и жесткости вспомогательного инструмента. Важнейшим требованием к вспомогательному инструменту являются достаточные точность и жесткость, от которых зависит качество обработки деталей.

Допустимые значения биения, мм, присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента, приведенные к вылету режущих кромок:

Сверла:		
с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6—18 мм	0,056	
» коническим » 18—30 мм	0,071	
Зенкеры и развертки диаметром до 50 мм	0,062	
» » » 120 мм	0,071	
Расточные оправки:		
для полустистой обработки отверстий диаметром 22—180 мм (биение оправки)	0,030	
для чистовой обработки отверстий:		
диаметром 25—80 мм (биение оправки)	0,005	
» 80—180 мм	0,010	

Упругие деформации технологической системы СПИД, возникающие в процессе обработки отверстий, также оказывают существенное влияние на точность их размеров, формы и взаимного расположения.

Ниже приведены значения допустимой податливости, мкм/Н, вспомогательного инструмента в зависимости от закрепляемого инструмента:

Патроны и втулки для сверл:	
диаметром 6—18 мм	0,292
» 18—30 мм	0,186
Расточные оправки для полустистой обработки отверстий:	
диаметром 20—80 мм	0,153
» 80—180 мм	0,110
Расточные оправки для чистовой обработки отверстий:	
диаметром 40—80 мм	0,115
» 80—180 мм	0,073

Данные о предельно допустимых значениях точности и жесткости служат критериями оценки качества конструкций вспомогательного инструмента при определении технических требований к его элементам.

Биение режущей части инструмента в системе координат станка рассматривается как замыкающее звено в сложной размерной цепи, образованной отклонениями линейных и угловых размеров элементов системы СПИД. Решение уравнения этой цепи теоретико-вероятностным методом позволяет учесть законы распределения отклонений размеров вспомогательного и режущего инструмента при их изготовлении и случайный характер составляющих погрешностей, таких, как смещения и перекосы осей при сборке режущего и вспомогательного в инструментальные блоки.

Угловые ошибки составляющих звеньев (перекосы осей) и векторные ошибки (параллельное смещение осей) суммируются

приведением перекосов осей к векторному виду в плоскости замыкающего звена (биения режущей части) через передаточные отношения:

$$\bar{e}_{\Sigma}(x) = \frac{1}{k_{\Sigma}(x)} \sqrt{A_i^2 k_i^2 e_i^2 + \sum_i^{n_x-1} A_{x_i}^2 k_{x_i}^2 e_i^2}, \quad (6.1)$$

где $\bar{e}_{\Sigma}(x)$ — половина допускаемого биения режущей части как замыкающего звена; $k_{\Sigma}(x)$ — коэффициент относительного рассеивания замыкающего звена; $A_i k_i e_i$ — принятое за скалярную величину наибольшее произведение одной из векторных величин e_i на свое передаточное отношение A_i и коэффициент относительного рассеивания k_i ; k_x — приведенный коэффициент относительного рассеивания, одинаковый для всех звеньев с векторными ошибками.

Коэффициент k_{Σ} рассчитывают по формуле

$$k_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum_{i=1}^n \bar{e}_i} \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2 \bar{e}_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n \bar{e}_i^2} \right). \quad (6.2)$$

Для каждого звена необходимо определить характеристики распределения производственного допуска при обработке соединительных поверхностей вспомогательного инструмента k_i . Для деталей, обрабатываемых шлифованием и контролируемых с помощью универсальных средств измерения, значения коэффициентов k_i приведены в табл. 6.39. Зависимость биения инструмента от точности изготовления конусов приведена в табл. 6.40.

Значения перекоса e оси инструмента на вылете 100 мм в зависимости от точности изготовления цилиндрических соединений приведены ниже:

Квалитет точности (СТ СЭВ 144—75)	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
Перекося e , мм	1,0	1,6	3,2	4,3	6,0	12,0

Пример. Расчет биения 2е оправки, закрепленной в цанговом патроне (рис. 6.18). Биение конического отверстия шпинделя станка с ЧПУ класса точности Н у торца — 0,008 мм, на вылете 300 мм — 0,010 мм, т. е. допустимый перекося — 0,001 мм на 300 мм длины.

Погрешность изготовления конических поверхностей с конусностью 7 : 24 принимаем по АТ7 (ГОСТ 19860—74), что соответствует максимальной разнице углов внутреннего и наружного конусов 16" и значению перекося в коническом соединении 0,0025 мм на вылете 100 мм (см. табл. 6.40). Максимальное биение конического отверстия корпуса цангового патрона относительно оси конуса хвостовика не более 0,010 мм.

Погрешность изготовления конических поверхностей цанги и корпуса цангового патрона с конусностью 1 : 5 принимаем по степени точности АТ7. Максимальное биение цилиндрического отверстия цанги относительно наружного конуса цанги не более 0,010 мм.

В табл. 6.41 приведены данные для расчета биения инструмента в цанговом патроне.

6.39. Значения коэффициента k_i

Способ получения поверхности	Вид поверхности	k_i
Наружное шлифование в центрах	Конус Морзе	1,15
	» 7 : 24	1,51
	» 1 : 5	1,37
	Цилиндрическая	1,09
Внутреннее шлифование	Конус Морзе	1,17
	» 7 : 24	1,17
	» 1 : 15	1,21
	Цилиндрическая	1,09
Бесцентровое шлифование	Конус Морзе	1,03

6.40. Значения биеия $2e$ инструмента на вылете 100 мм в зависимости от точности изготовления конусов, мкм

Конусность	Степень точности конусов							
	AT3	AT4	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
7 : 24	1	1,2	1,3	2,6	5,0	12,0	—	—
1 : 20 (конус Морзе)	—	—	9,5	10,5	15,0	18,0	20,0	24,5
1 : 5	—	—	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	17,0

По формуле (6.2) и данным табл. 6.42 определяем значение $k_{\Sigma(x)} = 1,4$. В качестве скалярной величины принимаем биеие оси конического отгверстия в корпусе цангового патрона, далее по формуле (6.1)

$$\bar{e}_{\Sigma(x)} = \frac{1}{1,04} \sqrt{(1 \cdot 1,14 \cdot 5)^2 + (1 \cdot 0,63 \cdot 1,1)^2 + (4 \cdot 1 \cdot 1,17)^2 + (2,5 \cdot 1,51 \cdot 1,4)^2 + \dots + (6 \cdot 1,37 \cdot 0,6)^2 + (5 \cdot 1,09 \cdot 1)^2} = 11,2 \text{ мкм.}$$

Биеие $2\bar{e}$ цангового патрона составляет 0,022 мм на вылете 50 мм от торца патрона.

Производственные погрешности, вызываемые деформацией вспомогательного инструмента, составляют 60 % и более суммарной погрешности обработки. Вспомогательный инструмент как элемент системы СПИД испытывает деформацию двух видов: 1) деформацию тела своих деталей (изгиб, скручивание); 2) деформацию поверхностных слоев этих деталей, которыми они контактируют в местах соединения. Деформациям 1-го вида противостоит объемная жесткость, а 2-го — контактная жесткость. Это два принципиально различных вида жесткости, методы определений которых также различны.

Объемная жесткость (податливость) с достаточной для практики степенью точности определяется по установленным в курсе сопротивления материалов зависимостям, исходя из действия составляющих сил резания, геометрических размеров и свойств материалов, из которых изготовлен вспомогательный инструмент.

Контактная жесткость (податливость) в стыках также определяет деформации в местах приложения сил резания. Контактная деформация зависит от многих факторов: численного значения и вида нагружения, величины и распределения давлений, значений зазоров, точности обработки и размеров сопрягаемых поверхностей. Наклон в стыках деталей вспомогательного инструмента вызывает существенные перемещения в точке приложения силы (в ряде случаев даже большие, чем прогиб самих режущих инструментов на свободной длине). Упругое контактное перемещение вспомогательного инструмента и закрепленного в нем режущего инструмента под действием силы P , приложенной на некотором удалении от конца стыка, может быть рассчитано по формуле

$$y = \theta l, \quad (6.3)$$

где θ — угол поворота в стыке, мкм/мм.

6.41. Данные для расчета биения инструмента, закрепленного в цанговом патроне

Биение	Ошибка	e_i	k_i	A_i
Шпинделя от перекоса осей	Угловая	$\frac{1 \text{ мкм}}{300 \text{ мм}}$	1,1	0,63
Конического отверстия	Векторная	4 мкм	1,17	1
Корпуса цангового патрона от перекоса при установке конуса с конусностью 7 : 24	Угловая	$\frac{2,5 \text{ мкм}}{100 \text{ мм}}$	1,51	1,4
Оси конического отверстия в корпусе цангового патрона относительно оси конического хвостовика с конусностью 7 : 24	Векторная	5 мкм	1,14	1
Оси цанги от перекоса при установке в корпусе конусностью 1 : 5	Угловая	$\frac{0,6 \text{ мкм}}{100 \text{ мм}}$	1,37	0,6
Оси цилиндрического отверстия в цанге относительно оси наружной конической поверхности цанги	Векторная	5 мкм	1,09	1

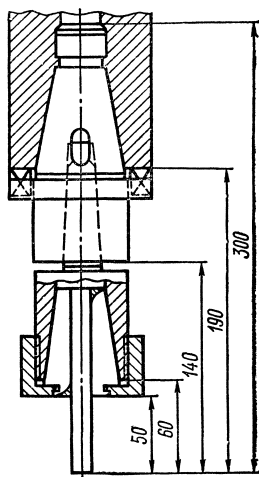


Рис. 6.18. Цанговый патрон для крепления концевых фрез

6.42. Значение угла поворота θ_1/M в конусах 7: 24, 1/(кН·м)

Обозначение кону а	Точность изготовления			
	А15	АТ6	АТ7	АТ8
40	0,00121	0,00133	0,00142	0,00191
50	0,00020	0,00027	0,00035	—

6.43. Значения угла поворота θ_2/M в цилиндрических соединениях с односторонним натягом (с бксковым зажимом винтами), 1/(кН·м)

Диаметр соединения, мм	Зазор в соединении, мм	Направление внешней силы, нагружающей соединение	
		в направлении силы затяжки винтов	перпендикулярно к силе затяжки винтов
36	0,014 0,037	0,0032 0,0041	0,0060 0,0079
48	0,014 0,026 0,048	0,0010 0,0012 0,0016	0,0014 0,0032 0,0062

6.44. Значения угла поворота θ_3/M в конусах Морзе, 1/(кН·м)

Обозначение конуса	Исполнение	Точность изготовления		
		АТ7	АТ8	АТ9
N1	С лапкой	0,2012	0,2097	0,2110
N2	С резьбой С лапкой	0,0433 0,0447	0,0436 0,0476	0,0642 0,0499
N3	С резьбой С лапкой	0,0118 0,0124	0,0124 0,0141	0,0136 0,0157
N4	С резьбой С лапкой	0,0034 0,0046	0,0038 0,0052	0,0046 0,0055
N5 N6	С резьбой » »	— —	0,00080 0,00027	— —

6.45. Значения угла поворота θ_4/M в цанговом зажиме, $1/(\text{кН}\cdot\text{м})$

Диапазон диаметров закрепляемых хвостовиков, мм	Диаметр хвостовика, мм	θ_4 — для стыка цанга — корпус патрона	θ_4 — для стыков хвостовик инструмента — цанга — корпус патрона
5—20	6	0,0019	0,0103
	10		0,0056
	12		0,0047
	16		0,0040
	20		0,0038
20—40	20	0,0010	0,0029
	40		0,0026

Данные о податливости различных видов соединений (углах поворота, отнесенных к нагружающему моменту $M = Pl$) приведены в табл. 6.42—6.45.

Перемещение $\delta_{\text{в}}$ инструмента в точке приложения нагружающей силы P может быть определено по формуле

$$\delta_{\text{в}} = P \sum_{i=1}^n \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^n l_i \right)^3}{3EJ_i} + 10^{-3} \frac{\theta_i}{M} \left(\sum_{i=1}^n l_i \right)^2 \right], \quad (6.4)$$

где P — нагружающая сила (например, сила резания), Н; l_i — длина i -го элемента вспомогательного инструмента, мм; J_i — осевой момент сечения i -го элемента, мм^4 , $J_i = 0,05d_i^4$ (d_i — диаметр i -го сечения, мм); n — число элементов; E — модуль продольной упругости, $E = 2,1 \cdot 10^2$ ГПа; θ_i/M — угол поворота (податливость) i -го соединения, $1/(\text{кН}\cdot\text{м})$.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА, КОНСТРУИРОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНСТРУМЕНТОВ

Общие конструктивные признаки инструментов являются основой их классификации по ОКП и приведены в гл. 3.

При расчете и конструировании инструмента рассматриваются также вопросы, общие для отдельных видов инструментов (а в ряде случаев и для всех видов):

некоторые технологические решения, такие, например, как профилирование инструмента 2-го порядка;

контроль качества, в том числе размерно-геометрических параметров инструментов и средств оснащения, используемых при этом; оценка экономической эффективности от внедрения инструмента;

рациональная их эксплуатация.

7.1. Размеры и точность изготовления инструментов

Размеры и точность изготовления стандартизованных инструментов определяются стандартами на конкретные виды инструментов и размерными рядами нормальных чисел [75], регламентирующих размеры всех видов инструментов (табл. 7.1).

Размеры и точность инструментов специальных конструкций определяются требованиями к изделиям, подлежащим обработке. При отсутствии особых условий размеры и точность изготовления специальных инструментов целесообразно приближать к стандартизованным (для использования опыта его изготовления, оснастки, контрольных калибров, пробок и т. д.).

Для удобства все концевые инструменты в зависимости от диаметра группируются в размерные ряды со следующими интервалами значений (СТ СЭВ. 145—75), мм.

Основные интервалы: до 3; 3—6; 6—10; 10—18; 18—30; 30—50; 50—80; 80—120; 120—180; 180—250; 250—315; 315—400; 400—500 и т. д.

Промежуточные интервалы: 10—14; 14—18; 18—24; 24—30; 30—40; 40—50; 50—65; 65—80; 80—100; 100—120; 120—140 и т. д.

Допускаемые отклонения по диаметру назначаются на каждый интервал по среднему геометрическому значению диаметра, равному $D_{\text{инг}} = \sqrt{D_{\text{мин}} D_{\text{мах}}}$.

Значения допусков зависят от качества. Для наиболее часто применяемых в инструментальном производстве качеств допуски на линейные размеры составляют: IT5—7*i*; IT6—10*i*; IT7—16*i*; IT8—25*i*; IT9—40*i*; IT10—64*i*; IT11—100*i*; IT12—160*i*; IT13—250*i*; IT14—400*i*; IT15—600*i*; IT16—1000*i*; IT17—1600*i*; IT18—2500*i*. Значение *i*, мкм, для каждого интервала для цилиндрических изделий определяется по формуле $i = 0,45 \sqrt[3]{D_{\text{инт}}} + 0,001D_{\text{инт}}$.

Для других линейных размеров вместо *D* в формулы подставляют соответствующий размер (например, длину *L*).

Значения полей допусков диаметров для некоторых видов инструментов, рекомендуемые ИСО (точные инструменты), приведены в табл. 7.2.

7.1. Ряды нормальных чисел

R40	R20	R10	R5	R40	R20	R10	R5	R40	R20	R10	R5
Знаменатель				Знаменатель				Знаменатель			
1,06	1,12	1,26	1,58	1,06	1,12	1,26	1,58	1,06	1,12	1,26	1,58
1,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	2,5	2,5	6,3	6,3	6,3	6,3
1,06				2,65				6,7			
1,12				2,8				7,1			
1,18	3	7,5									
1,25	1,25	1,25		3,15	3,15	3,15		8,0	8,0	8,0	
1,32				3,35				8,5			
1,4				3,55				9,0			
1,5	1,4	1,4		3,75	3,55	9,5					
1,6	1,6	1,6	1,6	4,0	4,0	4,0	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1,7				4,25				10,6			
1,8				4,5				11,2			
1,9	4,75	11,8									
2	2	2		5,0	5,0	5,0		12,5	12,5	12,5	
2,12				5,3				13,2			
2,24				5,6				14,0			
2,36	2,24	2,24		6,0	5,6	15,0					

R40	R20	R10	R5	R40	R20	R10	R5	R40	R20	R10	R5
Знаменатель				Знаменатель				Знаменатель			
1,06	1,12	1,26	1,58	1,06	1,12	1,26	1,58	1,06	1,12	1,26	1,58
16,0	16,0	16,0	16,0	63	63	63	63	250	250	250	250
17,0				67				265			
18,0	18,0			71	71			280	280		
19,0				75				300			
20,0	20,0	20,0		80	80	80		315	315	315	
21,2				85				335			
22,4	22,4			90	90			355	355		
23,6				95				375			
25,0	25,0	25,0	25,0	100	100	100	100	400	400	400	400
26,5				106				425			
28,0	28,0			112	112			450	450		
30,0				118				475			
31,5	31,5	31,5		125	125	125		500	500	500	
33,5				132				530			
35,5	35,5			140	140			560	560		
37,5				150				600			
40,0	40,0	40,0	40,0	160	160	160	160	630	630	630	630
42,5				170				670			
45,0	45,0			180	180			710	710		
47,5				190				750			
50,0	50,0	50,0		200	200	200		800	800	800	
53,0				212				850			
56,0	56,0			224	224			900	900		
60,0				236				950			

Примечания: 1. Знаменатель геометрической прогрессии вычисляют по формуле $R\sqrt[n]{10}$, где R — 5; 10; 20; 40, а номер ряда обозначается $R5$; $R10$; $R20$; $R40$ соответственно. 2. При выборе размеров предпочтение отдается рядам с более крупной градацией (ряд $R5$ следует предпочитать ряду $R10$ и т. д.).

7.2. Значения полей допусков, мкм, для различных видов инструментов, диаметров их рабочей части и хвостовиков

Квалитет	Диапазон диаметров, мм								Поверхность инструмента	
	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Рабочая часть	Хвостовик
e8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	Шпоночные фрезы	—
f9	—	—	—	-16 -59	-20 -72	-25 -87	-30 -104	-36 -123	—	Плашки (наружный диаметр)
h7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	—	Концевые и шпоночные фрезы
h6	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	—	Концевые и шпоночные фрезы
h8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	Спиральные сверла, зенковки, зенкера	Сверла с пластинами из твердых сплавов
h9	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	Зенкера	Развертки, центровочные сверла, чистовые метчики
h12	0 -100	0 -120	0 -150	0 -180	0 -210	0 -250	0 -300	0 -350	—	Метчики средние и черновые
h10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	Концевые фрезы	—
k11	—	—	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	—	—	Развертки	—

7.2. Общие конструктивные элементы режущих инструментов

Конструктивные элементы инструментов с неразъемным соединением рабочей части и корпуса (державки). К этой группе относятся резцы, концевые инструменты, а также насадные инструменты и ножи сборного инструмента, оснащаемые пластинами.

Форма рабочей части определяется видом инструмента. Размеры рабочей части размерного инструмента зависят от размера обрабатываемого изделия, запаса на переточки, направления инструмента во время работы, надежности крепления рабочей части.

Рабочая часть выполняется из инструментальных, корпус (державка) — из конструкционных материалов (см. гл. 4). Соединение рабочей части и корпуса осуществляется сваркой, пайкой, склеиванием, зачеканкой, запрессовкой.

Сварка выполняется встык, без дополнительных конструктивных элементов. Технологические требования к свариваемым участкам приведены в гл. 15. Сварной шов должен иметь прочность не менее 0,9 прочности корпуса и быть удален от режущей части на расстояние, обеспечивающее достаточный запас на переточки.

Пайка выполняется с использованием дополнительных конструктивных элементов в целях повышения надежности соединения. Формы стыков рабочей части корпуса (хвостовика) приведены на рис. 7.1. Расстояние от стыка до режущей части (длина рабочей части) должно обеспечить запас на переточку инструмента и исключить отпаивание во время резания и связанного с ним на-

грева рабочей части. Формы гнезд под пластинки, обеспечивающие надежность соединения пайкой, приведены в гл. 8. Технология пайки рассмотрена в гл. 15.

Клеевое соединение осуществляется с использованием тех же дополнительных конструктивных элементов, что и при пайке,

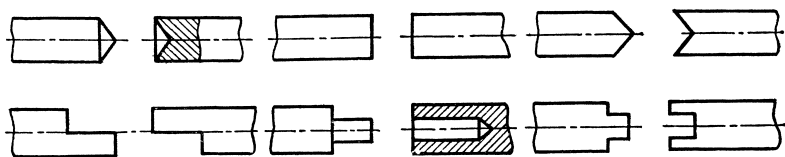


Рис. 7.1. Форма стыков рабочей и хвостовой частей концевой инструмента

и элементов, исключающих нагружение стыка растягивающими и сдвигающими нагрузками. Расчет стыка на сдвигающие нагрузки определяется по формуле $[\tau_{\text{в}}] \geq P_{\text{сдв}}/Fk$, где $[\tau_{\text{в}}]$ — предел

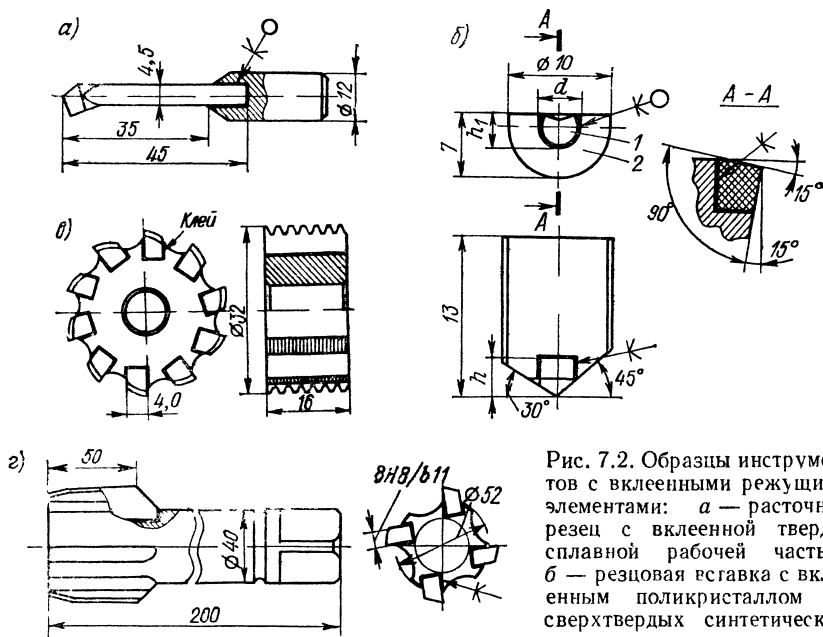


Рис. 7.2. Образцы инструментов с вклеенными режущими элементами: а — расточной резец с вклеенной твердосплавной рабочей частью; б — резцовая вставка с вклеенным поликристаллом из сверхтвердых синтетических материалов; в — червячная

фреза с вклеенными твердосплавными пластинами; г — метчик с вклеенными пластинами из быстрорежущих сталей

прочности клея на сдвиг, МПа; $P_{\text{сдв}}$ — сдвигающая нагрузка, Н; F — площадь стыка, мм²; k — коэффициент запаса прочности, $k = k_0 k_{\text{н}}$ (k_0 — коэффициент, учитывающий способ отверждения клеевого стыка, в термостате $k_0 = 1,1$, на воздухе $k_0 =$

$= 1,2$; k_k — конструктивный коэффициент, при открытом стыке $k_k = 1$, при полуоткрытом $k_k = 1,1$ и при закрытом $k_k = 1,2$; k_n — коэффициент характера нагрузки, при статической нагрузке $k_n = 1,8$, при динамической $k_n = 8$; k_m — коэффициент, учитывающий влияние материалов склеиваемой пары, при склеивании минералокерамики с корпусом из стали $k_m = 1$, твердых сплавов с корпусом из стали $k_m = 1,4$.

Различные виды инструментов и формы их клееных стыков приведены на рис. 7.2, характеристики клеев и технология склеивания — в гл. 15.

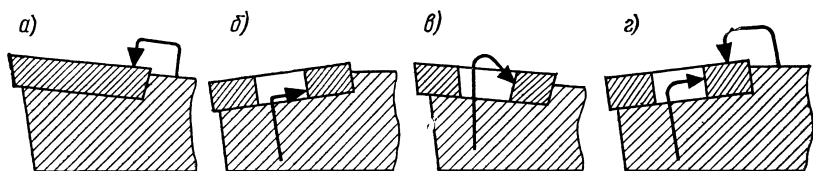


Рис. 7.3. Схемы механического крепления режущих пластин: а — прижимом; б — винтом; в — штифтом; г — штифтом и прижимом

Зачеканка и завальцовка находят ограниченное применение, заменяются пайкой или склеиванием.

Размеры крепежных частей корпусов инструментов приведены в соответствующих главах на конкретные виды инструментов и в гл. 5.

Общие конструктивные элементы инструментов с механическим креплением рабочей части. В зависимости от вида и формы рабочей части получили распространение механическое крепление готовых неперетачиваемых многогранных пластин, стружколомов, опорных пластин и механическое крепление рабочей части в многозубом режущем инструменте, оснащенной пластинами, вставками с неразъемным креплением к державкам.

В первом случае качество инструмента определяется качеством изготовления гнезд под пластины, точностью пластин, надежностью их крепления, удобством и быстротой замены затупившейся кромки новой, во втором случае — зависит от качества изготовления режущих элементов и корпусов (в конструкциях, предусматривающих регулировку и настройку ножей без обработки в сборе), а также от качества заточки и переточки собранного инструмента в инструментах, не предусматривающих настройку и регулировку режущих элементов.

Основные схемы механического крепления пластин в соответствии с классификацией ИСО приведены на рис. 7.3, а—г; конструктивные разновидности узлов крепления — на рис. 7.4. Форма и размеры режущих пластин под механическое крепление приведены в гл. 4; форма и размеры опорных пластин и стружколомов — в табл. 7.3 и 7.4.

Схемы крепления рабочей части инструмента, оснащенного пластинами, вставками с неразъемным креплением к державкам (ножам), аналогичны схемам крепления изделий общемашино-

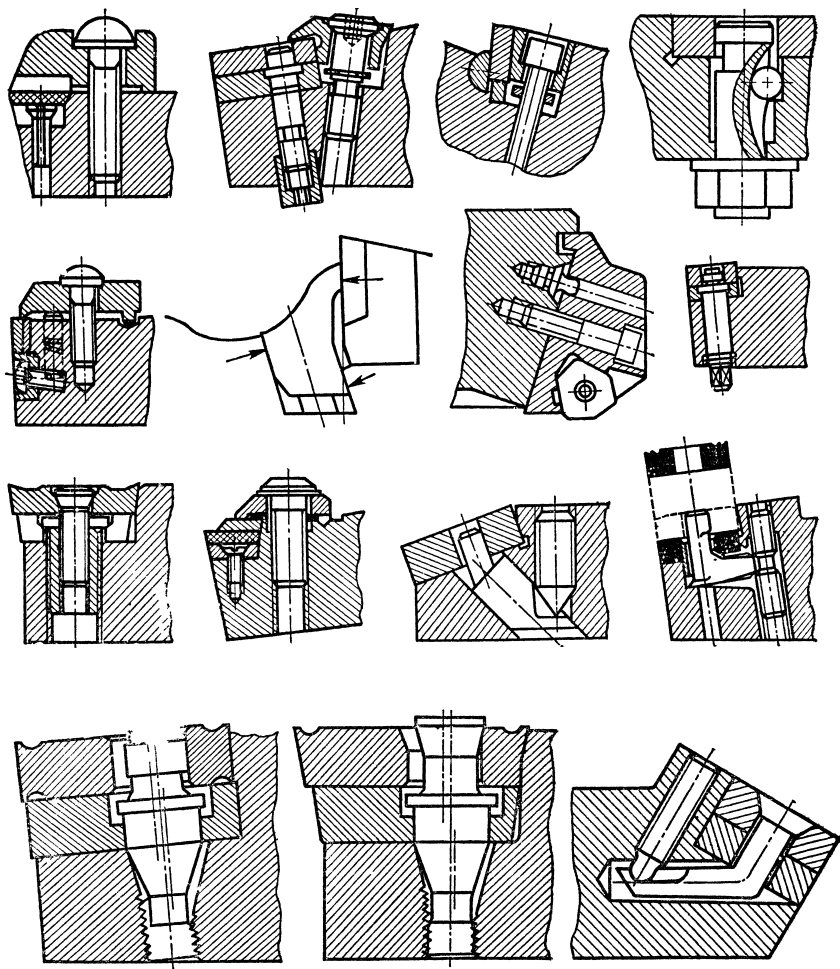
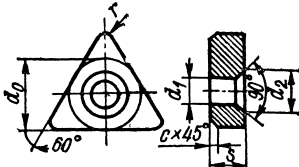
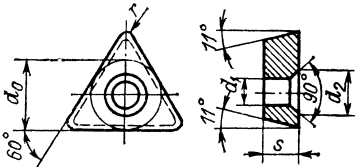
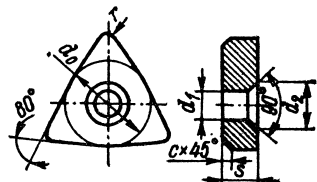
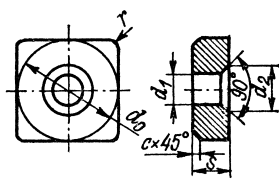
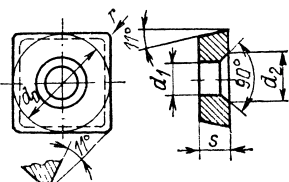
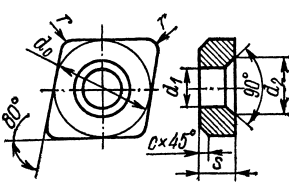


Рис. 7.4. Некоторые конструкции узлов механического крепления многогранных пластин, применяемых отечественными предприятиями и различными зарубежными фирмами

строительного применения и включают клиновое крепление, крепление винтами, с помощью рифлений (осевых или радиально направленных).

7.3. Размеры опорных твердосплавных пластин
(ГОСТ 19073—80—ГОСТ 19083—80, ГОСТ 24254—80), мм

Обозначение пластины	d_0	d_1	r	d_2	Эскиз
701 (OTN)—1103 701 (OTN)—1603 701 (OTN)—1604 701 (OTN)—2204 701 (OTN)—2704	6,1 9,3 9,3 12,5 15,6	2,26 3,81 3,81 5,16 6,35	0,8 1,2 0,8 1,2 1,6	4,1 9,3 9,3 8,0 9,2	
703 (OTP)—1102 703 (OTP)—1603 703 (OTP)—1604 703 (OTP)—2204	4,9 7,5 8,1 10,6	2,26 3,81 3,81 5,16	0,8 0,8 0,8 1,6	4,1 6,5 6,5 8,0	
711 (OWN)—0603 711 (OWN)—0604 711 (OWN)—0804 711 (OWN)—1004 711 (OWN)—1006 711 (OWN)—1206	9,3 9,3 12,5 15,6 15,6 18,8	3,81 3,81 5,16 6,35 6,35 7,93	0,8 0,8 0,8 1,2 1,2 1,2	6,5 6,5 8,0 9,2 9,2 11,1	
721 (OSN)—0903 721 (OSN)—1203 721 (OSN)—1204 721 (OSN)—1404 721 (OSN)—1504 721 (OSN)—1904 721 (OSN)—1906 721 (OSN)—2506	9,3 12,5 12,5 13,8 15,6 18,8 18,8 25,2	3,81 5,16 5,16 5,16 6,35 7,93 7,93 9,12	0,8 1,2 1,2 1,6 1,6 1,6 2,5 2,5	6,5 8,0 8,0 8,0 9,2 11,1 11,1 13,1	
723 (OSP)—0903 723 (OSP)—1203 723 (OSP)—1504 723 (OSP)—1904 723 (OSP)—1203-1 723 (OSP)—1204 723 (OSP)—2506	8,1 11,3 13,8 17,0 10,6 11,3 22,6	3,81 5,16 6,35 7,93 5,16 5,16 9,12	0,8 0,8 1,2 0,8 0,8 0,8 2,0	6,5 8,0 9,2 11,1 8,0 8,0 13,1	
731 (OCN)—0803 731 (OCN)—0903 731 (OCN)—1204 731 (OCN)—1604 731 (OCN)—1904	7,7 9,3 12,5 15,6 18,8	3,18 3,81 5,16 6,35 7,93	0,4 0,4 1,2 1,6 1,6	5,5 6,5 8,0 9,2 11,1	

Обозначение пластины	d_1	d_1	r	d_2	Эскиз
741 (OKN)—1704 741 (OKN)—1904	$13,8 \times$ $\times 9,8$ $15,8 \times$ $\times 9,8$	3,81 3,81	1,0 1,0	6,5 6,5	
751 (OPN)—0603 751 (OPN)—0903 751 (OPN)—1104 751 (OPN)—1304 751 (OPN)—1306 751 (OPN)—1604	9,3 12,5 15,6 18,8 18,8 22,0	3,81 5,16 6,35 7,93 7,93 7,93	1,2 1,2 1,6 2,0 2,0 1,2	6,5 8,0 9,2 11,1 11,1 11,1	
761 (OHN)—0904 761 (OHN)—1104 761 (OHN)—1106 761 (OHN)—1204	15,6 18,8 18,8 22,0	6,35 7,93 7,93 7,93	1,6 2,0 2,0 1,2	9,2 11,1 11,1 11,1	
771 (ORN)—0903 771 (ORN)—1203 771 (ORN)—1504 771 (ORN)—1904 771 (ORN)—2204 771 (ORN)—2506	9,3 12,5 15,6 18,8 22,2 25,2	3,81 5,16 6,35 7,93 7,93 9,12	—	6,5 8,0 9,2 9,2 9,2 11,1	
781 (ODN)—1503 781 (ODN)—1904	11,6 14,6	5,16 6,35	0,8 1,2	8,0 9,2	

Примечание. Пластины формы 741 (OKN) могут быть правыми или левыми (к обозначению добавляется L или R соответственно)

7.4. Размеры стружколомов твердосплавных (ГОСТ 19084—80, ГОСТ 19085—80*), мм

Обозначение стружколома	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>S</i>	Эскиз
90—1110 90—1115	8,53 7,96	8,8 8,2	1,58	
90—1614 90—1620 90—1628	12,84 12,26 11,49	13,8 13,2 12,3	2,38	
90—2213 90—2225 90—2248	17,68 16,51 14,23	19,4 18,1 15,4		
90—2725 90—2748	21,27 18,99	23,6 20,9		
91—0916 91—0920 91—0930	7,90 7,40 6,40	9,4	1,58	
91—1216 91—1226 91—1240	11,10 10,10 8,70	12,6	2,38	
91—1526 91—1540	13,3 11,9	15,8		
91—1926 91—1936 91—1945	16,50 16,50 14,30	18,9		
91—2548	25,3	25,4	3,97	

7.3. Профилирование производящих инструментов для обработки винтовых стружечных канавок

При профилировании инструментов решают две задачи: прямую — при заданном профиле поперечного сечения изделия определяют профиль производящего инструмента и обратную — при заданном профиле производящего инструмента рассчитывают профиль изделия. Схемы взаимной установки обрабатываемого изделия и производящего дискового инструмента при прямой и обратной задачах приведены на рис. 7.5, а, б.

Исходный профиль при решении прямой задачи задается массивом значений r_i , δ_i , ξ_i точек профиля поперечного сечения в пло-

скости, перпендикулярной к оси заготовки $S-S$ или $T-T$. Параметры установки m, ϵ, ψ .

Профиль производящего инструмента определяется в системе координат $x_{\Pi}, y_{\Pi}, z_{\Pi}$ и пересчитывается в удобные для оперирования величины R_{Π}, Z_{Π} . Последовательность расчета приведена ниже.

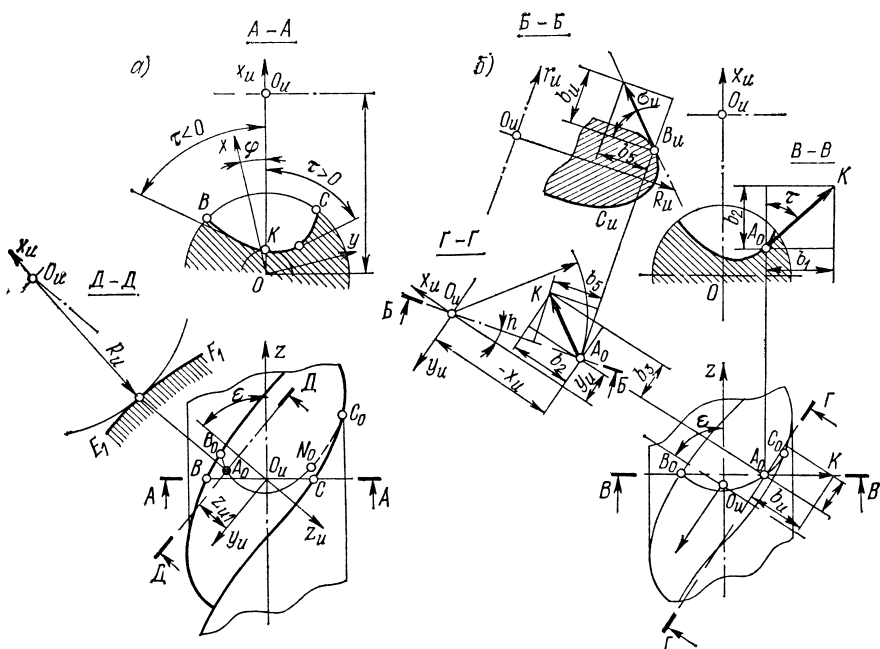


Рис. 7.5. Схемы взаимного расположения обрабатываемой заготовки и производящего инструмента

Прямая задача. Дано: $p; m; \epsilon; \psi; r_i; \delta_i; \xi_i; \tau_i$.

Определить: $R_{\Pi i}; Z_{\Pi i} \sigma_{\Pi i}$ ($r_{\Pi} = p \operatorname{ctg} \epsilon$; $k_1 = \frac{m + r_{\Pi}}{p^2}$; $k_2 = \frac{mr_{\Pi}}{p^2}$ — постоянные величины):

$$1) u_i = r_i \cos \xi_i; \quad 2) v_i = r_i \sin \xi_i; \quad 3) n_{1i} = r_i u_i; \quad 4) n_{2i} = k_2 + \frac{u_i^2}{p^2};$$

$$5) n_{3i} = \psi - \frac{u_i v_i}{p^2} - \delta_i - \xi_i; \quad 6) \frac{n_{1i} \cos \tau_i - m_i}{\sin \tau_i} - n_{3i} - \tau_i = 0;$$

$$7) \mu_i = \tau_i - \xi_i; \quad 8) \varphi_1 = \mu_i + \varphi - \delta_i; \quad 9) x_{\Pi i} = z_i \cos \mu_i - m;$$

$$10) y_{\Pi i} = -r_i \cos \epsilon \sin \mu_i - p \varphi_1 \sin \epsilon;$$

$$11) z_{\Pi i} = r_i \sin \mu_i \sin \epsilon - p \varphi_1 \cos \epsilon; \quad 12) R_{\Pi i} = \sqrt{x_{\Pi i}^2 + y_{\Pi i}^2};$$

$$13) \operatorname{ctg} \sigma_{\Pi i} = \frac{x_{\Pi i} \operatorname{ctg} \tau_i - y_{\Pi i} \cos \epsilon}{R_{\Pi i} \sin \epsilon}.$$

Обратная задача. Дано: p ; m ; ε ; ψ ; R_{ni} ; z_{ni} ; σ_{ni} . Определить r_i ; σ_i ; ξ_i каждой точки поперечного сечения канавок ($r_{ni} = p \operatorname{ctg} \varepsilon$; $c_1 = p + m \operatorname{ctg} \varepsilon$; $c_2 = m - r_{ni}$ — постоянные величины):

$$1) l_i = \operatorname{ctg} \sigma_{ni} + \frac{z_{ni}}{R_{ni}};$$

$$2) \left(l_i^2 + \frac{c_1^2}{R_{ni}^2} \right) x_{ni}^2 + 2l_i c_2 \operatorname{ctg} \sigma_{ni} x_{ni} + c_2^2 \operatorname{ctg}^2 \sigma_{ni} - c_1^2 = 0;$$

$$3) J_{ni} = \pm \sqrt{R_{ni}^2 - x_{ni}^2}; \quad 4) \operatorname{tg} \mu_i = \frac{z_{ni} \sin \varepsilon + y_{ni} \cos \varepsilon}{x_{ni} + m};$$

$$5) \varphi_i = \frac{-y_{ni} \sin \varepsilon - z_{ni} \cos \varepsilon}{p}; \quad 6) \operatorname{ctg} \tau_i = \frac{R_{ni} \operatorname{ctg} \sigma_{ni} \sin \varepsilon + y_{ni} \cos \varepsilon}{x_{ni}};$$

$$7) r_i = \frac{x_{ni} + m}{\cos \mu_i}; \quad 8) \delta_i = \mu_i - \psi - \varphi_i; \quad \xi = \tau_i - \mu_i.$$

При решении уравнений возможно получение нескольких корней; в этом случае выбираются значения, обеспечивающие наиболее близкое приближение к профилю производящего инструмента, которые проверяются решением обратной задачи.

Примеры рассчитанных с помощью ЭВМ профилей производящего инструмента для некоторых видов режущего инструмента приведены в гл. 15.

7.4. Контроль качества изготовления инструментов

Для контроля качества инструмента используют как стандартные (табл. 7.5), так и специальные средства контроля (табл. 7.6). Кроме средств измерения, представители каждой партии инструмента должны подвергаться испытаниям в работе на работоспособность, средний и установленный периоды стойкости (наработку до отказа, установленную безотказную наработку), что является комплексным показателем качества изготовления инструментов. Режимы и методы испытаний зависят от вида инструмента и могут назначаться с учетом рекомендаций методики лабораторных испытаний инструментов, разработанной ВНИИИнструмент, и требований стандартов и технических условий на конкретные виды инструмента.

В гл. 15 приведены некоторые дополнительные методы и устройства контроля качества изготовления инструмента.

7.5. Контрольно-измерительные средства общего назначения

Наименование, стандарт или ТУ	Контролируемые параметры диапазон размеров
Калибры гладкие нерегулируемые. Предельные, проходные «ПР» и непроходные «НЕ». Квалитет точности 5, ТУ по ГОСТ 2015—84: Пробки одно- и двусторонние со вставками модели 500 (ГОСТ 14807—69*, ГОСТ 809—71*) То же (ГОСТ 14810—69*, ГОСТ 14812—69*, ГОСТ 14813—69*) Пробки с насадками модели 500 (ГОСТ 14815—69*, ГОСТ 14816—69*) Пробки неполные модели 500 (ГОСТ 14822—69*, ГОСТ 14823—69*, ГОСТ 14824—69*, ГОСТ 14825—69*) Пробки со вставками из твердого сплава модели 350 (ГОСТ 16778—71*, ГОСТ 16779—71*, ГОСТ 16780—71*) Калибры для конусов инструментов (пробки и втулки) модели 520 (ГОСТ 2849—77) Скобы листовые односторонние (ГОСТ 18361—73*, ГОСТ 18362—73*, ГОСТ 18363—73*, ГОСТ 18364—73*) То же, но с пластинками из твердого сплава. Класс точности 2 и ниже (ГОСТ 16775—71*, ГОСТ 16776—71*, ГОСТ 16777—71*) Скобы листовые двусторонние Калибры гладкие регулируемые (скобы гладкие регулируемые, тип 1); классы точности 3—9 (ГОСТ 2216—84) Калибры резьбовые нерегулируемые для контроля метрической резьбы модели 600 (ГОСТ 2016—68). Поля допусков — по ГОСТ 16093—81. Пробки с резьбовыми вставками проходными «ПР» и непроходными «НЕ»; кольца резьбовые Пробки резьбовые нерегулируемые для контроля метрических резьб модели 600 (ГОСТ 2016—68*)	Диаметр отверстий, валов от 1 до 360 мм Диаметр 1—6 мм Диаметр 6—75 мм Диаметр 75—100 мм Диаметр 75—360 мм Диаметр 1—50 мм Конусы метрические 4 и 6; конусы Морзе 0—6, конусы Морзе укороченные G^a—5^b Диаметр валов 3—260 мм Диаметр 3—160 мм Диаметр 3—10 мм Диаметр 1—340 мм (с разбивкой на диапазоны 5—15 мм) Резьба M1×0,25—M100×1,5 Резьба M105×6—M300×3

Наименование, стандарт или ИУ	Контролируемые параметры, диапазон размеров
Кольца резьбовые нерегулируемые для контроля метрических резьб модели 600 (ГОСТ 2016—68*)	Резьба М1—М300
Пробки резьбовые из твердого сплава для контроля метрических резьб модели 770	Резьба М6×1—М50×1,5
Калибры для контроля трапецидальной резьбы; пробки и кольца модели 620	Однозаходная резьба 10×2—300×12
Калибры резьбовые для контроля трубной цилиндрической резьбы. Исполнения: пробки с ручкой и вставками с конусным хвостовиком, кольца (ГОСТ 2016—68*)	Размер 1/8"—4" (28, 11 ниток на длине 25,4 мм)
Калибры резьбовые (пробки и кольца) для контроля трубной конической резьбы (ГОСТ 7157—79)	Размер 1/8"—6" (28—11 ниток на длине 25,4 мм)
Калибры резьбовые (пробки и кольца) для конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° (ГОСТ 6485—69)	Размер 1/16"—2" (27—11 1/2 ниток на длине 25,4 мм)
Меры длины концевые плоскопараллельные (ГОСТ 9038—83*)	Наборы № 1—21; размеры 0,5—100 мм
То же из твердого сплава (ГОСТ 13581—68)	Наборы № 1—8; размеры 0,5—100 мм
Меры угловые призматические (ГОСТ 2875—75*)	Наборы № 1—3, 6, 8; размеры углов 10—100°
Плиты поверочные и разметочные (ГОСТ 10905—75*)	Размеры (мм): 250×250, 400×400, 630×400, 1000×630, 1600×1000
Призмы поверочные и разметочные; класс точности 0; 1; 2 (ГОСТ 5641—82*):	Размеры (мм): 35×40×30; 60×60×50; 105×100×80; 150×100×100
Тип 1	Размеры (мм): 60×100×90; 80×150×135; 100×200×180
Тип 2	—
Линейки поверочные лекальные типов ЛЧ, ЛТ, ЛД, ШП, ЩО, ШМ, УТ (ГОСТ 8026—75*)	—
Угольники лекальные, слесарные, поверочные типов УЛ, УЛП, УП, УШ (ГОСТ 3749—77*)	—
Штангенциркули (ГОСТ 166—80*) типов:	Пределы измерений, мм:
ШЦ-1 — с линейкой для измерения глубин	0—125; 0—160; 0—400; 250—630
ШЦ-2 — для измерений и разметки	320—1000
ШЦ-3 — с односторонними губками	500—1600; 800—2000; 1500—3000; 2000—4000
Штангенрейсмасы модели ШР (ГОСТ 164—80*)	6 типоразмеров ШР-250—ШР-2500

Наименование, стандарт или ТУ	Контролируемые параметры диапазон размеров
Штангенциркули — угломеры (ТУ 2-034-273—70) Микрометры гладкие, типа МК: МК0—25; МК25—50, МК50—75, МК75—100, МК100—125, МК125—150, МК150—175, МК175—200, МК200—225, МК225—250, МК250—275, МК275—300, МК300—400, МК400—500, МК500—600 (ГОСТ 6507—78*) Микрометры с плоскими вставками типа МВП и вставками для измерения метрических и дюймовых резьб типа МВМ (ГОСТ 4380—78) Микрометры листовые типа МЛ; микрометр трубный типа МТ (ГОСТ 6507—78*) Головки микрометрические моде- ли 101 Глубиномеры микрометрические ти- па ГМ (ГОСТ 7470—78*) Нутромеры микрометрические ти- пов НМ, НМИ; 6 типоразмеров (ГОСТ 10—75*) Микрометры настольные типа МГ (ГОСТ 11195—74) Микрометры настольные типа МН: МН-1 с малым, МН-2 — с нормаль- ным измерительным усилием (ГОСТ 10388—81) Стойки универсальные типа 15СТ для закрепления гладких и рычаж- ных микрометров, скоб и т. п. (ТУ 2-034-623—69) Опоры для микрометров и скоб индикаторных типа ОМС Наборы радиусных шаблонов №№ 1—3 (ГОСТ 4126—82) Наборы резьбовых шаблонов: № 1 — метрические резьбы, № 2 — дюймовые резьбы (М55°) (ГОСТ 519—77*) Наборы щупов (ГОСТ 882—75*) Проволочки и ролики для измере- ния среднего диаметра резьбы, мо- дели 530, класса точности 0 и 1 (ГОСТ 2475—62*)	Пределы измерений: 0—150 мм; 0—90°; габаритные размеры, мм: 260×106×80 Цена деления нониусного бараба- на — 0,01 мм; классы точности 0 (по- грешность показаний ±0,002 мм) и 1 (погрешность ±0,004 мм) — для МК0—25 и МК75—100 Пределы измерений: 0—25 мм; ша- гов резьб 0,4—6 мм Пределы измерений, мм: МЛ — 0—10 и 0—25; МТ — 0—25 Перемещение микровинта до 25 мм Пределы измерений, мм: ГМ100 — 0—100; ГМ150 — 0—150 Пределы измерений 0—6000 мм Пределы измерений 0—20 мм Пределы измерений 0—10 мм Диапазон толщин закрепляемых скоб 4—16 мм Наибольшая толщина закрепляе- мых скоб 16 мм Измеряемый радиус набора (мм): № 1 — 1—6, № 2 — 8—25 и № 3 — 7—25 Шаг резьбы: набор М60° — 0,4— 6 мм; М55° — 28—4¹/₂ шагов на дли- не 25,4 мм Толщина щупов набора (мм): № 1 — 0,02—0,1 (9 шт.); № 2 — 0,02—0,35 (17 шт.); № 3 — 0,55 — 1,0 (10 шт.); № 4 — 0,1—1,0 (10 шт.) Диаметр проволочек и роликов — 0,118—26,231 мм

Наименование, стандарт или ТУ	Контролируемые параметры, диапазон размеров
Измерительные металлические линейки модели 188 (ГОСТ 427—75*)	Длина шкал до 150, 300, 500, 1000 мм; цена деления шкалы 1 мм, предельная погрешность нанесения шкалы $\pm 0,1$ — $\pm 0,2$ мм
Устройства для проверки симметричности шпоночных пазов типа ШП (ТУ 2-034-640—69)	Диаметр валов 8—300, ширина пазов 2—70 мм; погрешность показаний $\pm 0,05$ мм
Головки измерительные пружинные (микрораторы) типов ИГП, ИГПУ, ИГ ПР, 11609, 11509, 11409, 11309; измерения относительные (ГОСТ 6933—81)	Вариации показаний — 0,03—0,25 мкм; цена деления шкалы $0,1 \div \div 10,0$ мкм
Головки измерительные, пружинно-оптические (оптикаторы) типа П; измерения относительные (ГОСТ 10593—74*Е)	Вариации показаний — 0,033—0,3 мкм; цена деления шкалы 0,1—1,0 мкм
Головки измерительные пружинные, малогабаритные (микаторы) типов ИПМ, ИПМУ; измерения относительные (ГОСТ 712—82)	Измерительное усилие уменьшенное (50 гс) или нормальное (100—150 гс); цена деления шкалы 0,2—2 мкм
Головки измерительные рычажно-пружинные (микаторы) модели 10301 для контроля отклонений формы и относительных измерений (ГОСТ 14711—69*)	Вариации показаний — 0,1—0,6 мкм; цена деления шкалы 0,2—2,0 мкм
Головки измерительные рычажно-зубчатые типа ИГ; измерения относительные (ГОСТ 18833—73*)	Вариации показаний (мкм): 0,2 (1ИГ) или 0,4 (2ИГ); цена деления шкалы (мкм): 1,0 (1ИГ) или 2,0 (2ИГ); габаритные размеры $60 \times \times 95 \times 20$ мм
Индикаторы многооборотные типа МИГ; измерения абсолютные и относительные (ТУ 2-034-259—69)	Вариации показаний (мкм): 0,5 (1МИГ) или 1,0 (2МИГ); цена деления шкалы (мкм): 1,0 (1МИГ) или 2,0 (2МИГ); пределы измерения (мм): 2,0 (1МИГ) или 3,0 (2МИГ); габаритные размеры $70 \times 106 \times 20$ мм
Индикаторы многооборотные модели 05205; измерения абсолютные и относительные	Вариации показаний не более 1 мкм; цена деления шкалы 2 мкм; пределы измерения 0—5 мм; габаритные размеры (мм) $132 \times 82 \times 22$
Индикаторы рычажно-зубчатые, типа ИРБ; измерения абсолютные и относительные (ГОСТ 5584—75*)	Погрешность показаний 5—10 мкм; цена деления шкалы 0,01 мм; пределы измерения 0—0,8 мм; габаритные размеры (мм) $82 \times 29 \times 24$

Наименование, стандарт или ТУ	Контролируемые параметры диапазон размеров
Индикаторы часового типа типов ИЧ-2; ИЧ-5; ИЧ-10 (ГОСТ 577—68*) и ИЧ-25, ИЧ-50 (ТУ 2-034-611—74); измерения абсолютные и относительные	Пределы измерений 2—50 мм (цифры после букв «ИЧ»); цена деления шкалы — 0,01 мм; габаритные размеры (мм): 75×42×21,7 (ИЧ-2); 108×56×24 (ИЧ-5, ИЧ-10); 195××84×51 (ИЧ-25, ИЧ-50)
Индикаторы часового типа (тип ИТ); измерения абсолютные и относительные; измерительный стержень перпендикулярен к шкале (ГОСТ 577—68*)	Пределы измерения 0—2 мм; цена деления шкалы 0,01 мм; габаритные размеры (мм) 63×42×44,4
Микрометры рычажные типа МР; измерения абсолютные и относительные (ГОСТ 4381—80)	Погрешность отсчета ± 1 мкм; пределы измерений (мм): 0—25 (МР-25); 25—50 (МР-50); 50—75 (МР-75); 75—100 (МР-100); цена деления отсчетного устройства 2 мкм
Микрометры рычажные типа МРИ; измерения абсолютные и относительные (ГОСТ 4381—80*)	Цена деления шкалы отсчетного устройства 0,002—0,01 мм; пределы измерений (мм): 100—125; 125—150; 150—200; 200—250; 250—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—800; 800—900; 900—1000
Скобы рычажные типа СР и скобы индикаторные типа СИ (оснащены индикатором часового типа и переставной пяткой); измерения относительные (ГОСТ 11098—75*)	Пределы измерений (мм): тип СР — 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150 (цена деления шкалы 0,002 мм); тип СИ — 0—50; 50—100; 100—200; 200—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—850; 850—1000
Нутромеры моделей 103, 104, 105, 109; измерения относительные (ГОСТ 9244—75*)	Погрешность показаний 0,003—0,005 мм; пределы измерений (мм) 3—6; 6—10; 10—18; 18—50; цена деления отсчетного устройства (мкм) 0,001; 0,002
Нутромеры индикаторные моделей 126; 128; 137; измерения относительные (ГОСТ 868—82*)	Погрешность показаний 0,012—0,015 мм; пределы измерений (мм): 6—10; 10—18; 18—50; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм
Угломеры с нониусом типа УН, модель 127 (ГОСТ 5376—66)	Погрешность показаний $\pm 2'$; пределы измерения углов, : наружных 0—180; внутренних 40—180
Угломеры с нониусом типа УМ (1УМ; 2УМ; 4УМ) (ГОСТ 5378—66*)	Погрешность показаний ($\pm 2—\pm 15$)'; пределы измерения наружных углов 0—180°

7.5. Общие вопросы эксплуатации режущих инструментов

Инструмент должен эксплуатироваться на станках соответствующих для них норм точности и жесткости. Режимы резания устанавливаются в соответствии со стандартами, техническими условиями или общемашиностроительными нормативами режимов резания на инструмент. В зависимости от условий эксплуатации они должны корректироваться. При отсутствии рекомендаций режимы назначают в следующем порядке.

Для инструментов из инструментальных сталей, твердых сплавов, минералокерамики в первую очередь определяют глубину резания в зависимости от припуска, мощности оборудования, прочности инструмента, затем подачу (в зависимости от требований к качеству обработанной поверхности, мощности оборудования, жесткости системы СПИД). Далее в зависимости от глубины резания, подачи и требуемой стойкости инструмента назначают скорость резания.

Для инструментов из сверхтвердых синтетических материалов в первую очередь назначают скорость резания, обычно ограничиваемую возможностями оборудования, затем подачу и глубину резания.

При установке инструмента на станок следует обеспечивать наибольшую жесткость системы СПИД за счет сокращения его вылета, увеличения диаметра опорного торца (за исключением инструмента, который должен самоустанавливаться в процессе резания).

При значительной стоимости оборудования стоимость 1 мин его эксплуатации (или простоя, связанного с заменой затупившегося инструмента новым) чрезвычайно велика, поэтому целесообразно ограничить стойкость инструмента возможно меньшими значениями. Например, фирма «Клингельнберг» (*Klingelberg*, ФРГ) использует режимы фрезерования червячными фрезами, при которых гарантированная стойкость червячной фрезы принимается равной времени обработки одного комплекта зубчатых колес при одной его установке.

Стойкость стандартного инструмента, соответствующие режимы обработки, критерии затупления приведены в соответствующих главах по конкретным инструментам. Кроме стойкости, определяемой затуплением инструмента, в практике металлообработки встречается стойкость, определяемая технологическими критериями — потерей точности обрабатываемых изделий (для размерного инструмента), ухудшением качества обработанной поверхности сверх допускаемых значений (для чистовых инструментов). В существующих временных нормативах режимов резания, разработанных ГСПКТБ «Оргприминструмент» и относящихся к конкретным видам инструментов, приведены те и другие критерии потери работоспособности инструментов. В нормативах режимов резания, разработанных для различных отраслей металлообработки, также

7.6. Контрольно-измерительные средства специального назначения

Тип, модель	Диапазон измерений	Цена деления	Контролируемый параметр
<i>Приборы для контроля общих параметров инструментов</i>			
Приборы КО-17, КО-18, КО-19, КО-20 (ТУ 2-035-145—83) Прибор 5077М	Конус Морзе №№ 1—4; степень точности АТ6, АТ7 и АТ8 по ГОСТ 2848—75*	0,001 мм	Отклонение от прямолинейности образующих конусов Морзе
Прибор К1-14 (ТУ 2-035-147—83)	Конус Морзе №№ 1—6; степень точности АТ7 и АТ8 Конус Морзе №№ 1—5; степень точности АТ7 и АТ8	0,001 мм —	Отклонение от круглости хвостовиков с конусом Морзе Радиальное и торцовое биения относительно поверхности конусного хвостовика
Прибор 3366М	Конус Морзе №№ 1—6	0,001 мм — шкалы конусности; 0,0005 мм — шкалы непрямолинейности	Контроль конусности и отклонения от прямолинейности образующей конусов
Приборы КО-21; КО-22; КО-23; КО-24 (ТУ 2-035-152—84) Прибор К33-4 (ТУ 2-035-135И—82)	Конус Морзе №№ 1—4 степень точности АТ6, АТ7 и АТ8 Фрезы концевые и шпоночные диаметром 2—20 мм с цилиндрическим хвостовиком и с конусом Морзе № 1—3, ручные и машинно-ручные метчики М14—М20	0,001 мм	Контроль конусности хвостовиков инструментов
Прибор КР-516	Конус Морзе № 0—6	1° 0,01 мм	Передние и задние углы концевого инструмента (концевых фрез, шпоночных фрез и метчиков)
Микрометры (ТУ 2-034-770—83)	Зенкеры, концевые фрезы и другие инструменты диаметром 5—105 мм (через 20 мм)	0,01 мм	Контроль конусности и отклонения от прямолинейности образующих хвостовиков Контроль наружного диаметра режущих инструментов
<i>Приборы для контроля инструмента для обработки отверстий</i>			
Прибор КЛО-17 (ТУ 2-034-605—79)	Сверла с цилиндрическим и коническим хвостовиками диаметром 6—20 мм	0,01 мм линейной шкалы; 30' — угловой шкалы	Измерение угла при вершине и осевого биения главных режущих кромок сверл

Прибор К10-6	Сверла с цилиндрическим и коническим хвостовиками диаметром 15—50 мм	1°	Угол наклона винтовых канавок сверл
Приборы К10-11, К10-12, К10-13, К10-14 (ТУ 2-034-608—79)	Сверла с цилиндрическим и коническим хвостовиками диаметром 3—50 мм	0,01 мм	Измерение симметричности сердцевины профиля канавок сверл
Приборы К10-5, К10-5-01 (ТУ 2-035-136И—82)	Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 2—10 мм	1° — угловой шкалы; 0,05 мм — линейной шкалы	Геометрические параметры при заточке мелких сверл
Прибор БВ-7312	Сверла с конусами №№ 40, 50	0,002 мм	Отклонение от прямолинейности образующей
Автомат контрольно-сортiroвочный КА-52М	Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 5,5—12,5 мм	—	100 %-ный контроль диаметра и обратной конусности сверл с цилиндрическим хвостовиком
Система измерительная БВ-4100	Сверла диаметром 2,5 и 20 мм	0,001 мм	Контроль диаметра при шлифовке сверл
Прибор К10-21	Сверла с коническим хвостовиком диаметром 20—50 мм	0,01 мм — линейной шкалы; 30' — угловой шкалы	Угол при вершине и осевое биение главных режущих кромок сверл
Приборы К10-15, К10-16	Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 30—20 мм, с коническим конусом Морзе №№ 1—3	0,01 мм	Радиальное биение сверл с цилиндрическим и коническим хвостовиками
Прибор КР-154	Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 5—12,5 мм	—	Диаметр и обратная конусность сверл
Прибор БВ-4100	Развертки диаметром 5—40 мм	0,001 мм	Наружный диаметр разверток
Приборы К23-2, К23-3	Развертки диаметром 3—40 мм	0,0002 мм	Диаметр и конусность разверток с конусностью 1 : 50
<i>Приборы для контроля резцов и фрез общего назначения</i>			
Прибор К33-7 (ТУ 2-035-134И—81)	Фрезы с цилиндрическим и коническим хвостовиками диаметром 2—50 мм	1°	Передний и задний углы фрез концевых и шпоночных
Прибор 2УРИ (ТУ 2-037-617—79)	Фрезы, протяжки и другие инструменты	1°	Передние и задние углы многозубых инструментов с числом зубьев не менее 3

Тип, модель	Диапазон измерений	Цена деления	Контролируемый параметр
Прибор БВ-4257 управляющий к плоскошлифовальному станку модели 3К227А	Фрезы насадные диаметром 40—130 мм	0,001 мм	Измерение внутренних отверстий
Прибор БВ-4066 управляющий к плоскошлифовальному станку модели 3П722	То же	0,002 мм	Измерение толщины изделий
Прибор К30-3	Отрезные фрезы диаметром 63—250 мм	1°	Углы в плане переходных кромок фрез
Прибор К30-4	Отрезные фрезы диаметром 63—250 мм	1°	Задние углы на переходных режущих кромках
Прибор БВ-5049	Фрезы диаметром 450, 530 и 620 мм	0,001 мм	Геометрические параметры блочных резцов
Прибор ПКР ТУ 2-034-625—76)	Стандартные резцы: ширина 10—40; высота 16—50 и длина до 300 мм	1°	Углы призматических резцов для токарных работ
Прибор К32-1	Стандартные торцовые и дисковые фрезы диаметром 100—250 мм	30'	Задний угол и угол наклона зубьев фрез
<i>Приборы для контроля резбонарезного инструмента</i>			
Прибор 2РМ (ТУ 2-034-672—77)	Метчики с наружным диаметром резьбы М3—М20	0,002 мм	Средний диаметр резьбы трехканавочных метчиков
Прибор РМ (ТУ 2-034-631—80)	Метчики с наружным диаметром резьбы М3—М33	0,01 мм	Средний диаметр резьбы трех- и пятиканавочных метчиков
Приборы К60-6; К60-6-01 (ТУ 2-034-604—79)	Инструмент с наружным диаметром 10—52 мм и длиной 70—360 мм	30'	Передний угол метчиков и разверток
Прибор ПКП-2	Круглые плашки с наружным диаметром резьбы 10—52 мм	1°	Передний угол на наружном диаметре резьбы круглых плашек
Прибор К64-5	То же	2°	Угол заборного конуса круглых плашек
Прибор ПКП-4	Круглые плашки М5—М39	0,01 мм	Величина затылования круглых плашек

Прибор ПКП-3	Круглые плашки М6—М18	0,02 мм	Наибольший диаметр заборного конуса круглых плашек на торце
Прибор К64-4	Круглые плашки М3—М48	0,01 мм	Смещение гнезд и толщины круглых плашек

Приборы для контроля зуборезного инструмента и протяжек

Прибор БВ-5080 (ГОСТ 17336—80)	Модуль 0,2—1,5 мм; диаметр 20—100 мм	—	Контроль мелко модульных червячных фрез
Прибор БВ-5091	Модуль 10—20 мм	—	Профиль фрез для нарезания зубчатых передач Новикова
Прибор БВ-5056	Червячные фрезы, шеверы, долбяки, зубчатые колеса, модуль 1—12 мм; диаметр делительной окружности 20—400 мм	0,001 мм	Радиальное биение, накопленной погрешности «k» шагов, шага по колесу и отклонения шага
Машина измерительная с программным управлением для контроля окружных шагов и радиального биения дисковых шеверов и долбяков (модель 4392М)	Диаметр делительной окружности 20—400 мм; модуль 1,75—10 мм	0,001 мм	Радиальное биение, отклонение шагов и накопленной погрешности шага по обоим профилям (одновременно 7 параметров)
Прибор БВ-5010 (ходомер)	Диаметры делительной окружности 40—400 мм; модуль 2—10 мм	0,001 мм	Отклонения направления зуба и окружных шагов
Прибор БВ-5065	Диаметр 450, 530 и 620 мм	0,001 мм	Профиль резцов круговых протяжек
Прибор 4415	Шлицевые протяжки диаметром 10—100 мм; расстояние между центрами 500—1500 мм	0,002 мм	Погрешность наружного диаметра, отклонение от параллельности относительно оси и окружного шага

Приборы для настройки режущих инструментов для работы на станках с ЧПУ

Прибор для размерной настройки режущего инструмента вне станка модели БВ-2010 (ТУ 2-034-502—72)	Установка по двум координатам по проектору с увеличением 30х, установка по оси z по индикатору; габаритные размеры 875×975×900 мм	0,001 мм — отсчетных устройств; погрешность установки 0,005 мм	Положение режущей кромки по трем координатам в блоках к станкам с ЧПУ
---	---	--	---

Тип, модель	Диапазон измерений	Цена деления	Контролируемый параметр
Прибор для размерной настройки режущего инструмента вне станка модели БВ-2011М	Установка по двум координатам с использованием микроскопа, а по оси z — по индикатору; габаритные размеры $705 \times 725 \times 550$ мм	0,01 мм — отсчетных устройств; погрешность установки 0,035 мм	Положение режущей кромки по трем координатам в блоках к станкам с ЧПУ
Прибор для размерной настройки режущего инструмента вне станка модели БВ-2012М	Установка по двум координатам по проектору, а по оси z — по индикатору	0,01 мм — отсчетных устройств; погрешность установки 0,07 в продольном и 0,05 мм в поперечном направлениях	То же
Прибор для размерной настройки режущего инструмента вне станка модели БВ-2013	Настройка сверл и фрез для станков с ЧПУ по линейкам, нониусам и индикаторам. Диаметр инструмента 0—300 мм, вылет — 70—400 мм; габаритные размеры $740 \times 440 \times 1530$ мм	Погрешность установки: по диаметру 0,02, по вылету — 0,05 мм	»
Прибор для размерной настройки режущего инструмента модели БВ-2015	Настройка инструмента расточной группы — по шкалам и микроскопам; диаметр инструмента 0—300 мм, вылет 70—400 мм габаритные размеры $740 \times 440 \times 1530$ мм	Погрешность установки: по диаметру — 0,008, по вылету — 0,05 мм	»

приведены характерные значения критериев затупления и стойкости.

При выборе режимов обработки различных материалов в расчетных формулах, приводимых ниже, следует учитывать коэффициенты обрабатываемости материалов (см. гл. 2).

В последнее время получили распространение инструменты с износостойкими покрытиями (одно- или многослойными), позволяющими повысить тепло- и износостойкость инструмента, снизить силы резания (за счет снижения коэффициента трения). При уменьшении сил резания уменьшается усадка стружки и ее толщина, что должно быть учтено при разработке конструкций инструмента или используемых при обработке средств стружкодробления. К этим средствам относятся форма передней грани инструментов, например многогранных режущих пластин (разновидностей этих форм в стандартах и каталогах фирм свыше 80), выполненных в виде выступов и впадин разной формы и на различном расстоянии от режущей кромки и обеспечивающих дробление стружки в широких пределах условий обработки (подачи, глубины резания); экраны; накладные стружколомы стандартные (см. табл. 7.4) или специальной формы; кинематические средства дробления.

При назначении режимов обработки следует учитывать наличие или отсутствие подвода СОС в зону резания, а также принимать меры для обеспечения требований производственной санитарии на рабочих местах за счет создания эффективных средств отвода паров и эмульсии. При использовании инструмента, оснащенного инструментальными материалами, плохо сопротивляющимися тепловым ударам (твердыми сплавами, минералокерамикой, СТМ), работать следует без охлаждения или применять способы охлаждения, исключающие или уменьшающие тепловые удары (скачкообразное изменение температуры при резании и холостых пробегах).

Инструмент, оснащенный хрупкими инструментальными материалами (твердым сплавом, минералокерамикой, СТМ) должен эксплуатироваться в условиях, исключающих возможность травмирования рабочего при поломках и выкрашиваниях; при установке и снятии его со станка не следует применять молотки и т. п. При работе инструментом на высоких и сверхвысоких скоростях резания (минералокерамика, СТМ) должна быть обеспечена надежная защита зоны обслуживания от стружки.

Заточка и переточка твердосплавных инструментов должны осуществляться в условиях, гарантирующих соблюдение санитарных норм (в частности, массовое содержание в воздухе кобальта, входящего в состав твердых сплавов, не должно превышать $0,1 \text{ мг/м}^3$, что обеспечивается заточкой с охлаждением). При напайке и отпайке пластин с серебряным припоем содержание в воздухе окиси кадмия и окиси цинка не должно превышать $0,05 \text{ мг/м}^3$.

Переточка инструмента должна осуществляться на полуавтоматическом или автоматическом оборудовании. Ручная переточка недопустима. Режимы переточки наиболее распространенных видов инструмента приведены в гл. 15.

7.6. Расчет экономической эффективности режущих инструментов

Расчеты экономической эффективности проводятся на следующих этапах:

при подготовке создания новых инструментов (ожидаемый экономический эффект);

по окончании разработки нормативно-технической документации (гарантированный экономический эффект);

после внедрения (фактический экономический эффект).

Ожидаемый экономический эффект служит основанием для принятия решения о целесообразности создания нового инструмента. На основе *гарантированного экономического эффекта*, определяемого по годовому объему производства, принимается решение о целесообразности производства и внедрения нового инструмента. По *фактическому экономическому эффекту* оценивается окончательная эффективность новых инструментов.

Ожидаемый и гарантируемый экономические эффекты отражают потенциальные возможности нового инструмента. Исходными данными для их расчета на единицу инструмента являются: для ожидаемого эффекта — проектные, нормативные и плановые показатели, а также экспериментальные оценки, справочные данные; для гарантированного эффекта — отчетные данные по трудовым и материальным затратам на изготовление, а также результаты испытаний и эксплуатации опытных образцов.

Фактический экономический эффект рассчитывают на основании отчетных данных.

Годовой экономический эффект представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получает народное хозяйство в результате производства и использования новых инструментов.

Экономический эффект от внедрения нового режущего инструмента может быть получен за счет повышения работоспособности инструмента, повышения производительности оборудования и труда рабочих, связанных с применением этого инструмента; улучшения качества обработки деталей (точности и шероховатости поверхности) и, как следствие, повышения их надежности и долговечности; снижения себестоимости и удельных капитальных вложений на единицу продукции.

Учитывая, что все виды инструмента имеют срок службы менее одного года, годовой экономический эффект от внедрения нового инструмента определяют по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 A_2.$$

Здесь $\mathcal{E}_1$ — экономический эффект от внедрения единицы нового инструмента, руб.; A_2 — годовой выпуск (объем внедрения) нового инструмента, шт.,

$$\mathcal{E}_1 = (C_1 + E_n K_1) a - (C_2 + E_n K_2) + (I_1 a - I_2) + \Delta \mathcal{E}_1,$$

где C_1, C_2, K_1, K_2 — себестоимости и удельные капитальные вложения по базовому и новому инструментам соответственно, руб.; a — коэффициент эквивалентности нового инструмента по отношению к базовому по работоспособности на весь срок службы (до полного износа) в сравниваемых условиях работы; E_n — нормативный коэффициент капитальных вложений, $E_n = 0,15$; I_1, I_2 — затраты (издержки) потребителя при использовании им одного базового и одного нового инструмента соответственно до их полного износа без учета стоимости самих инструментов, руб.; $\Delta \mathcal{E}_1$ — дополнительный эффект, получаемый за счет улучшения качества деталей, обработанных новым инструментом, руб.

Расчет эффективности нового инструмента по себестоимости и капитальным вложениям достаточно сложен и условен, особенно при сопоставлении инструментов, изготовленных на разных предприятиях с различными условиями производства.

Более рационально и точно можно рассчитать эффект через цену на базовое и новое изделие:

$$\mathcal{E}_1 = (C_1 a - C_2) + (I_1 a - I_2) + \Delta \mathcal{E}_1,$$

где C_1 и C_2 — цены базового и нового инструментов соответственно.

При различных условиях эксплуатации инструмента могут существенно различаться обрабатываемые материалы, виды станков, режимы работы и т. п., что обуславливает различие коэффициентов эквивалентности a и значений величин I_1, I_2 и $\Delta \mathcal{E}_1$.

Если число расчетных случаев ограничено, то различие условий эксплуатации учитывается по формуле

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{1i} A_{2i},$$

где $\mathcal{E}_{1i}$ — экономический эффект от единицы нового инструмента в i -х условиях; A_{2i} — число инструментов, применяемых в этих же i -х условиях; n — число расчетных случаев.

Коэффициент эквивалентности нового инструмента по отношению к базовому показывает, какое число инструментов базовой конструкции эквивалентно по работоспособности одному новому инструменту до их полного износа

$$a = B_2/B_1,$$

где B_1 и B_2 — число деталей или других единиц измерения продукции, обрабатываемых соответственно базовым и новым инструментами до их полного износа;

$$B_i = \frac{\tau_i}{t_{\text{осн } i}},$$

где τ_i — полный период стойкости инструмента (до полного его износа), мин; $t_{осн\ i}$ — основное (технологическое или машинное) время, мин.

Тогда

$$a = (\tau_2/\tau_1)(t_{осн\ 1}/t_{осн\ 2}).$$

Так как значение $t_{осн\ i}$ при прочих равных условиях обратно пропорционально производительности инструмента, то при расчете на обезличенную деталь удобнее (вне связи с конкретными деталями) использовать формулу

$$a = (\tau_2/\tau_1) \prod_{i=1}^n (P_2/P_1),$$

где P_1 и P_2 — нормативные или рекомендуемые на конкретный инструмент характеристики режимов резания (скорости и глубины резания, подачи); n — число характеристик производительности базового и нового инструментов.

Полный период стойкости инструмента рассчитывают по формуле

$$\tau = T_{ср} n_{п.с},$$

где $T_{ср}$ — средний период стойкости инструмента до переточки или смены режущей кромки; $n_{п.с}$ — расчетное число периодов стойкости инструмента до полного его износа.

Для перетачиваемого инструмента $n_{п.с} = k_{пер} + 1$, где $k_{пер}$ — число возможных переточек инструмента до полного его износа, определяемое по ГОСТу или ТУ, фактическим данным заводов-потребителей, типовым нормам или расчетным путем.

Для инструментов с многогранными неперетачиваемыми пластинами

$$n_{п.с} = \Phi_{кр} n_{кр} n_{пл},$$

где $\Phi_{кр}$ — коэффициент использования режущих кромок пластин, учитывающий возможные сколы и повреждения неработавших кромок сходящей стружкой, определяется по НТД или по результатам сравнительных испытаний; $n_{кр}$ — число рабочих кромок на одной пластине; $n_{пл}$ — число пластин (или комплектов пластин для многолезвийного инструмента) на весь срок службы корпуса инструмента.

По данным ВНИИинструмент $\Phi_{кр}$ составляет: 0,7 — для ромбических и трехгранных пластин, 0,75 — для квадратных, 0,8 — для пятигранных и шестигранных и 0,85 — для круглых пластин.

Если инструмент выпускается не для конкретного потребителя и статистические характеристики обработки деталей в различных сферах потребления отсутствуют, то расчет годового экономического эффекта допускается проводить из условий преимущественной сферы потребления с учетом понижения коэффициента эквивалентности нового инструмента для остальных сфер потребления. В этом

случае значение $\mathcal{E}_1$ рассчитывают при среднем значении коэффициента эквивалентности нового инструмента a_{cp}

$$a_{cp} = a_{пр} \eta + \beta a_{пр} (1 - \eta),$$

где $a_{пр}$ — коэффициент эквивалентности нового инструмента в преимущественной сфере потребления; $\eta = A_{пр}/A_2$ — доля инструмента, применяемого в преимущественной сфере потребления, определяется экспертным путем ($A_{пр}$ — число новых инструментов, применяемых в течение года в преимущественной сфере потребления, шт.); β — понижающий коэффициент, определяется экспертным путем.

Применительно к режущему инструменту издержки потребителя разделяются на две группы: 1) затраты, связанные с работой станочного оборудования, 2) затраты на эксплуатацию самого инструмента (переточку, восстановление, установку, регулировку и т. п.).

Затраты, связанные с работой оборудования — это приведенные затраты на 1 мин работы станка (стоимость 1 станко-мин — $S_{см}$, руб./мин), рассчитывают по формуле

$$S_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i + E_n K}{\Phi_p 60},$$

где S_i — годовые эксплуатационные (текущие) издержки по i -й статье затрат, руб.; K — капитальные затраты, учитывающие оптовую цену станка, стоимость транспортировки, монтажа, производственных площадей и служебных помещений, руб.; Φ_p — расчетный годовой фонд времени оборудования; n — число учитываемых статей затрат.

Издержки потребителя за весь срок службы инструмента с учетом как первой ($S_{м1}$), так и второй ($S_{м2}$) групп затрат:

для базового инструмента (если в качестве базы сравнения принимаются два или более инструментов, то соответствующие затраты суммируются)

$$I_1 = S_{см1} \tau_1 + k_{пер1} S_{пер1} + k_{вос1} S_{вос1} + k_{зам1} S_{зам1};$$

для нового инструмента

$$I_2 = S_{см2} \tau_2 + k_{пер2} S_{пер2} + k_{вос2} S_{вос2} + k_{зам2} S_{зам2} + \frac{E_n k_{доп}}{A_2'},$$

где $k_{пер}$, $k_{вос}$, $k_{зам}$ — суммарные числа переточек, восстановления и замены затупившегося инструмента на станке, значения их определяются по фактическим или расчетным данным; $S_{пер}$, $S_{вос}$, $S_{зам}$ — стоимости соответствующих операций, руб.; $k_{доп}$ — дополнительные капитальные затраты потребителя, не учтенные в стоимости 1 станко-мин. (оплата хоздоговорных работ, приобретение новых приспособлений и т. п.), руб.; A_2' — число новых инструментов, используемых потребителем в течение года, шт.

7.7. Время замены концевой инструмента и подналадки станка

Инструмент	Время замены, мин				Время подналадки налад- мин
	При наличии кондукторной плиты		Без кондукторной плиты		
	Патрон быстросменный	Стопорный винт	Патрон быстросменный	Стопорный винт	
Сверла, метчики, зенкеры и развертки	1,0—1,5	2,0—2,5	0,2—0,3	1,0—1,5	0—1,0
Цековка (зенкер торцовый)	2,0	3,0	—	3,6	0,5
Фреза торцовая	—	—	—	4,0	2,0
Фреза дисковая с консольным креплением	—	—	—	5,0	3,0
Фреза дисковая с передней опорой	—	—	—	10,0	5,0

Стоимости переточки, восстановления и замены затупившегося инструмента определяются конкретными условиями его эксплуатации, при этом стоимость замены затупившегося инструмента на новый в общем случае рассчитывают по формуле

$$S_{\text{зам}} = S_{\text{п.о}} + S_{\text{п.н}},$$

где $S_{\text{п.о}}$ — стоимость простоев оборудования, связанных с заменой инструмента и подналадкой станка на размер после установления нового инструмента, руб.; $S_{\text{п.н}}$ — стоимость предварительной настройки инструмента на размер вне станка в специальном приспособлении (для автоматических линий и станков с ЧПУ), руб.

Стоимость простоя оборудования в течение одной замены определяют по формуле

$$S_{\text{п.о}} = S_{\text{см}}^* (t_{\text{зам}} + t_{\text{нал}}),$$

где $S_{\text{см}}^* \approx S_{\text{см}}$ — стоимость простоя оборудования в единицу времени, ее значение может быть принято равным стоимости его работы (стоимости 1 станко-мин), руб./мин; $t_{\text{зам}}$ и $t_{\text{нал}}$ — время замены инструмента и подналадки станка для попадания в размер, мин (табл. 7.7).

Время замены неперетачиваемых пластин 0,5—0,75 мин, резцов и резцовых вставок 1,0—2,0 мин, резцовых блоков 2 мин; время подналадки резцов и резцовых вставок не превышает 3 мин.

Стоимость предварительной настройки инструмента на размер вне станка определяется зависимостью

$$S_{\text{п.н}} = S_{\text{п.м}} t_{\text{настр}},$$

где $S_{\text{п.м}}$ — приведенные затраты, связанные с работой приспособления для настройки и наладки (аналог стоимости 1 станко-мин), руб./мин; $t_{\text{настр}}$ — время предварительной настройки инструмента, мин.

Средние значения $S_{п.м}$ и диапазон изменения $t_{настр}$ (в зависимости от точности настройки и типа приспособления) приведены в табл. 7.8. При расчете $S_{п.м}$ принимают гарантийный срок службы приспособления — 3 года, разряд оператора (повременщика) — V.

Стоимость одной переточки инструмента определяют по формуле

$$S_{пер} = S_{см} t_{пер},$$

где $S_{см}$ — стоимость 1 станко-мин заточного станка, руб./мин; $t_{пер}$ — расчетное или нормативное время одной переточки, мин.

Если внедрение нового инструмента не предусматривает изменения стоимости оборудования, режимов обработки и существенного изменения затрат на переточку и замену инструмента, то формула для расчета экономического эффекта принимает вид

$$\Delta_1 = (C_1 a - C_2) + \Delta \Delta_1 - \frac{E_{пк доп}}{A_2}.$$

Дополнительный экономический эффект ($\Delta \Delta_1$) от внедрения новых инструментов, обеспечивающих

повышенную точность или качество обрабатываемых деталей, определяется в двух вариантах:

1) повышение точности деталей могло быть получено при базовом варианте инструмента;

2) повышение точности деталей невозможно при базовом варианте.

По 1-му варианту эффект определяется с учетом дополнительных издержек (эксплуатационных затрат) потребителя на отделочные (доводочные) операции другими инструментами. А 2-й вариант в свою очередь имеет два случая, связанных с тем, установлены или не установлены оптовые цены на изделия старого и нового качества. При этом

$$\Delta \Delta_1 = (C_{д2} - C_{д1}) \alpha B_2$$

или $\Delta \Delta_1 = (k_d - 1) C_{д1} \alpha B_2$, где $C_{д1}$ и $C_{д2}$ — оптовые цены на детали (подшипники, шестерни, некоторые виды инструмента), изготовленные базовым и новым инструментами, руб.; $C_{д1}$ — неизменяемая цена или себестоимость детали, руб.; k_d — коэффициент долговечности, определяемый отношением сроков службы

7.8. Затраты, связанные с настройкой инструмента вне станка, и время настройки

Стоимость приспособления и время настройки	Затраты (руб./мин) и время (мин) для станков	
	с чпу	автоматических линий
Стоимость приспособления, руб.:		
до 1 000	0,027	0,020
от 1 000 до 3 000	0,034	0,027
» 3 000 » 5 000	0,039	0,032
» 5 000 » 10 000	0,054	0,047
Время настройки, мин	2—10	1—5

7.9. Исходные данные для расчета

Параметр	Базовый вариант	Новый вариант	Примечание
Годовой объем производства фрез A_2 , шт.	300	300	—
Себестоимость одной фрезы по изменяющимся статьям затрат C , руб.	1047,7	1594,03	По данным завода-изготовителя
В том числе:			
стоимость материала	900,76	1477,8	
зарботная плата	19,29	18,3	
накладные расходы	127,65	97,93	
Режимы обработки:			Выбираются по нормативно-технической документации
скорость резания v , м/мин	800	600	
число оборотов n , об/мин	1600	1200	
подача на зуб s_z , мм/зуб	0,05	0,08	
минутная подача s_m , мм/мин	1910	1719	
глубина резания t , мм	2,5	5	
длина обрабатываемой детали L , мм	500	500	
Модель станка	ИР-800МФ4		По результатам испытаний на заводах-потребителях
Средняя стойкость одной грани $T_{ср}$, мин	100	100	
Число используемых кромок $n_{кр}$	8—10	8—10	
Число периодов стойкости до полного износа $n_{п.с}$	31,5	31,5	
Стойкость фрез до полного износа τ , мин	3150	3150	
Затраты, связанные с работой оборудования, без учета стоимости фрез $s_{см}$, руб./мин	0,065	0,065	
Число перестановок комплектов пластин $k_{пер}$	27	27	
Стоимость перестановки комплекта пластин $S_{пер}$, руб.	0,015	0,018	По данным заводов-потребителей
Число деталей, обрабатываемых фрезой до полного ее износа n , шт.	6015	10 830	
Затраты потребителей при работе фрезами $I = s_{см}\tau + s_{пер}k_{пер}$, руб.	205,16	205,24	
Коэффициент эквивалентности $\alpha = n_2/n_1$	1	1,8	

изделий, обработанных базовым и новым инструментами (сроки службы изделий при этом должны быть зафиксированы в соответствующей НТД); α — доля нового инструмента в достижении более высокого качества изделий (значения k_d и α должны согласовываться с основным потребителем готовой продукции); B_2 — число изделий, обрабатываемых одним новым инструментом до полного его износа.

Пример расчета экономического эффекта от использования фрез двухступенчатых с механическим креплением пластин из

композита 05. Эти фрезы применяют при фрезеровании деталей из чугунов различной твердости с глубиной резания до 5 мм.

Расчет произведем для фрез диаметром 160 мм торцовых насадных двухступенчатых с механическим креплением пластин из композита 05 с четырьмя комплектами запасных пластин. За базу для сравнения приняты фрезы диаметром 160 мм одноступенчатые с механическим креплением пластин из композита 05.

Экономия от применения в народном хозяйстве

$$\mathcal{E} = [(C_1 + E_n K_1) a - (C_2 + E_n K_2) + (I_1 a - I_2)] A_2.$$

В связи с тем, что фрезы новой и базовой конструкций изготавливаются на имеющемся оборудовании без дополнительных капитальных вложений, экономическую эффективность можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_1 a - C_2) + (I_1 a - I_2)] A_2.$$

Исходные данные для расчета годового экономического эффекта от внедрения фрез приведены в табл. 7.9.

Подставляя исходные данные в формулу, получим

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= (1047,7 \cdot 1,8 - 1594,03) + (205,16 \cdot 1,8 - 205,24) 300 = \\ &= 136\,763,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

7.7. Общие принципы построения инструментального обеспечения станков с ЧПУ, автоматических линий, обрабатывающих центров

Развитие автоматизированного гибкого производства предъявляет особые требования к инструментальному обеспечению в части гибкости, надежности в эксплуатации, ограниченности номенклатуры компонентов, малогабаритности и т. д.

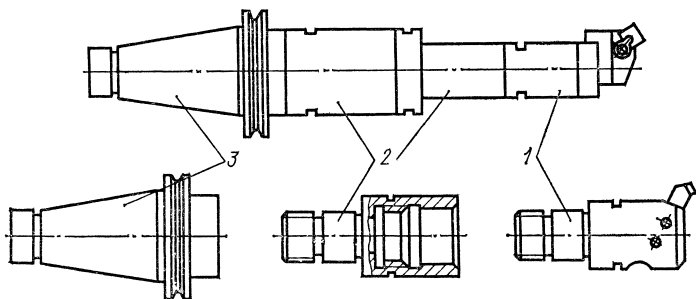


Рис. 7.6. Система модульного расточного инструмента фирм SIP, DIXI

Эти требования выполняются за счет создания специальных повышенной точности и жесткости, а также комбинированных видов инструментов, в том числе с автоматическим регулированием положения режущих кромок, с малыми габаритными размерами крепежных участков, сводящих к минимуму длину перемещений ин-

струментов при их замене, а также за счет создания как режущего, так и мерительного инструмента агрегатированного модульного типа.

Агрегатирование обычно осуществляется на трех уровнях: 1-й — переходные элементы, один конец которых закрепляется в шпинделе станка, а на втором конце закрепляется инструмент 2-го (промежуточного) уровня (к ним относятся удлинители, переходные элементы и т. п.), 3-й уровень — это обычный или специальный режущий (мерительный) инструмент. В качестве примера на рис. 7.6 приведены системы модульного расточного (измерительного) инструмента «СО» фирм SIP, DIXI (Швейцария).

Система состоит из расточных головок 1, удлинителей 2 и хвостовых частей (переходников) 3, предназначенных для установки в шпиндель станка.

Система может быть выполнена на одном уровне (режущий инструмент вставляется непосредственно в шпиндель станка), на двух уровнях (режущий инструмент закрепляется в шпинделе станка через хвостовую часть) или на трех уровнях (при использовании хвостовиков и удлинителей).

Создание модульного инструмента требует повышения точности исполнения инструментов каждого уровня, применения новых схем базирования.

Точность исполнения конусов 7 : 24 станков с ЧПУ должна быть не ниже АТ4, точность исполнения конусов Морзе не ниже АТ7, точность изготовления укороченных конусов должна обеспечить прилегание не менее 80 % поверхности сопрягаемых участков.

К новым схемам базирования концевой инструмента следует отнести фланцевое крепление с базированием по центрирующему пояску крепежной части инструмента и отверстия шпинделя (переходника). Схема отличается повышенной жесткостью крепления за счет развитого фланца и точного исполнения прилегаемых участков, быстросменностью, связанной с малым осевым перемещением при смене инструмента, повышенной точностью базирования.

Фланцевая схема крепления применяется как для режущего (сверла, в том числе с механическим креплением режущих пластин, фрезы, комбинированные инструменты), так и для вспомогательного инструмента.

РЕЗЦЫ

Резцы — наиболее распространенный вид режущего инструмента. Они отличаются большим многообразием, применяются на токарных, долбежных, строгальных, расточных станках (соответственно этому резцы делятся на токарные, строгальные, расточные и долбежные) при обточке, расточке, подрезке, отрезке, строгании, долблении, резьбонарезании и комбинированной обработке.

Резцы также различают по форме — призматические или круглые — и по установке относительно обрабатываемой заготовки — радиальные и тангенциальные.

Радиальные резцы получили наибольшее применение за счет простоты крепления и выбора геометрических параметров режущей части. Тангенциальные резцы применяют на токарных автоматах и полуавтоматах в тех случаях, когда основным требованием является шероховатость обрабатываемой поверхности. По направлению подачи резцы бывают правые и левые; по конструкции — цельные, составные, сварные, составные с механическим креплением пластин и т. д.; по материалу режущей части — из быстрорежущей стали, с пластинами из твердого сплава, минералокерамики и сверхтвердых синтетических материалов. Обозначения резцов по ОКП представлены в табл. 8.1.

8.1. Основные виды резцов

Основные виды стандартизированных и выпускаемых промышленностью резцов — в табл. 8.2—8.5, а их габаритные размеры — в табл. 8.6.

8.2. Общие конструктивные элементы резцов

Основные части резца: корпус, рабочая часть, крепежные элементы подкладки, опорные пластины, стружколомы (у сборных резцов), регулировочные элементы.

Рабочая часть. Она характеризуется инструментальным материалом, твердостью, формой, размерами, способом присоединения к корпусу. Материал рабочей части — быстрорежущие стали (63—66 HRC₉ или 64—67 HRC₉ у быстрорежущих сталей с массо-

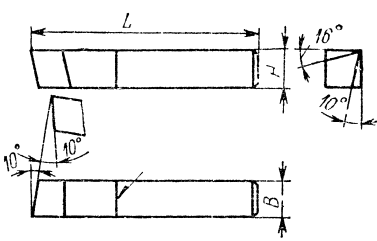
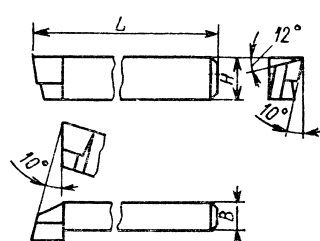
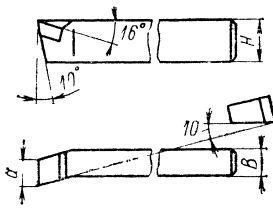
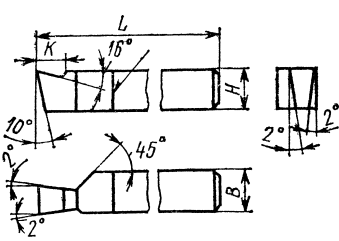
8.1. Обозначение резцов по ОКП

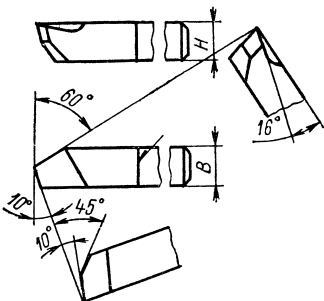
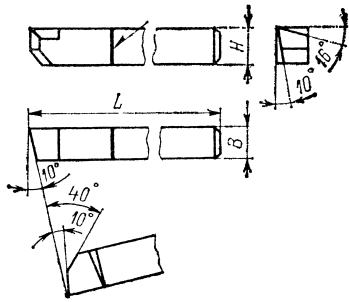
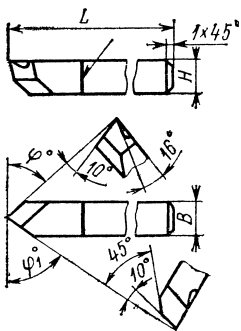
Группа 2100 Резцы	
Подгруппа	Вид
2110 — резцы из быстрорежущей стали толстые	2111 — проходные отогнутые 2112 — » прямые 2113 — упорные, подрезные, чистовые широкие 2114 — отрезные 2115 — прорезные, фасочные и канавочные 2116 — пазовые, фасонные, тангенциальные и копирные 2117 — резьбовые
2120 — резцы из быстрорежущей стали расточные, строгальные, долбежные, зубострогальные и др.	2121 — расточные 2122 — » державочные 2123 — строгальные 2124 — долбежные 2125 — зубострогальные 2126 — для электрогравировальных автоматов 2128 — специальные, в том числе автоматные 2129 — пластинки из быстрорежущей стали к резцам
2130 — резцы твердосплавные напайные	2131 — токарные проходные, подрезные и резьбовые 2133 — токарные расточные 2134 — » отрезные 2135 — » прорезные, фасочные, пазовые, фасонные 2136 — строгальные 2137 — державочные расточные
2150 — резцы твердосплавные сборные с механическим креплением многогранных пластин (кроме резцов к станкам с ЧПУ)	2151 — токарные проходные 2152 — » расточные 2153 — » резьбовые 2154 — автоматнo-револьверные
2160 — резцы твердосплавные	2161 — расточные для координатно-расточных станков 2162 — расточные для токарных автоматов 2163 — » для токарных станков

Группа 2100 Резцы	
Подгруппа	Вид
2170 — резцы твердо- сплавные чашечные и др.	2171 — чашечные 2178 — специальные
2180 — резцы мине- ралокерамические	2181 — токарные проходные 2182 — » расточные
2190 — резцы для станков с ЧПУ и авто- матических линий твер- досплавные и сборные с механическим креп- лением многогранных пластин	2191 — токарные проходные 2192 — » для контурного точения 2193 — расточные 2194 — токарные резьбовые 2195 — » канавочные 2197 — вставки резцовые для станков с ЧПУ 2198 — оправки расточные и подрезные к стан- кам с ЧПУ

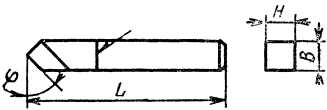
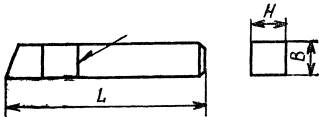
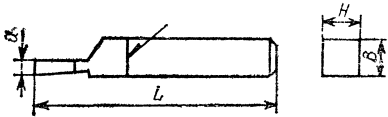
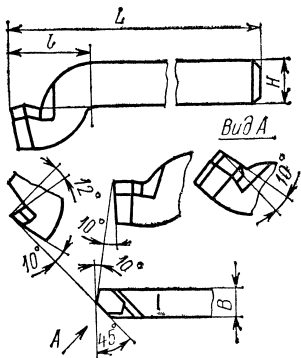
8.2. Основные виды резцов токарных и строгальных из быстрорежущих сталей (размеры и форма пластин по ГОСТ 2379—77*)

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные проходные отогнутые для обточки и растачивания отверстий (коротких) большого диаметра (ГОСТ 18868—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 8, 12; 19; 24; 27; $\gamma = 12^\circ$ — для обработки хрупких и $\gamma = 0$ — для обработки вязких материалов Пластины №№ 4101—4105	
Резцы токарные проходные прямые для обточки по наружному диаметру (ГОСТ 18869—73*) Размеры — см. табл. 8.6; пп. 1; 2; 3; 4; 6; 8; 9; 12; 16; 19; 24, $\varphi = 45; 60; 75^\circ$ Пластины для резцов исполнения 2 №№ 5601—5608, 5701—5708	

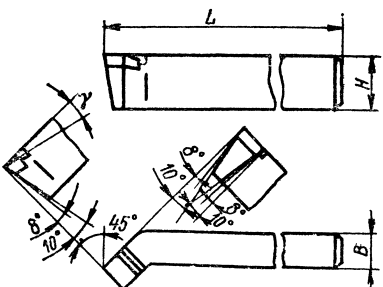
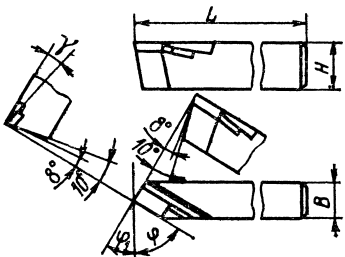
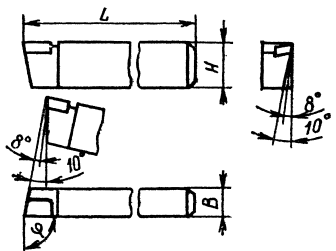
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные проходные упорные для обточки ступенчатых заготовок, подрезки буртиков и торцев (ГОСТ 18870—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 1; 2; 3; 4; 6; 9; 11; 15; 18; 23 — для типа 1; 8; 12; 19; 24; 27 — для типа 2; $\gamma = 12^\circ$ — для обработки вязких и $\gamma = 0$ — для обработки хрупких материалов Пластины №№ 5801—5804 — для типа 1; 4102—4106 — для типа 2	Тип 1  Тип 2 
Резцы токарные подрезные торцевые для обработки на проход торцевых поверхностей (ГОСТ 18871—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 8; 12; 19, 24; 27 Пластины для резцов исполнения 2 №№ 4301—4310	
Резцы токарные прорезные и отрезные (ГОСТ 18874—73*) Резцы отрезные — для отрезки заготовок диаметром 10—60 мм Размеры — см. табл. 8.6, пп. 2; 3; 4; 6; 8; 12; 19; 24	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы расточные державочные из быстрорежущей стали (ГОСТ 10044—73*) Тип 1 — проходные прямого крепления для расточки сквозных отверстий, тип 2 — упорные — для расточки прямых и глухих отверстий Резцы проходные для косого крепления под углом 45° — тип 3 ($\varphi_1 = 55^\circ$), под углом 60° — тип 4 ($\varphi_1 = 40^\circ$) $H \times B \times L$, мм: $6 \times 6 \times 20$; $6 \times 6 \times 25$; $6 \times 6 \times 32$; $8 \times 8 \times 20$; $8 \times 8 \times 25$; $8 \times 8 \times 32$; $8 \times 8 \times 40$; $10 \times 10 \times 32$; $10 \times 10 \times 40$; $10 \times 10 \times 50$; $12 \times 12 \times 40$; $12 \times 12 \times 50$; $12 \times 12 \times 63$; $16 \times 16 \times 50$; $16 \times 16 \times 63$; $16 \times 16 \times 80$; $20 \times 20 \times 63$; $20 \times 20 \times 80$; $20 \times 20 \times 100$	Тип 1  Тип 2  Тип 3, тип 4 

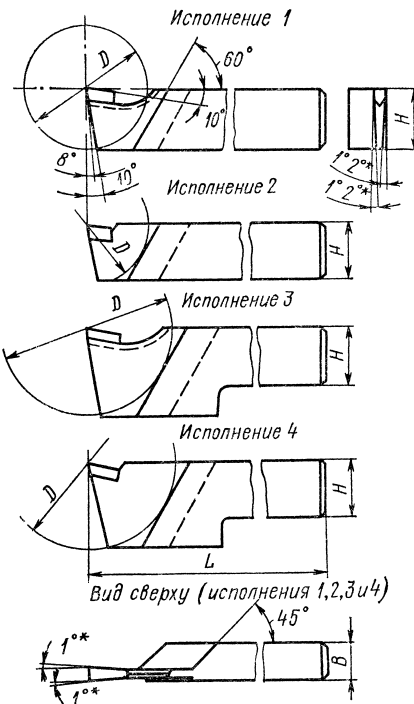
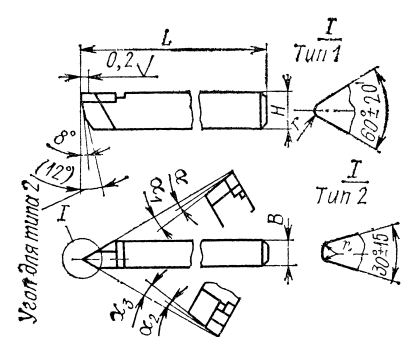
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз																												
Резцы отрезные сборные конструкции М. Г. Аникина (правые и левые) для разрезки (ОН-035-18—68) Размеры, мм: <table><tr><td>H</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td></tr><tr><td>L</td><td>130</td><td>140</td><td>175</td></tr><tr><td>a</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>d</td><td>40</td><td>60</td><td>75</td></tr></table>	H	20	25	30	L	130	140	175	a	4	5	5	d	40	60	75													
H	20	25	30																										
L	130	140	175																										
a	4	5	5																										
d	40	60	75																										
Резцы токарные резьбовые (ГОСТ 18876—73*) Тип 1 — для наружной метрической резьбы с шагом 0,5—6 мм; тип 2 — для наружной трапецидальной резьбы с шагом 2—24 мм Размеры — см. табл. 8.6, пп. 8; 12; 19; 24; 27 Тип 3 — для внутренней метрической резьбы с шагом 0,75—6 мм; тип 4 — для внутренней трапецидальной резьбы с шагом 2—16 мм Размеры — см. табл. 8.6, пп. 5; 7; 10; 17; 22 Пластины для типов 1 и 2 — №№ 6101—6104; 6201—6208; для типов 3 и 4 — №№ 4702, 4703, 5501, 5503—5505	Тип 1 и 2 Тип 3 и 4 Исполнение 2																												
Резцы автоматные отрезные пластинчатые (правые и левые) (ТУ 2-035-491—76); $\alpha = 12^\circ$, $\alpha_1 = 2^\circ$ Размеры, мм: <table><tr><td>H</td><td>12</td><td>18</td><td>12</td><td>20</td><td>25</td><td>25</td></tr><tr><td>B или a</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>L</td><td>85/100</td><td></td><td></td><td>125/150</td><td></td><td></td></tr><tr><td>$\gamma, ^\circ$</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr></table>	H	12	18	12	20	25	25	B или a	3	4	5	5	5	6	L	85/100			125/150			$\gamma, ^\circ$	8	10	12	12	12	12	
H	12	18	12	20	25	25																							
B или a	3	4	5	5	5	6																							
L	85/100			125/150																									
$\gamma, ^\circ$	8	10	12	12	12	12																							

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы автоматные проходные (правые и левые) (ТУ 2-036-491—76) $\varphi = 30, 45, 75^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$; $\gamma = 12^\circ$ Размеры — см. табл. 8.6, пп. 3; 4; 6; 9; 15	
Резцы револьверные, подрезные (ТУ 2-035-491—76) $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$, $\gamma = 12^\circ$ $H \times B \times L$, мм: $8 \times 8 \times 30$; $8 \times 8 \times 50$; $8 \times 8 \times 70$; $8 \times 8 \times 120$; $8 \times 8 \times 150$; $10 \times 10 \times 60$; $10 \times 10 \times 65$; $10 \times 10 \times 100$; $10 \times 10 \times 110$; $12 \times 12 \times 65$; $12 \times 12 \times 70$; $12 \times 12 \times 100$; $12 \times 12 \times 120$; $12 \times 12 \times 175$; $16 \times 16 \times 80$; $20 \times 20 \times 100$	
Резцы автоматные отрезные (ТУ 2-035-491—76); $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$, $\gamma = 12^\circ$ $H \times B \times a$, мм: $8 \times 8 \times 1,5$; $8 \times 8 \times 2$; $10 \times 10 \times 1,5$; $10 \times 10 \times 2$; $10 \times 10 \times 2,5$; $12 \times 12 \times 1,5$; $12 \times 12 \times 2$; $12 \times 12 \times 2,5$; $12 \times 12 \times 3$; $16 \times 16 \times 3$	
Резцы строгальные проходные изогнутые с пластинами из быстрорежущей стали для строгания плоскостей (ГОСТ 18887—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 14; 21; 26; 29; 31; 33 Пластины №№ 4401—4411 Резцы строгальные широкие, изогнутые с пластинами из быстрорежущей стали (ГОСТ 18888—73*). Размеры те же Резцы строгальные подрезные (прямые и изогнутые) (ГОСТ 18889—73*). Размеры — см. табл. 8.6, пп. 13; 20; 25; 28; 30; 32 Резцы строгальные отрезные и прорезные изогнутые с пластинами из быстрорежущих сталей (ГОСТ 18890—73*). Размеры — см. табл. 8.6, пп. 14; 21; 26; 29; 31 Пластины №№ 4902—4907	

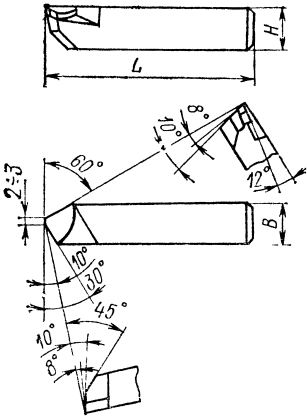
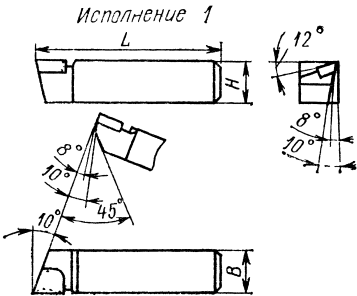
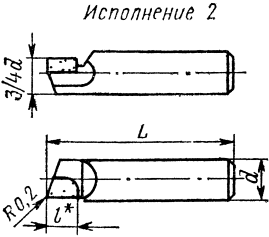
8.3. Основные виды резцов токарных и строгальных с пластинами из твердого сплава

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные проходные отогнутые с $\varphi = 45^\circ$ для обтачивания по наружному диаметру, подрезки торцов, расточки коротких отверстий больших диаметров; $\gamma = 0$ или 10° (ГОСТ 18877—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 4; 9; 12; 13; 17; 25; 28; 32; 40; 49; 55; 58; 60; 62; 31; 32; 33; 36; 38 Пластины типов 01; 02; 61; 62 (ГОСТ 25395—82)	
Резцы токарные проходные прямые для обтачивания, подрезки торцов, расточки, $\gamma = 0$ или 10°; $\varphi = 45, 60$ и 75°; $\varphi_1 = 45, 30$ или 15° соответственно (ГОСТ 18878—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 1; 2; 5; 8; 10; 11; 14; 16; 17; 20; 21; 25; 26; 28; 30; 34; 37 Пластины типов 07, 67 (ГОСТ 25426—82)	Исполнение 2 
Резцы токарные проходные упорные для обтачивания ступенчатых деталей, подрезки торцов, буртиков; $\gamma = 0$ или 10° (ГОСТ 18879—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 1; 2; 5; 11 — для типа 1 Пластины типов 07; 67 (ГОСТ 25426—82)	

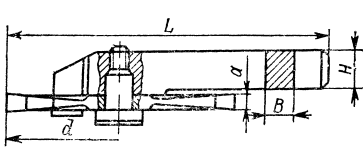
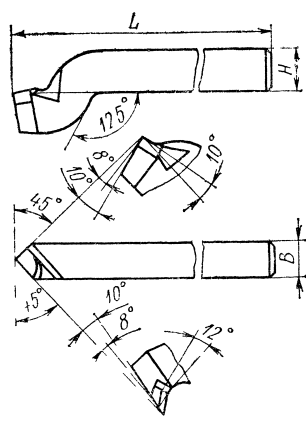
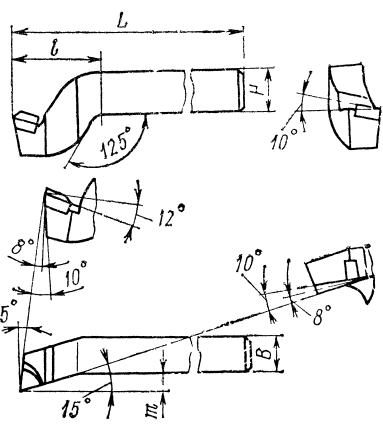
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные подрезные, отогнутые для обтачивания ступенчатых деталей, деталей с большим отношением длины к диаметру, подрезки торцов, буртиков; $\gamma = 0$ или 10° (ГОСТ 18880—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 12; 13; 25; 40; 44; 55; 61; 62; 67; 72 Пластины типов 06; 66 (ГОСТ 25397—82)	
Резцы токарные расточные для растачивания сквозных отверстий диаметром $D_{\min} = 14-110$ мм (ГОСТ 18882—73*) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 14; 18; 20; 21; 29; 33; 35; 36; 50; 51; 59; 69 Пластины типов 01; 02; 61; 62 (ГОСТ 25395—82)	
Резцы токарные расточные для растачивания глухих отверстий диаметром $D_{\min} = 10-110$ мм (ГОСТ 18883—73*); $\varphi = 95^\circ$ для резцов типа 1 Размеры — см. табл. 8.6, пп. 9; 18; 20; 21; 33; 35; 36; 50; 51 — для исполнения 1; пп. 14; 29; 59; 69 — для исполнения 2 Пластины типов 06; 66 (ГОСТ 25379—82)	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные отрезные для разрезки цилиндрических заготовок (ГОСТ 18884—73*) Диаметр разрезки $D_{\max} = 30 \div \div 135$ мм (в зависимости от размеров резцов) Размеры — см. табл. 8.6, пп. 16; 24; 40; 55; 62 — для исполнений 1 и 2; пп. 24; 40; 55; 62; 73 — для исполнений 3 и 4 Пластины типа 13 (ГОСТ 17163—82)	 Исполнение 1 Исполнение 2 Исполнение 3 Исполнение 4 Вид сверху (исполнения 1, 2, 3 и 4)
Резцы токарные резьбовые (ГОСТ 18885—73*) Тип 1 и 2 для нарезания наружных резьб: метрических с шагом 0,5—6 мм — тип 1, трапецидальных с шагом 2—24 мм — тип 2 Размеры — см. табл. 8.6, пп. 11; 24; 40; 55 — для типа 1; пп. 24; 40; 55; 62 — для типа 2 Пластины типа 11 (ГОСТ 25398—82)	Тип 1 и 2  Тип 1 Тип 2 Угол для типа 2 (120°)

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Тип 3 и 4 для нарезания внутренних резьб: метрических с шагом 0,75—6 мм — тип 3 и трапецеидальных с шагом 2—16 мм — тип 4 Размеры — см. табл. 8 6, пп. 6; 10; 21; 36; 51 Пластины типа 48 (ГОСТ 25422—82)	Тип 3 и 4
Резцы расточные цельные из твердого сплава со стальным хвостовиком для сквозных отверстий (ГОСТ 18062—72) $H \times D \times L \times d$, мм: $2,8 \times 6 \times 40 \times 3 \div 7,5 \times 1,5 \times 100 \times 8$ (d — наименьший диаметр растачиваемого отверстия)	
Резцы расточные цельные из твердого сплава со стальным хвостовиком для глухих отверстий (ГОСТ 18063—72) Тип 1 — для координатно-расточных, типы 2 и 3 — для токарных и револьверных станков $H \times D \times L \times d$, мм: $2,8 \times 10 \times 70 \times 3 \div 7,5 \times 15 \times 100 \times 8$ (типы 1 и 2) и $2,8 \times 12 \times 120 \times 3 \div 7,5 \times 12 \times 14 \times 8$ (тип 3) (d — наименьший диаметр растачиваемого отверстия)	

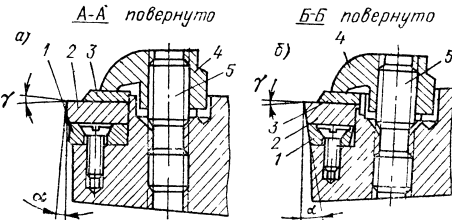
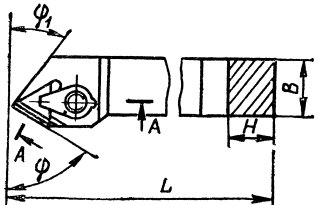
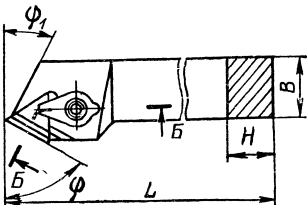
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы расточные державочные с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 9795—84) Тип 1 — для обработки сквозных отверстий, крепление прямое $H \times B \times L$, мм: $10 \times 10 \times 40 \div 25 \times 25 \times 125$ Пластины типов 10, 70 (ГОСТ 25396—82) Тип 2 — резцы упорные для обработки глухих отверстий, крепление прямое Исполнение 1 — $H \times B \times L$, мм: $6 \times 6 \times 20 \div 40 \times 40 \times 180$; исполнение 2 — $d \times L$, мм: $6 \times 20 \div 32 \times 140$ Пластины типов 07; 67 (ГОСТ 25426—82), типа 10 (ГОСТ 25396—82)	Тип 1  Тип 2 Исполнение 1  Исполнение 2 

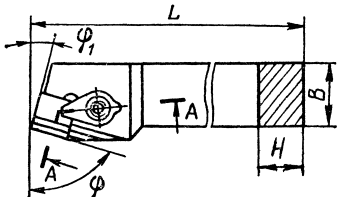
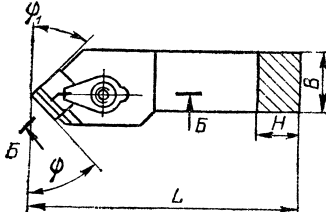
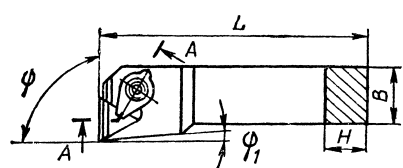
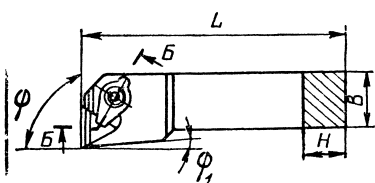
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Тип 3 для косо́го крепления под углом 45°, тип 4 — под углом 60° Исполнение 1 — державка квадратного сечения, исполнение 2 — державка круглого сечения Размеры: тип 3 исполнение 1 — $H \times B \times L$, $6 \times 6 \times 20 \div 20 \times 20 \times 100$; исполнение 2 — $d \times L$, мм: $8 \times 25 \div 20 \times 100$; тип 4 исполнение 1 — $H \times B \times L$, мм: $6 \times 6 \times 20 \div 40 \times 40 \times 20$; исполнение 2 — $d \times L$, мм: $6 \times 20 \times 100$	Тип 3 и 4
Пластины типов 10; 70 (ГОСТ 25396—82) Тип 5 — для косо́го крепления под углом 45° с $\varphi = 60^\circ$ $H \times B \times L$, мм: $12 \times 12 \times 40 \div 16 \times 16 \times 80$ Тип 6 — для косо́го крепления под углом 60° с $\varphi = 60^\circ$ $H \times B \times L$, мм: $16 \times 16 \times 63 \div 25 \times 25 \times 25$ Пластины типов 01; 02; 61; 62 (ГОСТ 25395—82) при угле врезки 0 и типов 10; 70 (ГОСТ 25396—82) при угле врезки 10°	Тип 5 и 6

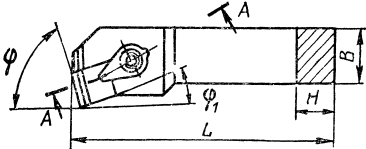
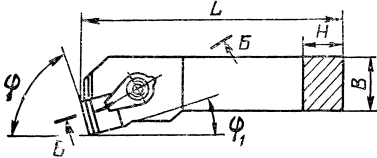
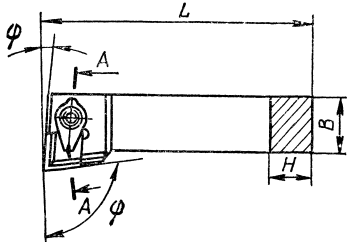
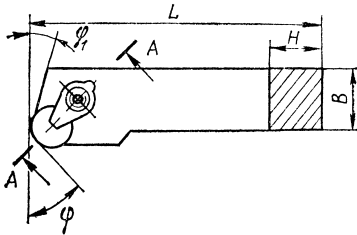
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы отрезные сборные конструкции М. Г. Аникина (ОН-035-13—68÷ОН-035-17—68) $H \times B \times L \times a \times d$, мм: $30 \times 18 \times 130 \times 4 \times 40$; $30 \times 18 \times 140 \times 5 \times 60$, $30 \times 18 \times 175 \times 5 \times 75$	
Резцы строгальные проходные с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18891—73*) Тип 1 — проходные изогнутые; тип 2 — проходные прямые $H \times B \times L$, мм: тип 1 — $20 \times 60 \times 190$; $25 \times 20 \times 220$; $32 \times 25 \times 280$; $40 \times 32 \times 340$; $50 \times 40 \times 400$; $63 \times 50 \times 500$; тип 2 — $20 \times 16 \times 170$; $25 \times 20 \times 200$; $32 \times 25 \times 250$; $40 \times 32 \times 300$; $50 \times 40 \times 350$; $63 \times 50 \times 450$ Пластины типа 10 (ГОСТ 25396—82) — исполнение 1; пластины типа 01 (ГОСТ 25395—82) — исполнение 2	Тип 1 
Резцы строгальные подрезные с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18893—73*) Тип 1 — подрезные изогнутые; тип 2 — подрезные прямые Размеры те же, что и для резцов строгальных проходных Пластины типа 10 (ГОСТ 25396—82) — исполнение 1; типа 01 (ГОСТ 25395—82) — исполнение 2	

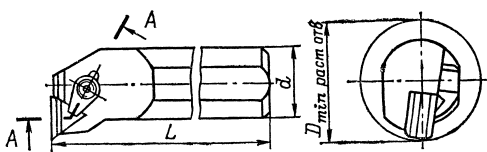
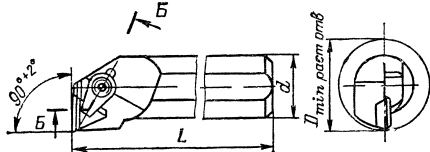
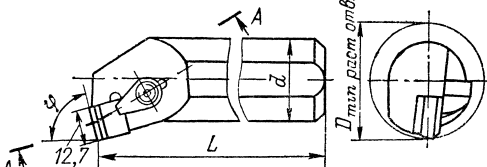
8.4. Основные виды резцов с механическим креплением многогранных пластин

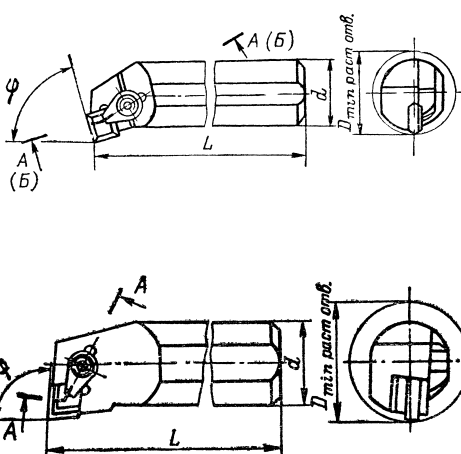
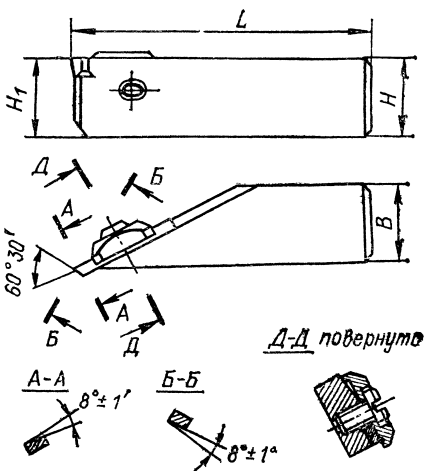
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
1. Резцы токарные сборные для контурного точения — правые и левые (ГОСТ 20872—80) Тип 1 и тип 2 — с режущими пластинами параллелограммной формы по ГОСТ 19062—80; опорная пластина по ГОСТ 19079—80. Резцы типа 1 ($\varphi = 93^\circ$) обеспечивают обработку с углами врезания до 32°, подрезку торцов «от центра» обточки фасок, типа 2 ($\varphi = 63^\circ$) — обработку сферических поверхностей с углом врезания до 51° Размеры — см. табл. 8.6, пп. 42; 47; 51—53; 55 Тип 3 и тип 4 — с режущими пластинами правильной трехгранной формы по ГОСТ 19046—80*; опорная пластина по ГОСТ 19073—80. Резцы типа 3 ($\varphi = 93^\circ$) обеспечивают обработку с углами врезания до 22°, подрезку торцов «от центра», обточку фасок; типа 4 ($\varphi = 63^\circ$) — обработку сферических поверхностей с углом врезания до 52° Размеры — см. табл. 8.6, пп. 47; 51—53; 55	Тип 1 и 2 Тип 3 и 4

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
2. Резцы токарные с механическим креплением многогранных пластин (20 типов) для обточки и подрезки торцов деталей из сталей и серых чугунов (ГОСТ 26611—85) Размеры резцов — см. табл. 8.6, пп. 8; 16; 32; 48; 58; 60; 70	 1, 2 — опорная и режущая пластины; 3 — стружколом; 4 — прихват; 5 — винт (ГОСТ 17475—80)
Резцы проходные (правые и левые) с пластинами трехгранной формы: твердосплавными (ГОСТ 19043—80*), минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19073—80, стружколом по ГОСТ 19084—80 Тип 1 — $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 3^\circ$ (отогнутые); тип 3 — $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 3^\circ$; тип 9 — $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 33^\circ$ (отогнутые); $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 5^\circ$	
Резцы проходные (правые и левые) с твердосплавными пластинами трехгранной формы с задними углами по ГОСТ 19045—80*; опорные пластины по ГОСТ 19074—80, стружколом по ГОСТ 19084—80 Тип 2 — $\varphi = 90^\circ$ (отогнутые); тип 4 — $\varphi = 90^\circ$; тип 10 — $\varphi = 60^\circ$ (отогнутые); $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 6^\circ$	

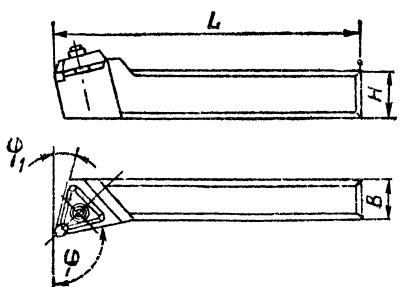
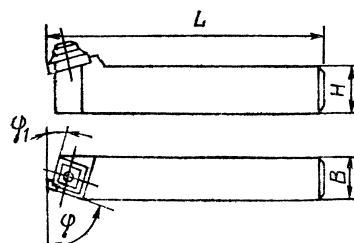
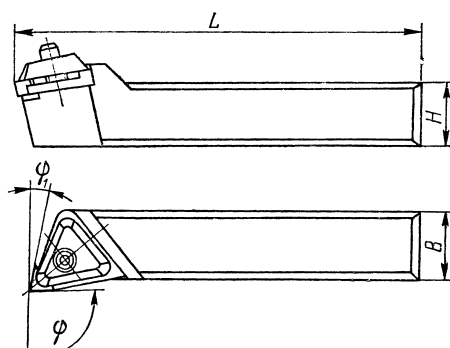
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы проходные (правые и левые) с пластинами квадратной формы: твердосплавными (ГОСТ 19049—80*), минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19076—80*, стружколом по ГОСТ 19085—80* Типы 5 (отогнутые) и 7 — $\varphi = 75^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; типы 11 (отогнутые) и 13 — $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; для типов 5, 7 и 13 $\gamma = \alpha = 5^\circ$, для типа 11 $\gamma = \alpha = 7^\circ$	
Резцы проходные (правые и левые) с твердосплавными пластинами квадратной формы и задними углами (ГОСТ 19058—80); опорные пластины по ГОСТ 19077—80*, стружколом по ГОСТ 19075—80 Типы 6 (отогнутые) и 8 — $\varphi = 75^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; типы 12 (отогнутые) и 14 — $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 6^\circ$	
Резцы подрезные типа 15 отогнутые с пластинами трехгранной формы: твердосплавными (ГОСТ 19043—80*); минералокерамическими — по ГОСТ 25003—81*; опорные пластины по ГОСТ 19073—80, стружколом по ГОСТ 19084—80; $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 3^\circ$; $\gamma = \alpha = 5^\circ$	
Резцы подрезные типа 16 отогнутые с пластинами трехгранной формы с задними углами по ГОСТ 19045—80*; опорные пластины по ГОСТ 19074—80, стружколом по ГОСТ 19084—80; $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 3^\circ$	

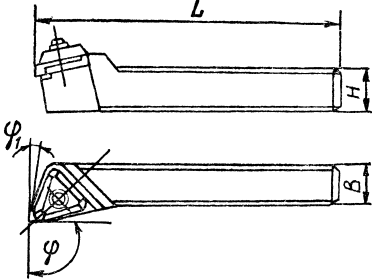
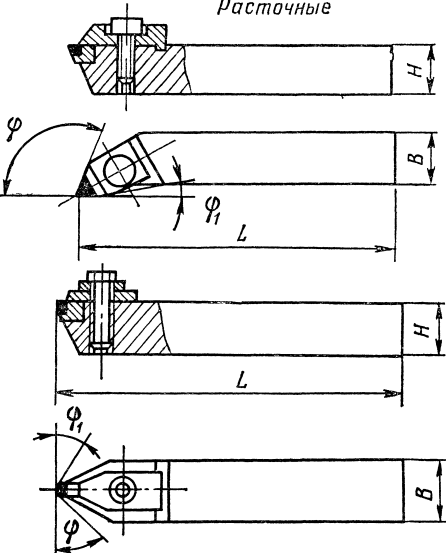
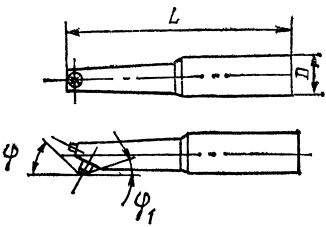
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы подрезные типа 17 отогнутые с пластинами квадратной формы: твердосплавными (ГОСТ 19049—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81); опорные пластины по ГОСТ 19076—80*, стружколом по ГОСТ 19075—80; $\varphi = 75^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\gamma = \alpha = 5^\circ$	
Резцы подрезные типа 16 отогнутые с твердосплавными пластинами квадратной формы (ГОСТ 19050—80*), опорные пластины по ГОСТ 19077—80*, стружколом по ГОСТ 19075—80; $\varphi = 75^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$	
Резцы проходные типа 19 отогнутые с пластинами ромбической формы: твердосплавными (ГОСТ 19056—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19078—80; $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\gamma = \alpha = 5^\circ$	
Резцы проходные типа 20 отогнутые с пластинами круглой формы: твердосплавными (ГОСТ 19069—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19083—80; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\gamma = \alpha = 5^\circ$	

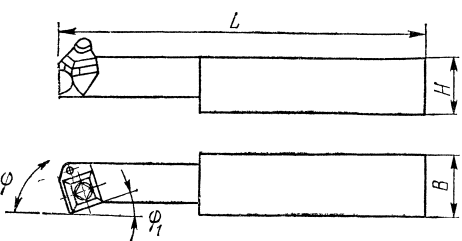
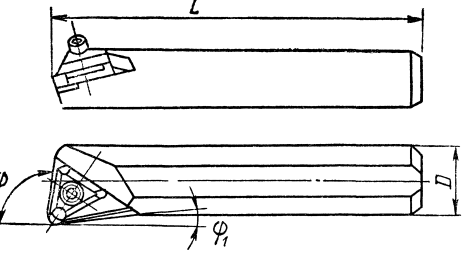
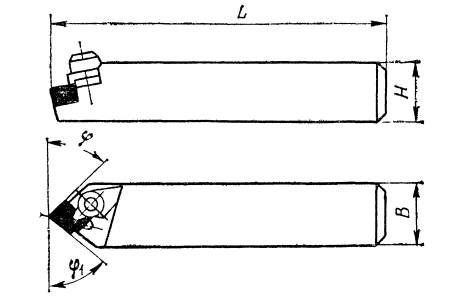
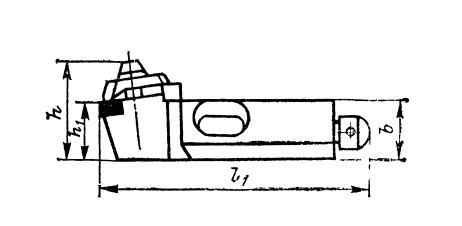
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
3. Резцы расточные (6 типов) с механическим креплением многогранных пластин для растачивания отверстий в деталях из сталей и чугунов (ГОСТ 26612—85); конструкция узла крепления аналогична резцам по ГОСТ 26611—85; $L = 170; 180; 200; 250; 350$ мм; $d = 20; 25; 32; 50$ мм Тип 1 — для сквозных отверстий с пластинами трехгранной формы: твердосплавными (ГОСТ 19043—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19073—80, стружколом по ГОСТ 19084—80; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; минимальный диаметр растачиваемого отверстия $D_{\min} = 40$ мм Тип 2 — для сквозных отверстий с пластинами из твердого сплава трехгранной формы с задними углами по ГОСТ 19045—80*; опорные пластины по ГОСТ 19074—80, стружколом по ГОСТ 19084—80; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $D_{\min} = 25$ мм Тип 3 — для глухих отверстий с пластинами квадратной формы: твердосплавными (ГОСТ 19043—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19076—80*, стружколом по ГОСТ 19084—80; $\varphi = 75^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $D_{\min} = 40$ мм	См. сеч. А—А и Б—Б резцы по ГОСТ 26611—85 на с. 274 Тип 1  Тип 2  Тип 3 

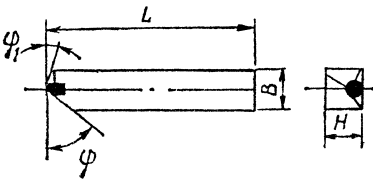
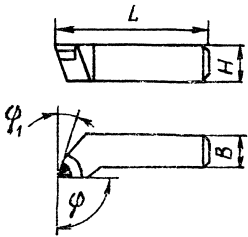
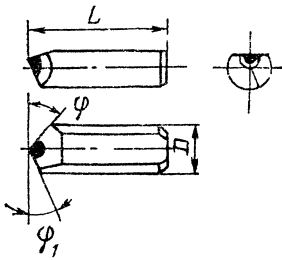
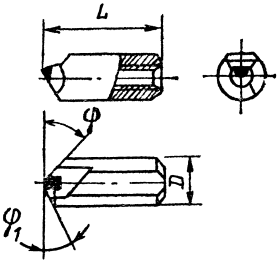
Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
С пластинами из твердого сплава квадратной формы с задними углами по ГОСТ 19050—80* и ГОСТ 24252—80*; опорные пластины по ГОСТ 19077—80*, стружколом по ГОСТ 19085—80* Тип 4 — $\varphi = 75^\circ$; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; тип 5 — $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; $D_{\min} = 25$ мм Тип 6 — для сквозных отверстий с пластинами ромбической формы: твердосплавными (ГОСТ 19056—80*); минералокерамическими (ГОСТ 25003—81*); опорные пластины по ГОСТ 19078—80; $\varphi = 95^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $D_{\min} = 45$ мм	Тип 4 и 5 
5. Резцы токарные сборные (ГОСТ 22207—76*) с механическим креплением призматических твердосплавных пластин по ГОСТ 25425—82 Тип 1 — для нарезания наружной метрической резьбы с шагом до 2 мм Размеры — см. табл. 8.6, пп. 45; 48; 58; 60	

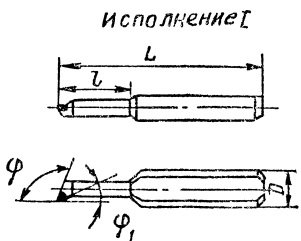
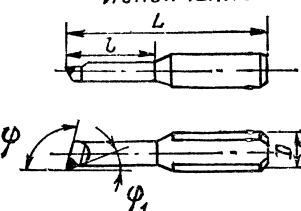
**8.5. Основные виды токарных и расточных резцов,
оснащенных сверхтвердыми синтетическими материалами
(ТУ 2-035-811—81)**

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные сборные проходные с механическим креплением пластин круглой формы из композитов Точение без удара (композиты 01, 05, 10, 10Д) и с ударом (композиты 10Д, 10); $t \leq 1$ мм (композит 01); $t \leq 2$ мм (композит 10Д); $t \leq 0,5$ мм (композит 10), $t \leq 3$ мм (композит 05) Размеры резцов ($H \times B \times L$), мм: $20 \times 20 \times 125$; $25 \times 25 \times 150$; $32 \times 25 \times 170$; $32 \times 32 \times 170$ Пластины по ТУ 2-035-808—81 композит 05 или 10Д — $\varphi = 95^\circ$ или $\varphi = 75^\circ$	
Резцы токарные сборные проходные с механическим креплением пластин квадратной формы из композита 05 ($\varphi = 75^\circ$ или $\varphi = 45^\circ$). Точение закаленных сталей ($t \leq 1,5$ мм) или чугунов без литевой корки ($t \leq 2,5$ мм) Размеры те же (см. выше)	
Резцы токарные сборные проходные с механическим креплением пластин трехгранной формы из композита 05 ($\varphi = 93^\circ$). Точение без удара, подрезка торцов, буртиков заготовок из закаленных сталей ($t \leq 2$ мм) и чугунов без литевой корки ($t \leq 3$ мм) Размеры те же (см. выше)	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные сборные проходные с механическим креплением пластин ромбической формы Точение без удара, подрезка торцов (резцы с $\varphi = 95^\circ$) на заготовках из закаленных сталей ($t \leq 2,5$ мм для композита 05 и $t \leq 0,5$ мм для композита 10Д) без литейной корки ($t \leq 4$ мм для композита 05 и $t \leq 1$ мм для композита 10Д)	
Резцы токарные сборные проходные ($\varphi = 45^\circ$) или подрезные ($\varphi = 93^\circ$) с механическим креплением перетачиваемой цилиндрической вставки с режущими элементами из композитов 01 или 10. Точение без удара (композит 01) или с ударом (композит 10) закаленных сталей и чугунов без литейной корки ($t \leq 0,5$ мм) Размеры ($H \times B \times L$), мм: $16 \times 16 \times 100$; $20 \times 20 \times 125$	<i>Расточные</i> 
Резцы токарные сборные расточные для сквозных отверстий с механическим креплением перетачиваемой цилиндрической вставки с режущими элементами из композитов 01 или 10 ($\varphi = 45^\circ$). Растачивание без удара (композит 01) или с ударом (композит 10) заготовок из закаленных сталей или чугунов без литейной корки ($t \leq 0,5$ мм) Размеры ($H \times B \times L$), мм: $16 \times 16 \times 125$; $25 \times 20 \times 170$	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные сборные расточные с механическим креплением пластин из композита 05 квадратной ($\varphi = 75^\circ$ и $\varphi = 45^\circ$), трехгранной ($\varphi = 93^\circ$) или ромбической ($\varphi = 95^\circ$) форм (композит 05 или 10Д). Растачивание без удара заготовок из закаленных сталей или чугунов без литейной корки Размеры ($D \times L \times D_{\min}$), мм: $20 \times 200 \times 25$; $25 \times 250 \times 32$; $32 \times 300 \times 40$	
Резцы токарные сборные с механическим креплением пластин круглой формы из композитов 01, 05, 10Д. Растачивание без удара (композиты 01, 05, 10Д) или с ударом (10Д) заготовок из закаленных сталей и чугунов без литейной корки Размеры ($D \times L \times D_{\min}$), мм: $20 \times 200 \times 25$; $25 \times 250 \times 32$; $32 \times 300 \times 40$	
Вставки резцовые с механическим креплением пластин ромбической формы из композита 05 ($\varphi = 45^\circ$ или $\varphi = 60^\circ$). Растачивание отверстий корпусных деталей из чугунов на горизонтально-расточных станках, сверлильно-фрезерно-расточных станках с ЧПУ Размеры ($H \times B \times L$), мм: $10 \times 10 \times 50$; $12 \times 12 \times 40$; $12 \times 12 \times 50$; $12 \times 12 \times 63$; $16 \times 16 \times 63$; $20 \times 20 \times 80$; $25 \times 25 \times 80$	
Вставки резцовые типа T-MAXS с механическим креплением круглых пластин из композита 01 и ромбических пластин из композита 05 ($\varphi = 95^\circ$). Растачивание отверстий в корпусных деталях из чугуна на расточных станках Размеры ($h \times b \times h_1 \times l_1$), мм: $12 \times 11 \times 10 \times 50$; $16 \times 16 \times 12 \times 55$; $20 \times 20 \times 16 \times 63$	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы токарные перетачиваемые, оснащенные композитами 01 или 10 ($\varphi = 15, 30, 45$ или 60°) Обточка заготовок из закаленных сталей и чугунов без литейной корки Размеры ($H \times B \times L$), мм $8 \times 8 \times 32, 10 \times 10 \times 40, 10 \times 10 \times 65, 12 \times 12 \times 70$	
Резцы токарные отогнутые с напайной двухслойной пластиной из композита 05 ($\varphi = 90^\circ$) Точение без удара закаленных сталей ($t \leq 2,5$ мм) или чугунов ($t \leq 4$ мм) Размеры ($H \times B \times L$), мм $20 \times 12 \times 125, 25 \times 16 \times 140$	
Резцы расточные державочные перетачиваемые круглопеченные оснащенные композитами 01 или 10 для растачивания отверстий в деталях из закаленных сталей и чугунов Тип 1 — $\varphi = 20, 35, 45, 60^\circ$, типы 2 и 3 — $\varphi = 10, 15, 35, 40, 50^\circ$ Размеры ($D \times L$), мм $8 \times 16, 3 \times 18, 8 \times 20, 10 \times 25, 12 \times 25, 16 \times 30, 16 \times 34, 16 \times 60, 16 \times 80$, тип 3 — $8 \times 16, 8 \times 18, 8 \times 20, 10 \times 25$	
Резцы расточные регулируемые перетачиваемые державочные, оснащенные композитами 01 или 10 (ТУ 2-035-811—81) для растачивания отверстий в деталях из закаленных сталей и чугунов на координатно-расточных, алмазно-расточных, горизонтально-расточных станках и станках с ЧПУ ($\varphi = 10, 15, 35, 40, 50^\circ$)	

Наименование, тип, конструктивные особенности	Эскиз
Резцы расточные перетачиваемые с режущим элементом из композитов 01 или 10 для растачивания отверстий диаметром >6 мм в деталях из закаленных сталей, чугунов ($\varphi = 45$ или 75° у резцов для сквозных и $\varphi = 93^\circ$ у резцов для глухих отверстий) Размеры ($D \times L$), мм: 8×40; 8×50; 10×40; 10×50; 12×50; 14×50	Исполнение I  Исполнение II 

8.6. Габаритные размеры резцов из быстрорежущей стали и оснащенных пластинами из твердого сплава, мм

№ п/п	H	B	L	№ п/п	H	B	L	№ п/п	H	B	L
1	4	4	50	28	20	16	120	55	32	20	170
2	6	6	50	29	20	16	200	56	32	20	250
3	8	8	50	30	20	20	100	57	32	20	280
4	10	10	60	31	20	20	120	58	32	25	170
5	10	10	90	32	20	20	125	59	32	25	280
6	10	10	120	33	20	20	140	60	32	32	170
7	12	12	70	34	20	20	150	61	36	25	170
8	12	12	80	35	20	20	170	62	40	25	200
9	12	12	100	36	20	20	200	63	40	25	240
10	12	12	140	37	22	16	120	64	40	25	300
11	16	10	100	38	24	20	120	65	40	25	340
12	16	10	110	39	25	16	120	66	40	32	170
13	16	12	100	40	25	16	140	67	40	32	200
14	16	12	170	41	25	16	150	68	40	32	210
15	16	16	80	42	25	16	200	69	40	32	300
16	16	16	100	43	25	16	220	70	40	40	210
17	16	16	110	44	25	20	140	71	50	32	210
18	16	16	120	45	25	20	150				(200)
19	16	16	125	46	25	20	170	72	50	32	240
20	16	16	140	47	25	25	140	73	50	32	280
21	16	16	170	48	25	25	150	74	50	32	360
22	18	16	120	49	25	25	170	75	50	32	400
23	20	12	100	50	25	25	200	76	50	40	210
24	20	12	120	51	25	25	240	77	50	40	240
25	20	12	125	52	29	20	140	78	50	50	210
26	20	12	170	53	29	25	140	79	63	40	450
27	20	12	190	54	32	20	140	80	63	40	500

вой долей ванадия свыше 3 % и кобальта не менее 5 %), твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые синтетические и природные материалы.

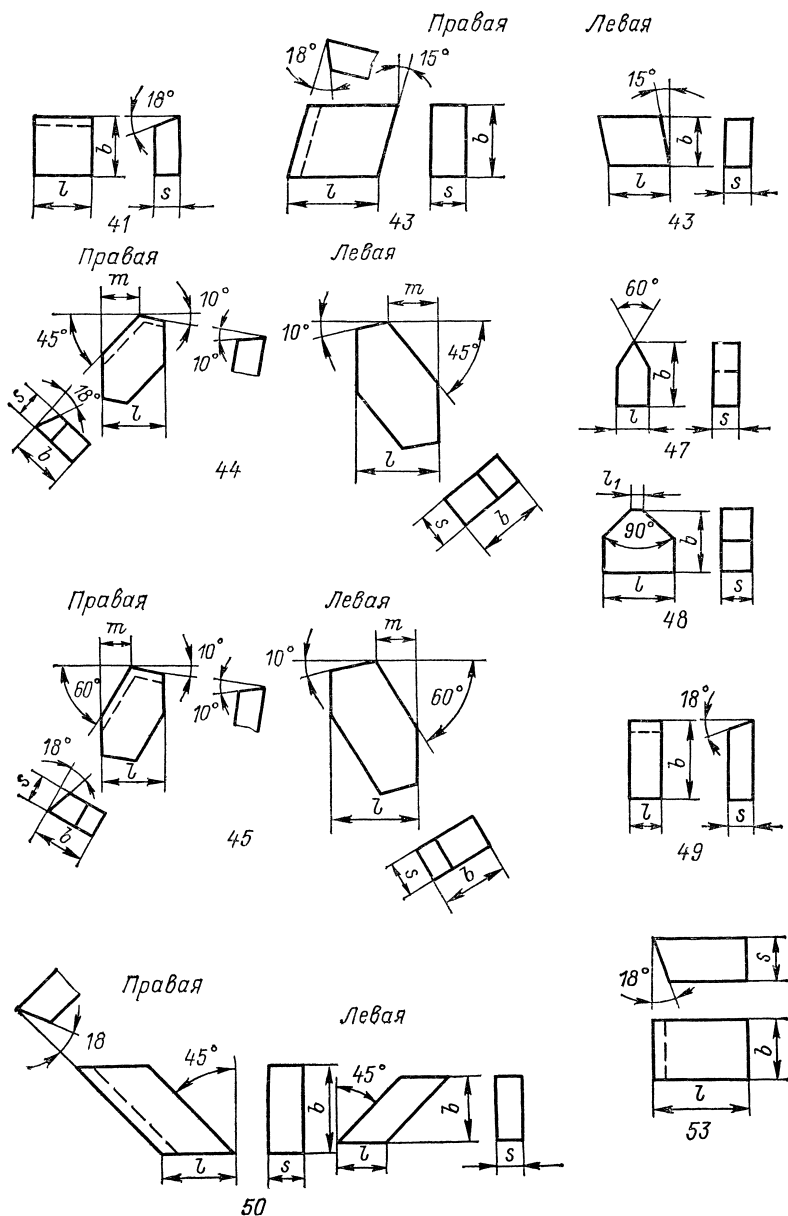
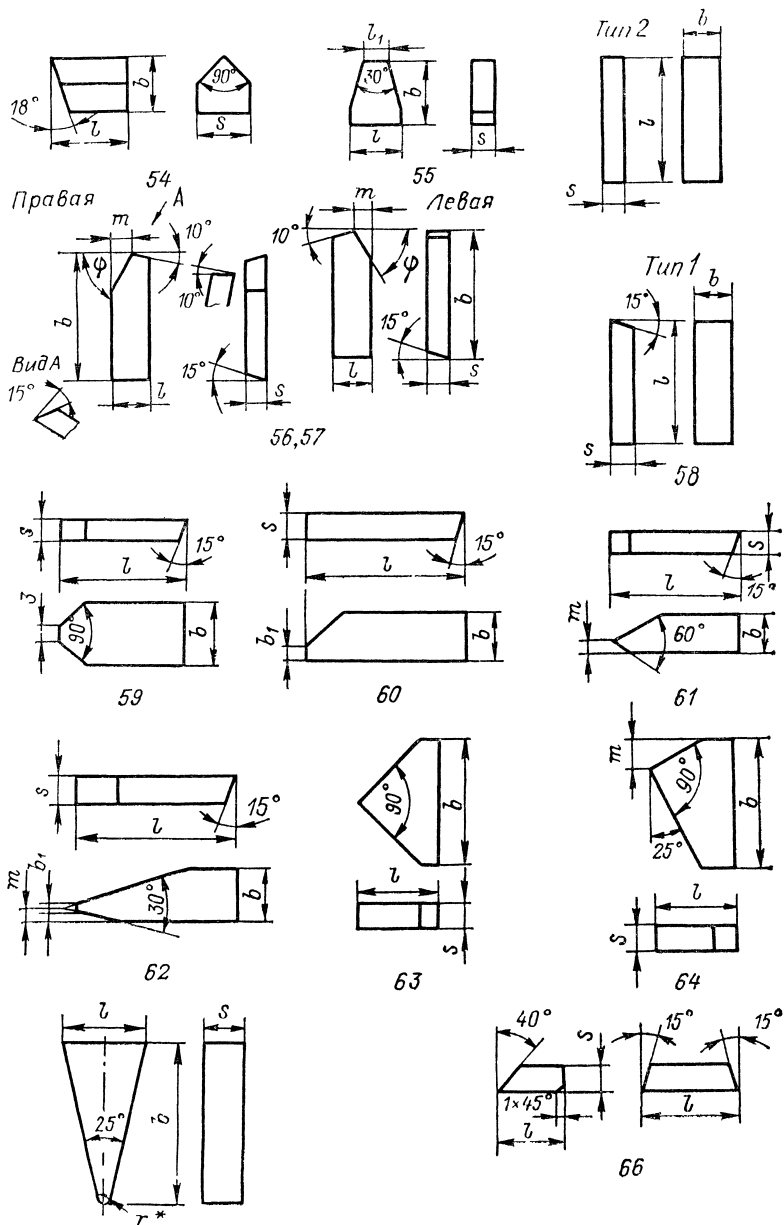


Рис. 8.1. Формы пластин из

Форма и размеры рабочей части резцов зависят от их назначения и формы и размеров пластины, выпускаемых централизованно.



65

быстрорежущей стали к резцам

Формы и размеры пластин из быстрорежущей стали приведены на рис. 8.1 и в табл. 8.7, форма и размеры пластин напайных из твердых сплавов — в табл. 4.11 и 4.12, сменных пластин — в табл. 4.13, пластин из минералокерамики — в табл. 4.21, из сверхтвердых материалов — в табл. 4.23.

При использовании специальных пластин следует учитывать ряд факторов, влияющих на их форму и размеры.

Пластины из быстрорежущих сталей и твердых сплавов для неразъемных соединений с корпусом характеризуются длиной l , шириной b и толщиной s (l определяет длину режущей кромки резца, b — площадь опоры и число переточек по задней грани, s — прочность пластины и число переточек по передней грани).

Обычно $s = (0,18 \div 0,25) H$, где H — высота корпуса резца, мм; $b = (1 \div 1,6) s$, мм (у готовых резцов). Для заготовок пластин $b = (1,2 \div 2,8) s$. При расположении пластин вдоль задней грани (тангенциальное расположение) $b = (1,5 \div 2)$.

Корпус резцов. Характеризуется формой и размерами поперечного сечения, материалом, твердостью. Форма сечения — прямоугольная, квадратная или круглая — зависит от назначения резца.

Прямоугольную форму с отношением $H : B = 1,6$ имеют чистовые и полушаровые резцы, с отношением $H : B = 1,25$ — у черновых резцов. Квадратная форма — у автоматного-револьверного и расточных резцов, круглая форма — у расточных и резьбовых резцов.

Взаимное расположение рабочей части и корпуса следующее: у токарных резцов вершина резца располагается на уровне верхней плоскости корпуса, у строгальных резцов — на уровне опорной плоскости корпуса, у расточных резцов с корпусом круглого сечения — по оси корпуса или ниже ее. Корпус отрезных резцов в зоне резания имеет несколько большую высоту (для увеличения его прочности и жесткости).

В качестве материала для корпуса резцов используют конструкционные стали марок 45, 50 (ГОСТ 1051—73* или ГОСТ 1050—74**), стали 40Х, 45Х (ГОСТ 4543—71), или инструментальные стали У8, У10.

Рабочая часть с корпусом соединяется посредством сварки (быстрорежущие пластины), пайки (твердосплавные пластины и режущие элементы из СТМ), механического крепления (быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические пластины или пластины из СТМ).

Для закрепления пластин на корпусе выполняются гнезда (рис. 8.2). Форма гнезда соответствует форме пластины, а размеры, мм, рассчитывают в зависимости от размеров пластин. Для напайных пластин, врезаемых на полную глубину, равную s ,

$l_1 = l - s \operatorname{tg} (\alpha_{\text{кл}} + 2^\circ)$; $b_1 = b - s \operatorname{tg} [(\alpha_{\text{к}} + \gamma) + (2 \div 4)^\circ]$, где l_1 — длина гнезда; b_1 — ширина гнезда в направлении угла $\gamma_{\text{в}}$ ($\gamma_{\text{в}}$ — угол «врезки» пластины в корпус); s — толщина пластины;

8.7. Форма и размеры пластин из быстрорежущей стали к резцам, мм

Номера пластин	Размеры					Назначение
	пластин				резцов	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>B</i>	
4101	10	10	5	—	16 × 10	Для токарных проходных отогнутых, проходных упорных и строгальных чистовых резцов
4102	12				16 × 10; 20 × 12	
4103	16	12	6	—	20 × 12; 25 × 16	
4104	20	16	8	—	25 × 16; 32 × 20	
4105	25	20	10	—	32 × 20; 40 × 25	
4106	32	25	12	—	40 × 25; 50 × 32	
4107	40	30	16	—	63 × 40	
4301 *	10	10	5	—	16 × 10	Для токарных и строгальных подрезных резцов
4303	12				20 × 12	
4305	16	12	6	—	25 × 16	
4307	20	16	8	—	32 × 20	
4309	25	20	10	—	40 × 25	
4311	32	25	12	—	50 × 32	
4313	40	30	16	—	63 × 40	
4401 *	12	10	5	7	20 × 12	Для токарных и строгальных проходных резцов с φ = 45°
4403	16	12	6	9	25 × 16	
4405	20	16	8	12	32 × 20	
4407	25	20	10	14	40 × 25	
4409	32	24	12	16	50 × 32	
4411	40	30	16	22	63 × 40	
4501 *	12	10	6	6	20 × 12	Для токарных проходных резцов с φ = 60°
4503	16	12	8	7	25 × 16	
4505	20	16	10	9	32 × 20	
4507			6		20 × 20	

Номера пластин	Размеры					Назначение
	пластин				резцов	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>B</i>	
4702	8	18	6	—	20 × 20	Для токарных рез- бовых резцов
4703	10	20	8	—	25 × 25	
4801	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>l</i> ₁	<i>H</i> × <i>b</i>	Для строгальных двусторонних и фасоч- ных резцов
	12	14	6	2,0	20 × 12	
4802	16	16	8	2,5	25 × 16	
4803	20	20	10		32 × 20	
4804	25	25	12	3,5	40 × 25	
4805	32	30	14		50 × 32	
4806	40	40	16		63 × 40	
4901	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных отрез- ных, канавочных и строгальных отрезных и прорезных резцов
	4	15	3	—	12 × 12; 16 × 10	
4902	5		4	—	20 × 12; 25 × 16	
4903	6	18	5	—	25 × 16; 32 × 20	
4904	8	20	6	—	25 × 16; 32 × 20; 40 × 25	
4905	10	25	8	—	32 × 20; 50 × 32	
4906	12	28	10	—	32 × 20; 40 × 25; 50 × 32	
4907	15		12	—	50 × 32	
5001 *	10	12	5	—	20 × 12	К токарным фасоч- ным и строгальным рез- цам для обработки па- зов типа «Ласточкин хвост»
5003	12	16	6	—	25 × 16	
5005	16	20	8	—	30 × 20	
5007	20	25	10	—	40 × 25	
5009	25	32	12	—	50 × 32	
5011	30	40	14	—	63 × 40	

Номера пластин	Размеры					Назначение
	пластин				резцов	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	
5311	20	7	6	—	20 × 20	Для долбежных про- резных и долбежных резцов (для обработки шпоночных пазов)
5301		9	8	—	20 × 12; 25 × 25	
5302		11		—	25 × 16; 20 × 20; 25 × 25	
5304		13	10	—	25 × 16; 20 × 20; 32 × 32	
5305	25	15			32 × 20; 25 × 25; 32 × 32	
5306		17	12	—	32 × 20; 25 × 25	
5307	30	19	14	—	40 × 25; 32 × 32	
5308	35	21	16	—	50 × 32; 32 × 32; 40 × 40	
5309		25		—	50 × 32	
5310		29		—	63 × 40	
5401	20	12	12	—	20 × 12	Для долбежных про- ходных двусторонних резцов
5402	25	16	16	—	25 × 16	
5403	30	20	20	—	32 × 20	
5404	40	25	25	—	40 × 25	
5405		30	32	—	50 × 32	
5501	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных резь- бовых резцов
	6	1,0	15	4	20 × 25; 25 × 25	
5502	8	2,7	18	6	20 × 20	
5503	10	3,4	20	8	25 × 25	
5504	12	4,1			20 × 20	
5505	16	5,3			25 × 25	

Номера пластин	Размеры					Назначение	
	пластин				резцов		
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>		
5601 *	12	40	6	7	20 × 12	Для токарных про- ходных прямых резцов с $\varphi = 45^\circ$ и $\varphi = 60^\circ$	
5701				6			
5603	20			12	20 × 20		
5703				9			
5605	16			50	8		25 × 16
5705					7		
5607	20	60	10	32 × 20			
5707			9				
	Тип пластин	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>H</i> × <i>b</i>		Для токарных про- ходных прямых с $\varphi =$ 75° и $\varphi = 90^\circ$, ради- усных и галтельных рез- цов
5801	1	40	12	6	20 × 12		
5802	1		20		20 × 20		
5803	1		16		8	25 × 16	
5804	1	50	20	10	32 × 20		
5805	2			5	20 × 12		
5806	2	60	25	6	25 × 16	Для токарных отрез- ных резцов	
5807	2		32	8	32 × 20		
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных фасоч- но-прорезных двусто- ронних резцов	
5901	40	20	6	—	20 × 20		
5902		16	8	—	25 × 16		
5903	50	20	10	—	32 × 20		

Номера пластин	Размеры					Назначение
	пластин				резцов	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>b</i> ₁	<i>H</i> × <i>b</i>	
6001	40	12	6	2,5	20×12	Для токарных канавочных резцов (для проточки под выход резца и шлифовального круга)
6002	50	16	8		25×16	
6003				4,0	25×16	
6004	60	20	10		32×20	
6005				6,0	32×20	
6006		25	12	10,0	40×25	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных резбовых резцов
6101	40	10	6	1,5	16×10	
6102		12		3,0	20×12	
6103	50	16	8	4,0	25×16	
6104	60	20	10	5,0	32×20	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i> (<i>b</i> ₁)	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных резбовых резцов
6201	40	12	6	3 (1,0)	20×12	
6202				4 (1,5)	20×12	
6203	50	16	8	4 (2,0)	25×16	
6204				5 (3,0)	25×16	
6205	60	20	10	6 (4,1)	32×20	
6206				8 (5,3)	32×20	
6207		25	12	8 (6,8)	40×25	
6208				10 (8,2)	40×25	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для строгальных чистовых резцов (для симметричных призматических направляющих)
6301	25	40	8	—	32×32	
6302	32	50			40×40	
6303	42	65	10	—	50×50	
6304	48	80	12	—	63×63	

Номера пластин	Размеры					Назначение
	пластин				резцов	
	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	
6401	25	40	8	8	32×32	Для строгальных чистовых резцов (для несимметричных призматических направляющих)
6402	32	50		10	40×40	
6403	42	65	10	12	50×50	
6404	48	80	12	15	63×63	
6501	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для строгальных канавочных отогнутых резцов
	12	20	5	2,0	20×20	
	14	25	6		25×25	
	17	30	8	2,5	32×32	
	22	40	10		40×40	
	26	50	12		50×50	
6601	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>H</i> × <i>b</i>	Для токарных проходных резцов в качестве стружколомов
	14	12	4	—	20×16; 25×16	
	16	10		—	25×20; 32×20	
	18	16	5	—	25×20; 32×20	
	20	12		—	32×25	
	22	18	8	—	32×25; 40×25	
	25	16		—	40×25; 40×32; 50×32	
	30	20		—	50×40	

* Правые пластины имеют нечетные номера, левые — четные номера.

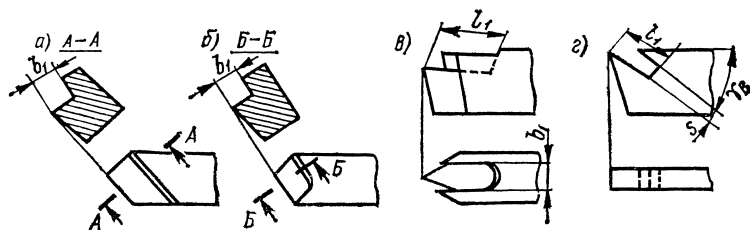


Рис. 8.2. Форма гнезд под напайные пластины: а — открытая; б — полузакрытая; в — закрытая; г — врезная

α_{κ} — задний угол корпуса в направлении угла $\gamma_{\text{в}}$; $\alpha_{\kappa 1}$ — задний угол корпуса в направлении l .

Угол «врезки» пластин принимается равным: у резцов из быстрорежущих сталей для обработки хрупких материалов $\gamma_{\text{в}} = \gamma + (2 \div 5)$, для обработки вязких материалов $\gamma_{\text{в}} = 0$; у резцов с напайными твердосплавными пластинами для обработки стали и других вязких материалов $\gamma_{\text{в}} = 0$; для обработки чугуна и других хрупких материалов $\gamma_{\text{в}} = \gamma + (0 \div 2)$ у стандартных резцов из быстрорежущих сталей. Углы врезки $\gamma_{\text{в}}$ равны 0; 12; 16°; у твердосплавных $\gamma_{\text{в}}$ равны 0 и 10°.

Углы α_{κ} и $\alpha_{\kappa 1}$ принимаются на 2—3° больше углов α и α_1 соответственно.

Глубина c гнезда под пластину принимается равной: при $s \leq 4$ мм $c = s$, при $s = 4 \div 7$ мм $c = 0,5s$, при $s \geq 7$ мм $c = 0,4s$. Для снижения напряжений при пайке пластин высота контакта пластины (по глубине гнезда) принимается равной $(0,25 \div 0,3) s$, что достигается образованием уступа по задней стенке гнезда.

Форма гнезда при механическом креплении пластин соответствует форме пластин, глубина гнезда принимается равной сумме толщин режущей и опорной пластины, размеры гнезда должны обеспечить выступание режущих пластин за пределы гнезда корпуса не более, чем на 0,8 мм у пластин с $d \leq 12,7$ мм и не более, чем на 1 мм у пластин с $d \geq 12,7$ мм.

Опорные поверхности корпуса и гнезда под сменные пластины обрабатываются с параметрами шероховатости $R_z \leq 20$ мкм и $R_z \leq 10$ мкм соответственно.

Опорная плоскость корпуса должна обеспечить точное, без качки и зазоров, прилегание резца к поверхности резцедержателя, а опорная поверхность гнезда должна обеспечить точное прилегание пластины (зазор между пластиной и плоскостью гнезда под режущей кромкой и вершиной недопустим).

Элементы стружкодробления. Дробление может быть обеспечено приданием определенной формы режущей части, созданием лунок и уступов на передней поверхности, применением накладных стружколомов.

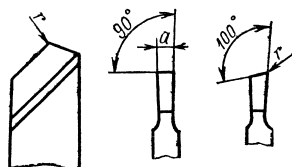
Различные формы лунок и уступов, применяемых при заточке резцов, приведены в табл. 8.8 и 8.9.

Формы и размеры лунок и уступов на неперетачиваемых твердосплавных пластинах приведены на рис. 8.3. По способу образования лунки и уступы разделяются на прессованные (рис. 8.3, а, б), выпускаемые централизованно (см. табл. 4.13), и вышлифованные.

Лунки (рис. 8.3, в) могут быть открытыми и закрытыми. При глубине обработки свыше 1 мм применяют закрытые лунки, не ослабляющие вершины резца.

Уступы (рис. 8.3, г) вышлифовываются на пластинах с образованием передних углов, оптимальных для конкретных условий эксплуатации. Размеры уступа h приведены в табл. 8.10.

8.8. Формы заточки передней поверхности резцов из быстрорежущей стали (ГОСТ 18868—73*)



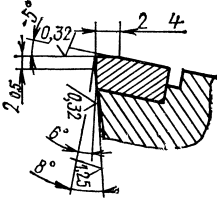
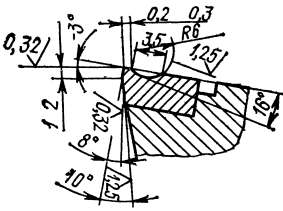
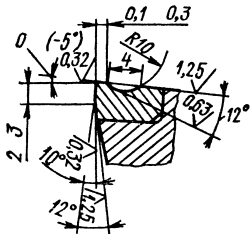
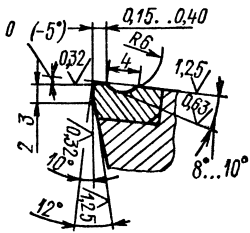
Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Плоская с положительным передним углом	I 	Сталь с $\sigma_B > 800$ МПа, серый чугун (> 220 НВ), бронза и другие хрупкие материалы
	II 	Сталь с $\sigma_B \leq 800$ МПа, чугун (≤ 220 НВ)
Криволинейная с фаской	III 	Сталь с $\sigma_B \leq 800$ МПа, вязкие цветные металлы и легкие сплавы при необходимости завивания стружки

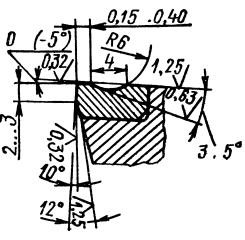
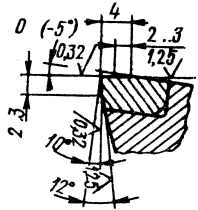
Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Криволинейная	IV 	Материалы с $\sigma_B = 800 \div 1000$ МПа

8.9. Формы заточки передней поверхности резцов с напаянными пластинками из твердого сплава (ГОСТ 18877—73*)

Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Плоская с положительным передним углом	I 	Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы
Плоская с отрицательной фаской	II 	Ковкий чугун, сталь и стальное литье с $\sigma_B \leq 800$ МПа, а также обработка при недостаточной жесткости технологической системы. Для отвода и дробления стружки следует применять стружколом

Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Плоская с отрицательной фаской и припайным стружколомом	IIa	Сталь и стальное литье с $\sigma_B \leq 800$ МПа при необходимости завивания и дробления стружки
Криволинейная с отрицательной фаской	III	Сталь с $\sigma_B \leq 800$ МПа при необходимости завивания и дробления стружки
Плоская с мелкоразмерной лункой и $\gamma = 0$	IIIa	Сталь и стальное литье с $\sigma_B \leq 600$ МПа
Плоская с мелкоразмерной лункой и $\gamma = -5^\circ$	IIIб	Сталь и стальное литье с $\sigma_B = 600 \div 800$ МПа

Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Плоская с отрицательным передним углом	IV 	Сталь и стальное литье с $\sigma_B = 800$ МПа и загрязненное неметаллическими включениями (черновая обработка). Работа с ударами в условиях жесткой технологической системы
	V 	Коррозионно-стойкая сталь с $\sigma_B = 850$ МПа
Криволинейная с отрицательной фаской	VI 	Материалы с $\sigma_B = 700 \div 1000$ МПа
	VIa 	Материалы с $\sigma_B < 1300$ МПа

Форма передней поверхности		Обрабатываемый материал
Вид	Номер формы, эскиз	
Криволинейная с отрицательной фаской	VI6 	Материалы с $\sigma_B < 1200$ МПа
Плоская с отрицательным передним углом	VII 	Материалы с $\sigma_B > 1200$ МПа

Стружколомы (накладные) (см. табл. 7.4) выпускаются централизованно, размер уступа h выбирается в зависимости от условий обработки (можно с использованием данных табл. 8.10).

Опорные пластины. Форма и размеры стандартных твердосплавных опорных пластин приведены в табл. 7.3. Применяются также стальные закаленные опорные пластины.

Геометрические параметры режущей части. Рассматриваются в статическом состоянии и при условии, что вершина резца расположена на высоте центра перемещения заготовки, а резец — перпендикулярно к оси вращения (обработанной плоскости при строгании). Передние, задние углы, форма передней и задней поверхностей зависят от вида резца и условий обработки. Форма и размеры режущей части резцов были приведены в табл. 8.8—8.9. Размеры радиусов, фасок на резцах различного назначения приведены в табл. 8.11. Значения передних и задних углов для условий обработки, отличающихся от табличных, следует назначать с учетом рекомендаций, приведенных в табл. 8.12.

Вспомогательный задний угол резцов $\alpha_1 = \alpha$, за исключением отрезных и прорезных резцов, для которых $\alpha_1 = 1 \div 2^\circ$ (большие значения при большей ширине резца).

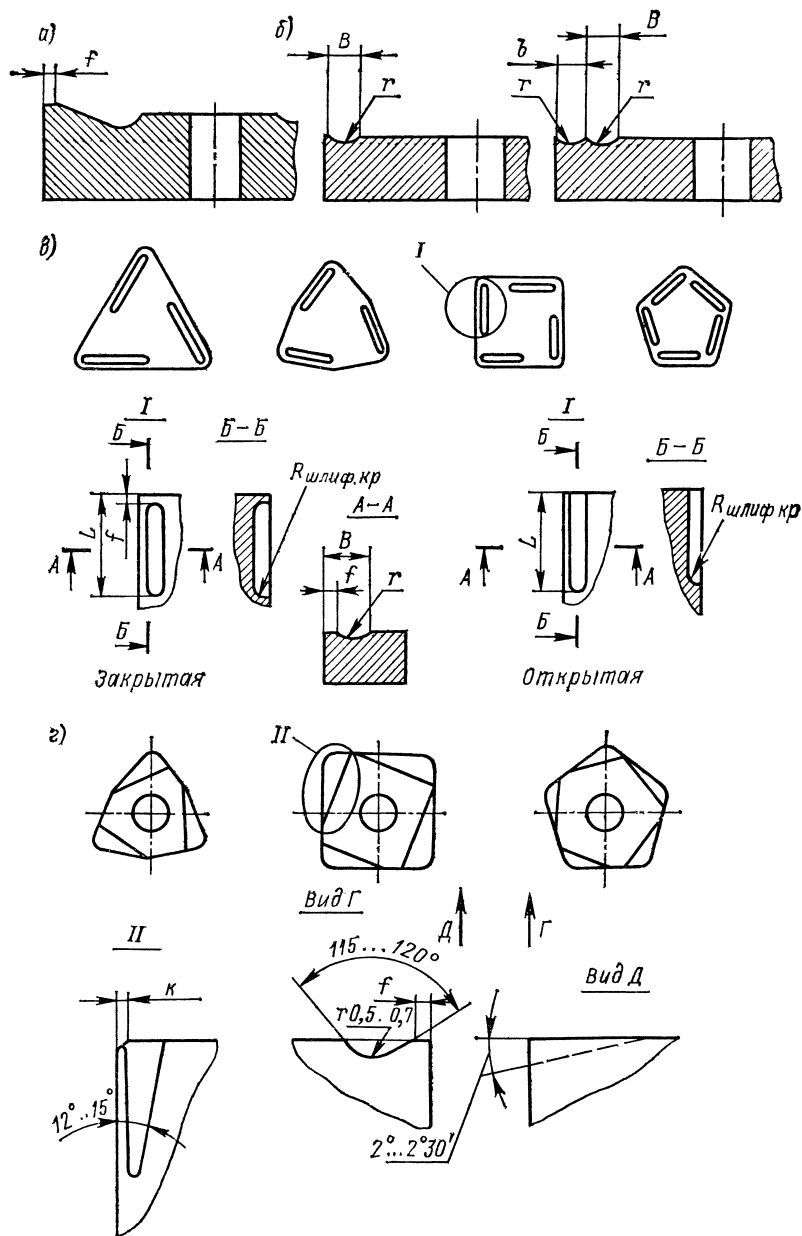


Рис. 8.3. Формы канавок, лунок и уступов для стружкодробления

8.10. Выбор размеров уступа

Форма пластинки	Диаметр вписанной окружности, мм	Подача, мм/об	Глубина, мм	Уступ h , мм
Правильная трехгранная	6,35	0,1—0,2 0,2—0,3	1—3 2—4	1,0 1,6
	9,525	0,2—0,3 0,3—0,5 0,5—0,8	3—4 4—6 5—8	1,4 2,0 3,3
	12,7	0,2—0,3 0,4—0,6 0,6—1,0	2—4 4—8 6—12	1,4 2,5 4,3
	15,875	0,4—0,7 0,6—1,2	4—8 6—12	2,5 4,8
	25,4	1,0—1,8	10—18	6,3
Квадратная	9,525	0,2—0,3	2—5	1,6
	12,7	0,2—0,4 0,4—0,5 0,5—0,7	2—4 3—6 4—8	1,6 2,5 4,0
	19,05	0,3—0,4 0,4—0,5 0,6—1,2	3—5 4—6 8—14	1,6 2,5 4,7
	25,4	0,8—1,2	6—12	4,8

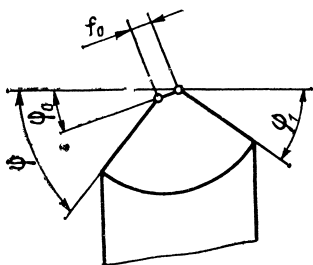
Главный угол в плане φ в зависимости от условий обработки принимается равным $10—95^\circ$ (см. табл. 8.13).

Вспомогательный угол в плане φ_1 может принимать значения от 1 до 30° (табл. 8.14).

Углы φ и φ_1 при контурном точении определяют возможности обработки контура, а в инструментах, оснащенных сменными пластинами, они еще и взаимосвязаны: изменение одного из углов приводит к изменению другого.

Форма и размеры контура заготовок, обрабатываемых резцами с различной

Рис. 8.4. Переходные режущие кромки резца



формой пластин и различными углами φ и φ_1 при точении и растачивании, приведены в табл. 8.15 и 8.16. Переходные режущие кромки (рис. 8.4) выполняются по радиусу или

в виде фаски с углом наклона φ_0 . Радиус $r = 0,5 \div 5$ мм у токарных проходных и расточных резцов, $r = 0,2 \div 0,8$ мм у прорезных и отрезных резцов. Фаска $f_0 \geq s$, мм/об, при чистовой обработке с $\varphi_0 \approx 0$; $f_0 = 2 \div 3$ мм при $\varphi_0 = \varphi/2$ у проходных резцов; $f_0 = 0,25B$, $\varphi_0 = 75^\circ$ — у прорезных резцов (ширина паза B) и $f_0 = 0,5 \div 1$ мм, $\varphi_0 = 45^\circ$ — у отрезных резцов.

Угол наклона режущей кромки $\lambda = (-15) \div (+45)^\circ$. У чистовых резцов $\lambda \leq 0$ для направления стружки в сторону обрабатываемой поверхности; у черновых резцов $\lambda \geq 0$, что упрочняет вершину резца.

8.3. Резцы специальные

Резцы фасонные. По характеру работы фасонные резцы подразделяются на радиальные (подача осуществляется в радиальном направлении) и тангенциальные (подача направлена по касательной к обрабатываемой поверхности). Радиальные фасонные резцы по форме делятся на круглые и призматические.

Ось вращения круглых фасонных резцов (рис. 8.5) параллельна оси вращения обрабатываемой заготовки. Диаметр резцов при наружной обточке $D = 10 \div 120$ мм, при внутренней фасонной расточке $D \leq 0,75d_{\text{вн}}$ ($d_{\text{вн}}$ — диаметр обрабатываемого отверстия). Резцы диаметром менее 30 мм имеют хвостовик, диаметром более 30 мм — отверстие под оправку. Минимально допустимый наружный диаметр насадных резцов $D_{\text{min}} \geq 1,5d_0 + 2t + 6$ мм (d_0 — диаметр оправки; t — глубина фасонного профиля).

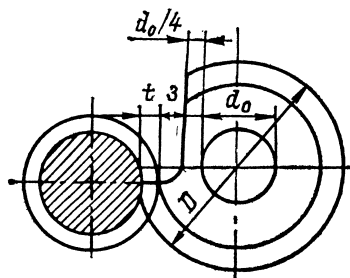


Рис. 8.5. Круглый фасонный резец

Рекомендуемые значения диаметра резца D и диаметра d_0 приведены ниже:

D	30	40, 50	60—75	90
d_0	13	16	22	27

Допустимая ширина резца B зависит от диаметра d обрабатываемой заготовки (при ее креплении в патроне), мм:

d	До 4,5	4,5—7	7—10	10—15	15—22	>22
B	2,5—4,5	4,5—8	7,5—13	13—24	24—42	42—75

Для облегчения установки круглых резцов и повышения надежности крепления на торце насадных резцов выполняется зубчатый венец.

8.11. Рекомендуемые размеры радиусов и фасок режущей части быстрорежущих и твердосплавных резцов, мм

Вид резца	Тип резца	Элементы режущей части	Ширина головки a							
			до 3	4—5	6—8	10—12	15—20	св. 20		
Строгаль- ные, дол- бежные, токарные	Подрезные, отрезные	Ширина фаски f^*	0,15	0,2		0,3	0,4	0,5		
		Радиус при вершине r или притупление s для твердосплавных резцов	0,2		0,4	0,6	0,8	1,0		
Вид резца	Тип резца	Элементы режущей части	Размеры $H \times B$							
			4×4; 8×8; Ø 6 *; Ø 8 *	10×10, Ø 10 *	12×12; 16×10; Ø 12 *	16×12; 16×16; 20×12; Ø 15	20×16; 20×20; 25×16; Ø 20	25×20; 25×25; 32×20	32×25; 32×32; 40×25	40×32; 40×40; 50×32
Строгаль- ные, дол- бежные, быстро- режущие	Проходные, подрезные	Радиус при вершине r	1		1,6		2	2,5 (3)	3 (4)	4 (5)
	Расточные		0,5	0,5 (1)	1 (1,6)		1 (2)		1,6 (3)	
	Проходные, подрезные		0,5		1		1,6 (1)	2 (1,6)	2	2,5 (2)

Токарные

Проходные, подрезные	Ширина фаски f (для твердосплавных резцов)		0,15—0,2		0,3—0,4		0,6—0,8		0,9—1,2	
Расточные			0,1—0,15	0,2—0,3	0,4—0,5	0,6	—			
Проходные, подрезные	Форма заточки III (для бы-строрежущих резцов)	f^{**}	0,2		0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,5
Расточные			0,1—0,2		0,3	0,4—0,5		0,6	—	
Проходные, расточные, отрезные		r_1	3		5	8	12	15	18	
		A	2,5		4	7	10	13	15	
Проходные, подрезные, расточные	Форма заточки III (для твердосплавных резцов)	A	—		4		5			
		B	—		2,5		3,5			
		r_1	—		1,5		1,8			
	Форма заточки IIIа, IIIб (для твердосплавных резцов)	l	3—4	6—8		8—10	10—12	14—16	16—18	22—24
Проходные	Форма заточки IIа (для твердосплавных резцов)	P	—			3—4		5—6	7—8	

Примечание. Несовпадающие значения размеров быстрорежущих резцов приведены в круглых скобках.

* Диаметр оттянутой части расточных резцов

** При обработке легких сплавов резцами из быстрорежущей стали $f = 0$.

**8.12. Ориентировочные значения углов γ и α
при обработке различных материалов,**

Обрабатываемый материал	Резцы из быстрорежущей стали		Резцы из твердых сплавов напайные		Резцы с механическим креплением твердосплавных пластин	
	α	γ	α	γ	α	γ
Углеродистые и легированные стали:						
$\sigma_B \leq 800$ МПа	8	10—20	6—8	0—15	6	12—15
$\sigma_B = 800 \div 1100$ МПа	8	10—15	6—8	0—10	6	10
$\sigma_B > 1100$ МПа	8	10—15	6—8	0—6	6	(—5)— (—10)
Коррозионно-, кислото-, жаростойкие хромоникелевые стали с $\sigma_B = 600 \div 900$ МПа	—	—	6	20—24	—	—
Титановые сплавы $\sigma_B = 600 \div 1400$ МПа	—	—	11	0—(—5)	—	—
Серый чугун:						
≤ 220 НВ	6—8	6—12	6—8	10—15	6	12
> 220 НВ	6	0—6	6—8	0—10	6	5—8
Медь	До 14	15—25	10—15	10—20	—	—
Бронза	6	10—20	8—10	5—10	—	—
Алюминий, легированный алюминием:						
≤ 60 НВ	До 10	До 40	10	20—35	10—15	15—20
60—110 НВ	10	» 25	8—10	10—20	10—15	15—20
Силумины (9—13 % Si)	—	10—18	8—10	8—15	—	—

8.13. Значения угла ϕ в зависимости от вида обработки

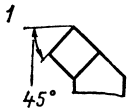
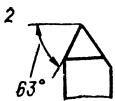
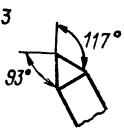
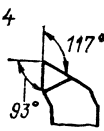
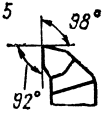
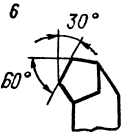
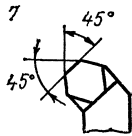
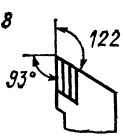
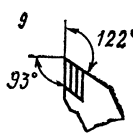
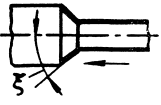
Вид обработки	$\phi, ^\circ$
Чистовая обработка с малыми глубинами резания при высокой жесткости СПИД	10—20
Точение, строгание в условиях достаточной жесткости СПИД	30—45
Точение, строгание в условиях пониженной жесткости СПИД	60—75
Подрезка, прорезка, отрезка, обтачивание, растачивание и строгание ступенчатых поверхностей в условиях малой жесткости (большая длина заготовки)	90
Отрезка без бобышки	80
Обработка ступенчатых и фасонных поверхностей с продольной и поперечной подачами по копиру или с управлением от ЧПУ	90; 93; 95

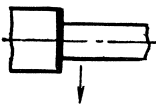
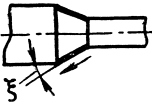
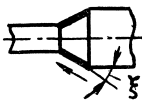
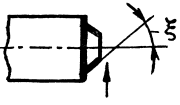
8.14. Значения угла φ_1 в зависимости от условий обработки

Условия обработки	$\varphi_1, ^\circ$
Обточка напроход быстрорежущими резцами	5—10
» » твердосплавными »	15
» с врезанием	15—30
Расточка, подрезка быстрорежущими резцами	10—15
» » твердосплавными »	20
Прорезка, отрезка немерных заготовок	1—2
» мерных пазов	1

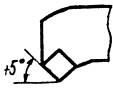
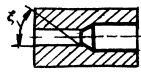
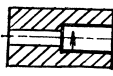
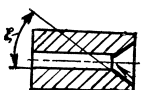
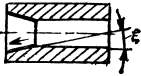
Пр и м е ч а н и е. Значение φ_1 рассчитывают в зависимости от допустимого уменьшения размера паза и допустимого стачивания резца при переточках.

8.15. Форма и размеры контура заготовок при точении резцами с различной формой пластин

		Тип 1 (ГОСТ 21151—75*)		Тип 6 (ГОСТ 20872—80)		Тип 5 (ГОСТ 20872—80)		Тип 4 (ГОСТ 21151—75*)	
									
									
		Тип 3 (ГОСТ 21151—75*)		Тип 2 (ГОСТ 21151—75*)		Типы 3, 4 (ГОСТ 20872—80)		Типы 1, 2 (ГОСТ 20872—80)	
									
Вид точения		Главный угол в плане $\varphi, ^\circ$							
		45	63	93 (63)	93	92	60	45	93 (63)
		Номер рисунка							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Наружное продольное точение		+	+	+	+	+	+	+	+
		$\xi, ^\circ$	45	63	93	93	92	60	45
									93

Вид точения	Главный угол в плане φ°									
	45	63	93 (63)	93	92	60	45	93 (63)	93	
	Номер рисунка									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Поперечное точение 			+	+	+			+	+	
Точение конической поверхности I 	$\xi, ^\circ$									
	75		+	+	+			+	+	
	60		+	+	+			+	+	
	45	+	+	+	+	+		+	+	
	30	+	+	+	+	+		+	+	
	25	+	+	+	+	+		+	+	
Точение конической поверхности II 	$\xi, ^\circ$									
	75									
	60									
	45	+								
	30	+	+					+	+	
	25	+	+	+	+			+	+	
Подрезка торца 		+	+	+	+	+	+			
	$\xi, ^\circ$	45	—	—27	—27	—8	30	45	—	—

8.16. Форма и размеры контура заготовок при растачивании резцами с различной формой пластин (ГОСТ 20874—75*)

Вид растачивания	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5
					
	Наименьший диаметр расточки $D_{\min}$, мм				
	35	35	35	75	75
	Главный угол в плане Φ , °				
	45	60	92	92	60
Продольное растачивание 	+	+	+	+	+
	ξ , ° 45	60	92	92	60
Подрезка торца при подаче к центру 			+	+	
Растачивание конической поверхности I 	ξ , °				
	75		+	+	
	60		+	+	
	45	+	+	+	+
	30	+	+	+	+
	25	+	+	+	+
Растачивание конической поверхности II 	ξ , °				
	30	+			
	25	+	+		

Геометрические параметры круглых резцов и параметры их установки относительно обрабатываемого изделия определяются по формулам:

для наружной обработки (рис. 8.6, а)

$$H = \frac{D \cos \beta_0}{2}; \quad h = \frac{D \sin \alpha_0}{2};$$

$$K = r_B \sin \gamma_0; \quad s_1 = r_B \cos \gamma_0; \quad H = R_H \cos \beta_0; \quad s_3 = R_H \sin \beta_0;$$

$$s = s_1 + s_3; \quad \sin \omega = \frac{K}{r_H}; \quad s_2 = r_H \cos \omega; \quad s_4 = s - s_2;$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{s}{s_4}; \quad R_B = \frac{s_4}{\cos \theta};$$

для внутренней обработки (рис. 8.6, б)

$$K = r_H \sin \gamma_0; \quad s_1 = r_H \cos \gamma_0; \quad H = R_H \cos \gamma_0; \quad s_3 = R_H \sin \beta_0;$$

$$\sin \omega = \frac{K}{r_B}; \quad s_2 = r_B \cos \omega; \quad s_4 = s_2 + s_3 - s_1;$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{s_4}; \quad R_B = \frac{s_4}{\cos \theta}.$$

При проектировании резцов необходимо учитывать, что профиль фасонных резцов при $\gamma_0 \neq 0$ отличается от обработанного профиля.

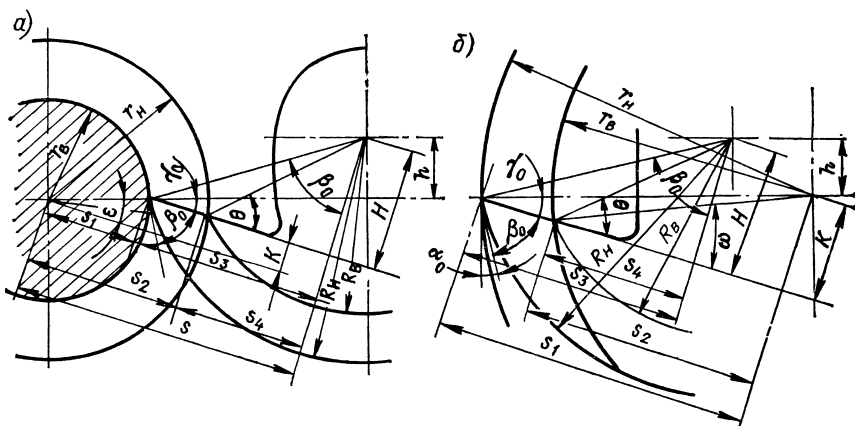


Рис. 8.6. Геометрические параметры круглого резца: а — для наружной и б — для внутренней обработки (R_H и R_B) наружный (большой) и внутренний (меньший) радиусы резца соответственно; r_H и r_B — наружный и внутренний радиусы изделия соответственно; α_0 , β_0 и γ_0 — главные углы: задний, заострения и передний соответственно

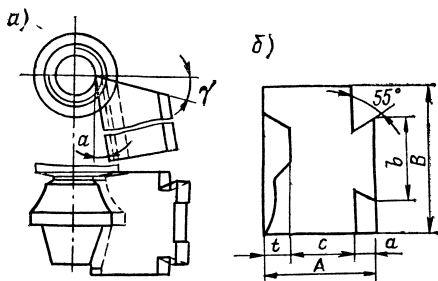
Призматические фасонные резцы (рис. 8.7, а) обычно тангенциальные. Передний угол равен $10-20^\circ$, задний угол α обеспечивается установкой резца под соответствующим углом. В связи с этим передняя поверхность призматических резцов затачивается под углом $\alpha + \gamma$. Основные размеры резцов приведены на рис. 8.7, б.

Ширина резца B (при креплении изделия в патроне) равна 10—60 мм. Размеры «ласточкина хвоста» (для закрепления резцов) нормализованы. Ориентировочно размеры его могут быть выбраны в зависимости от ширины резца, мм:

B	10—14	15—20	21—28	29—40	41—56
a	2	3	4	6	8
b	6	9	12	18	24

Толщина резца A определяется по формуле $A = t + c + a$, где $c = (0,25 \div 0,5) B$.

Рис. 8.7. Призматический резец (с тангенциальным направлением подачи): a — установка относительно изделия; b — основные размеры резца; (A и B — толщина и ширина резца; a и b — высота и ширина ласточкина хвоста; C — толщина тела резца)



Ротационные резцы (рис. 8.8) являются разновидностью чашечных резцов, применяются для обработки гладких валиков, отличаются повышенной стойкостью, требуют специального оборудования.

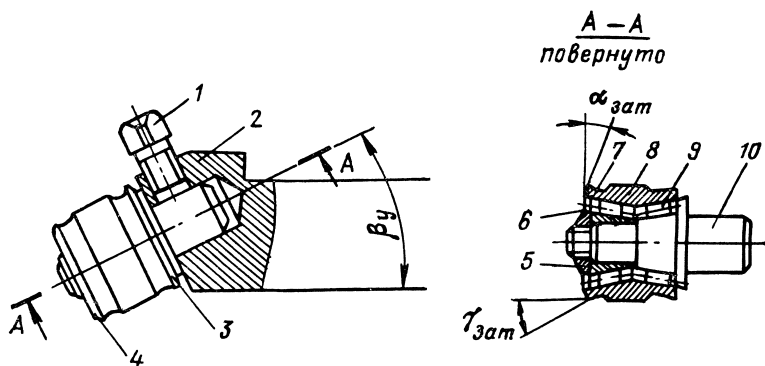


Рис. 8.8. Резец для ротационного резания на подшипниках качения: 1 — болт; 2 — державка; 3, 4 — круговые режущие кромки; 5 — гайка; 6 — защитная шайба; 7 — режущий нож; 8 — подшипники радиально-упорные; 9 — тела качения; 10 — ось валика

Отрезные резцы с механическим креплением твердосплавных пластин (рис. 8.9) выпускаются различными зарубежными фирмами.

Резцы для обработки пластмасс. Основные размеры и форма резцов из быстрорежущей стали для обработки пластмасс стандартизованы.

Резцы проходные отогнутые (ГОСТ 22708—77). Точка врезания переносится от вершины резца к участкам режущей кромки, удаленным от вершины. При $\lambda \geq 6^\circ$ возрастают силы P_z и P_y , и дальнейшее увеличение угла λ возможно при высокой жесткости системы СПИД (при нежесткой системе СПИД рекомендуются $\lambda \leq 0$).

Радиус скругления режущей кромки ρ выбирается в зависимости от цели скругления: для повышения прочности $\rho = 160a^{0.6}$,

мкм, при скруглении с целью повышения стойкости $\rho = 110a$, мкм, где a — толщина среза, мм.

Резцы токарные подрезные торцовые с пластинами из быстрорежущей стали — по ГОСТ 22709—77; резцы токарные отрезные — по ГОСТ 22710—77; резцы токарные расточные — по ГОСТ

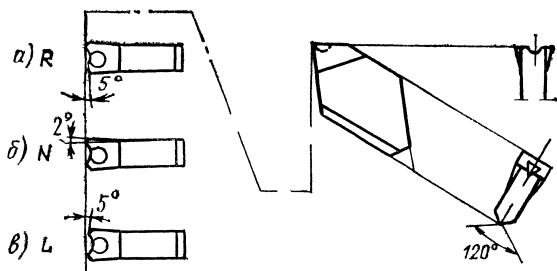
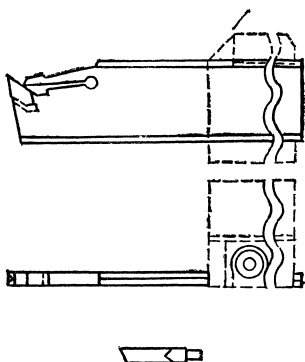


Рис. 8.9 Отрезной резец Т—МАХ фирмы «Сандвик Коромант» (Швеция) с механическим креплением пластин: а — правое, б — нейтральное и в — левое исполнения пластин

22711—77 (для обработки сквозных отверстий) и ГОСТ 22712—77 (для обработки глухих отверстий).

Сборные резцы для тяжелых токарных станков (рис. 8.10, а). Состоят из корпуса (державки), на котором с помощью соединителя типа «ласточкин хвост» крепятся быстросъемные блок-вставки 1 с твердосплавными пластинами 3. Прижим 4 одновременно является и стружколомом. Подкладка 2 защищает корпус блок-вставки от повреждения в случае поломки пластин. Пластины 2 призматической формы имеют длину 16—60 мм и обеспечивают съем припуска до 45 мм. Резцы аналогичной конструкции выпускают и некоторые зарубежные фирмы (например, фирма «Сандвик

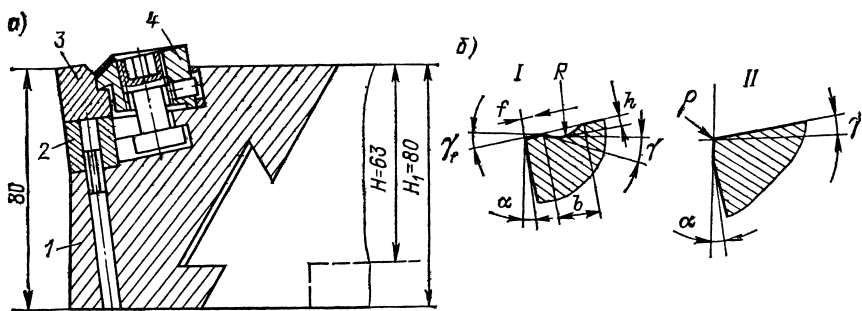


Рис. 8.10. Резец для тяжелых токарных работ (а), форма передней поверхности сменной пластины (б)

8.17. Геометрические параметры заточки режущих пластин

Характер обработки	HB	Форма передней поверхности	$\alpha, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\gamma_f, ^\circ$	$i, \text{ мм}$	$R_1, \text{ мм}$	$b_1, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$\rho, \text{ мм}$	$r^*, \text{ мм}$
Непрерывная, в том числе по корке	≤ 270	I	5	10	7	1,2	14	7,5	0,5	0,1	2
Непрерывная	≥ 270	II		—7	—	—	—	—	—	0,08	
Прерывная	≤ 330			0,1							

* r — радиус при вершине в плане

* r — радиус при вершине в плане

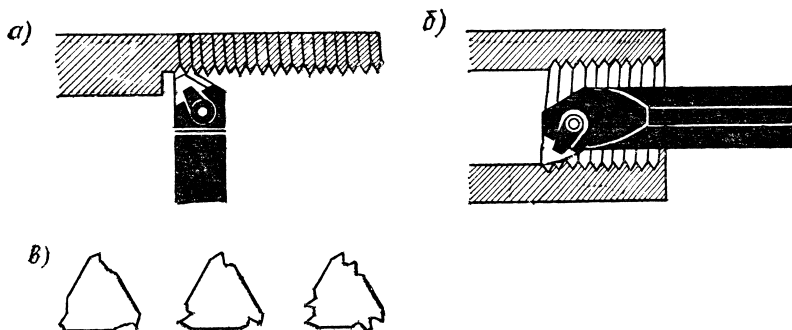


Рис. 8.11. Резьбовые резцы Т—МАХ фирмы «Сандвик Коромант» (Швеция): а, б — нарезание наружных и внутренних резьб; в — виды резьбо-нарезных пластин

Коромант»). Форма передней поверхности и геометрические параметры заточки пластин приведены на рис. 8.10, б и в табл. 8.17.

Резьбовые резцы, оснащенные неперегачиваемыми твердосплавными пластинами (рис. 8.11) выпускаются рядом зарубежных фирм. Они отличаются наличием специальных трехгранных пластин с вершиной, выполненной в виде профиля канавок резьбы. Смена затупившегося участка осуществляется поворотом пластины на следующую грань или заменой пластины.

8.4. Эксплуатация резцов, силы, мощность и режимы резания

Эффективное использование резцов возможно в условиях повышенной жесткости, точности и быстроходности станков.

Для повышения жесткости системы СПИД необходимо закреплять заготовку в патронах, при длинных заготовках — в патронах с поджимом центром задней бабки, сокращать вылет резца из резцедержателя, при строгании вылет резца устанавливать в пределах 1,8—8,0 Н для отогнутых и 0,8—1,0 Н для прямых резцов. Режимы резания назначают в последовательности, рекомендованной в гл. 7.

Глубина резания при черновой обработке выбирается наибольшей. Подача назначается с учетом рекомендаций, приведенных в табл. 8.18—8.19.

Скорость резания (в зависимости от стойкости инструмента) определяется по формуле [61]

$$v = \frac{C_{v_1}}{T^{m_1} t^{x_1} s^{y_1} (HB/200)^n} k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9,$$

где k_1 — коэффициент размеров резца, $k_1 = (q/600)^{0,04}$ (q — площадь поперечного сечения резца, мм²); k_2 — коэффициент угла

8.18. Ориентировочные значения подачи (мм/об) для чернового точения труднообрабатываемых материалов с $\sigma_B < 900$ МПа

Диаметр заготовки, мм	Глубина резания t , мм			
	До 2	До 5	До 10	Св. 10
20	0,2—0,3	—	—	—
50	0,3—0,4	0,2—0,3	—	—
100	0,4—1,8	0,3—0,5	0,2—0,4	—
200	0,5—1,2	0,4—1,0	0,3—0,8	0,5—0,6
500	0,65—1,5	0,6—1,2	0,5—1,0	0,5—0,8

Примечание. К труднообрабатываемым материалам отнесены теплоустойчивые хромоникелевые, хромомолибденовые, сложнолегированные стали перлитного, ферритного, мартенситного, аустенитного и аустенитно-мартенситного классов.

8.19. Ориентировочные значения подачи (мм/об) для чернового точения конструкционных углеродистых сталей, стального и чугуного литья

Диаметр заготовки, мм	Глубина резания t , мм			
	До 5	5—8	8—12	12—30
18	0,25	—	—	—
30	0,2—0,5	—	—	—
50	0,4—0,8	0,3—0,6	—	—
80	0,6—1,2	0,5—1,0	—	—
120	1,0—1,6	0,7—1,3	0,5—1,0	—
180	1,4—2,8	1,1—1,8	0,8—1,5	—
260	1,8—2,6	1,5—2,0	1,1—2,0	1,0—1,5
360	2,0—3,0	1,8—2,8	1,5—2,5	1,3—2,0
360	—	2,5—3,0	2,0—3,0	1,5—2,5

Примечание. Большие значения подач следует принимать для обработки мягких сталей при работе в центрах с отношением длины к диаметру заготовки меньше 6 или в патроне с отношением длины вылета из патрона к диаметру заготовки меньше 2

в плане φ , $k_2 = (45/\varphi)^n$ ($n = 0,3$ — при обточке резцами из твердых сплавов группы ТК; $n = 0,45$ — группы ВК и $n = 0,6$ — при обточке резцами из быстрорежущих сталей); k_3 — коэффициент влияния угла, $k_3 = (10/\varphi_1)^{0,09}$ — для резцов из быстрорежущих сталей, $k_3 = (15/\varphi_1)^{0,09}$ — для твердосплавных резцов; k_4 — коэффициент влияния радиуса при вершине резца, $k_4 = (r/2)^n$ ($n = 0,1$ — при грубой обработке стали, $n = 0,2$ — при получистовой обработке стали и $n = 0,08$ — при получистовой обработке чугуна); k_5 — коэффициент влияния инструментального материала, $k_5 = 1$ — для быстрорежущих сталей и твердых сплавов марок Т15К6 и ВК8, $k_5 = 0,73$ — для твердых сплавов марки Т5К10, $k_5 = 0,85$ — для твердых сплавов марки Т14К8 при грубой обработке; k_6 — коэффициент влияния марки обрабатываемого материала (см. гл. 4); k_7 — коэффициент влияния вида материала заготовки, $k_7 = 1,1$ — для холоднокатаного, $k_7 = 1,0$ — для горячекатаного и нормализованного и $k_7 = 0,9$ — для отожженного металлов; k_8 — коэффициент влияния обрабатываемой поверхности, $k_8 = 1,0$ — для стали и стального литья с окалиной, $k_8 = 0,9$ — для чугуна с отбеленным слоем; k_9 — коэффициент влияния формы передней поверхности, $k_9 = 1,0$ — плоская, $k_9 = 1,05$ — радиусная и $k_9 = 1,2$ — плоская поверхность с отрицательным (-5°) передним углом; значения коэффициента C_{v1} и показателей степени x_{v1} , y_{v1} приведены в табл. 8.20; T — средняя стойкость резцов, $T = 25 \div 60$ мин; m — показатель степени, для резцов из быстрорежущих сталей и оснащенных твердым сплавом $m = 0,1 \div 0,25$ (обработка сталей и чугунов) или $m = 0,3 \div 0,33$ (обработка алюминия и его сплавов); n — показатель степени, $n = 1$ — при обработке углеродистых сталей твер-

**8.20. Значения коэффициентов C_{v1} , x_{v1} и y_{v1}
в зависимости от обрабатываемого материала
для резцов из быстрорежущей стали и твердого сплава**

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Подача, мм/об	Условия обработки					
			с охлаждением			без охлаждения		
			C_{v1}	x_{v1}	y_{v1}	C_{v1}	x_{v1}	y_{v1}
Сталь, алюминиевые и магниевые сплавы	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,25$ $> 0,25$	96,2 60,8	0,25	0,33 0,66	52,5 42,0	0,25	0,50 0,66
Чугун ковкий		$\leq 0,25$ $> 0,25$	55,4 47,4	0,2	0,25 0,5	42,6 24,5	0,2	0,4
Чугун серый и медные сплавы		Получистовая обработка Грубая обработка	— —	— —	— —	34,0 32,6	0,15	0,3 0,4
Сплав ХН78Т	Твердый сплав	Прерывистая обработка	20,5	0,15	0,45	—	—	—
Чугун и медные сплавы		$\leq 0,3$ $> 0,3$	133 123	0,22	0,40 0,50	126 112	0,22	0,40 0,50
Титановый сплав ВТ4 с $\sigma_B = 1000$ МПа		0,08—0,4	—	—	—	97	0,06	0,3
Сталь, алюминий, магниевые сплавы		$\leq 0,3$ 0,3—0,75 $> 0,75$	257 294 285	0,18	0,20 0,35 0,45	242 267 259	0,18	0,20 0,35 0,45

достью < 130 НВ, $n = 1,5$ — при обработке легированных сталей, чугуна, $n = 1,75$ — при обработке сталей твердостью > 130 НВ.

При строгании, долблении скорость резания из-за ударных нагрузок снижается до 1,5—8 м/мин.

Ниже приведены данные, характеризующие зависимость поперечной подачи s , мм/об, от ширины резца a и диаметра отрезки D , мм, обрабатываемого материала при отрезке отрезными резцами:

a	3—5	10—12	12—15
D	20—60	60—200	≥ 200
s (для стали)	0,06—0,16	0,16—0,32	0,32—0,36
s (для чугуна)	0,11—0,24	0,24—0,45	0,45—0,55

В условиях малой жесткости СПИД глубину резания при точении, растачивании следует уменьшать до 0,3 мм, угол в плане выбирать не менее 60° , резец устанавливать выше центра на 1—1,5 % от диаметра обработки.

8.21. Значение коэффициента C_s и показателей степени x, y, z, u при чистовом точении стали и чугуна

Обрабатываемый материал	Подача s мм/об	C_s	x	y	z	u
Сталь	$\leq 1,75$	0,008	0,30	1,40	0,35	0,70
	$> 1,75$	0,170	0,12	0,60	0,15	0,30
Чугун	$\leq 1,6$	0,045	0,25	1,25	0,50	0,75
	$> 1,6$	0,290	0,12	0,60	0,25	0,35

При получистовом и чистовом точении подача принимается равной

$$s = \frac{C_s R_z^y z^u}{t^x \varphi^z \psi_1^z},$$

где C_s — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; R_z — параметр шероховатости обработанной поверхности, мкм; x, y, z, u — показатели степени. Значения коэффициентов C_s, x, y, z, u приведены в табл. 8.21.

8.22. Размеры площади поперечного сечения резцов (Н×В и Н) с углом в плане $\varphi = 45^\circ$ в зависимости от площади сечения срезаемого слоя [63]

Форма сечения резца	Площадь сечения срезаемого слоя f , мм ²									
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	9,0	16,0	25,0
Прямоугольная	—	—	—	16×12	20×16	25×20	32×25	40×32	50×40	63×50
Квадратная	6	8	10	12	16	20	25	32	—	—

Рекомендуемые размеры площади поперечного сечения резцов при точении в зависимости от площади сечения срезаемого слоя приведены в табл. 8.22, а рекомендуемые формы неперетачиваемых твердосплавных пластин — в табл. 8.23.

Значение допустимого износа по задней грани резцов из быстрорежущих сталей и резцов, оснащенных твердым сплавом, рекомендуется принимать равным значениям, приведенным в табл. 8.24 и 8.25.

Силу резания при точении рассчитывают по формуле

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} s^{y_{P_z}} H B^{n_{P_z}} k'_m k_\phi k_z k_\gamma k_h.$$

8.23. Формы неперетачиваемых пластин, применяемые в зависимости от условий эксплуатации

Вид обработки при точении	Обрабатываемый материал										Форма пластины	
	Сталь с σ_B , МПа						Чугун			Алюминиевые и магниевые сплавы		
	800	800—1100	1000—1600	1600—2300	Мартанцовая	Закаленная	серый		ков-кий			Отбеленный
							220 НВ	>220 НВ	140—156 НВ			
Черновая Получистовая Чистовая			+	++ ++ ++		++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++			Тип 1 — с плоской передней гранью без задних углов
Черновая Получистовая Чистовая	++ ++	++ ++		++ ++	++ ++	+		++ ++		+		Тип 2 — с плоской передней гранью с задними углами
Черновая Получистовая Чистовая	++ ++ ++	++ ++ ++	+		+		++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++			Тип 3 — с прессованными канавками на передней грани
Черновая Получистовая Чистовая	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++		++ ++ ++	++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++		Тип 4 — с вышлифованными уступами на передней грани
Черновая Получистовая Чистовая											++ ++ ++	Тип 5 — с вышлифованными уступами на передней грани и с задними углами

Примечания: 1. Пластины типа 1 следует применять при большой жесткости системы СПИД. 2. Пластины типов 1 и 2 применять при обработке материалов, дающих сливную стружку, и с устройствами для стружкодробления. 3. Знак «+» означает рекомендуемые области применения.

8.24. Допустимый износ h_3 резцов из быстрорежущих сталей, мм

Тип резца	Обрабатываемый материал		
	Сталь, стальное литье, чугун ковкий при работе		Серый чугун
	с охлаждением	без охлаждения	
Токарный проходной подрезной или расточной	1,5—2,0	0,3—0,5	2,0—3,0
Токарный прорезной и отрезной	0,8—1,0	0,3—0,5	1,5—2,0
Строгальный проходной	—	1,5—2,0	3,0—4,0
Строгальный поперечный подрезной	—	0,8—1,0	1,5—2,0
Долбежный проходной	—	0,3—0,5	0,8—1,0
Долбежный прорезной и отрезной	—	0,8—1,0	1,5—2,0

8.25. Допустимый износ h_3 твердосплавных резцов, мм

Тип резца	Характер обработки	Обрабатываемый материал			
		Сталь, стальное литье, цветные металлы, легированные сплавы		Чугун	
		Марка материала инструмента	h_3	Марка материала инструмента	h_3
Токарный проходной подрезной или расточной	Черновая	T15K6 T5K10 BK8	1,5—2,0 0,8—1,0 0,8—1,0	BK6 BK8 BK4	0,8—1,0 1,4—1,7 0,6—0,7
	Чистовая	T5K10 T15K6 BK8	0,4—0,6	BK6 BK8 BK4	0,6—0,7
Токарный отрезной и подрезной	—	T5K10 T15K6	0,8—1,0	BK6 BK8	0,8—1,0
Токарный резбовой	Черновая	T5K10 T15K6	0,8	BK6 BK8	1,0
	Чистовая	T5K10 T15K6	0,8	BK6 BK8	1,0
Строгальный проходной и подрезной	—	—	—	BK6 BK8	1,0—1,2 1,5—2,0

**8.26. Значения коэффициентов C_{P_z} , x_{P_z} , y_{P_z}
в зависимости от обрабатываемого материала**

Обрабатываемый материал	C_{P_z}	x_{P_z}	y_{P_z}
Сталь 45	320	0,96	0,71
» 1Х18Н9Т	330	0,87	0,80
» 2Х13	340	0,89	0,77
ВТ2	300	0,89	0,73

**8.27. Режимы резания для обработки пластмасс резцами
из быстрорежущей стали**

Обрабатываемый материал	Режимы резания			Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от стойкости					Коэффициент k_0
	v , м/мин	s , мм/об	t мм	Стойкость T , мин					
				30	45	60	90	120	
Полиакролактан марки Б *	66—210	0,1—0,5	0,5—5,0	1,26	1,10	1,0	0,87	0,8	1,41
Винипласт	104—281			1,66	1,24		0,75	0,6	1,32
Полиэтилен	93—361			1,68	1,25		0,74	0,6	1,09
Сополимер *	133—333			1,29	1,11		0,86	0,77	1,09
Полипропилен * (нестабилизированный)	29—78			1,37	1,14		0,83	0,74	1,32
Полипропилен (стабилизированный сажей 7 %)	64—102			1,79	1,27			0,71	0,56

Примечание. Режимы резания приведены для работы без охлаждения; при работе с охлаждением, если оно не влияет на физико-механические свойства пластмассы, значения, приведенные в таблице, следует умножить на коэффициент k_0 .

* Скорость резания увеличивается при увеличении подачи; наибольшие значения скорости резания для остальных материалов следует принимать при минимальной глубине резания и подаче на 1 оборот

Значения коэффициента C_{P_z} и показателей степени x_{P_z} и y_{P_z} выбираются по табл. 8.26. Показатель n_{P_z} при обработке сталей с $HB \leq 170$ равен 0,35, сталей с $HB > 180$ — 0,75, при обработке чугуна — 0,55; $k_m = 1$ — при обработке стали, $k_m = 0,2$ — при обработке алюминия и силуминов; $k_\varphi = (45/\varphi)^{0,1}$; $k_r = (r/2)^{0,07}$; $k_\gamma = 1$ ($\gamma = -8^\circ$); $k_\gamma = 0,9$ ($\gamma = 18^\circ$); коэффициент k_h учитывает влияние износа резца при обработке стали и при $h_a = 0,5$ $k_h = 0,93$, при $h_a = 2$ $k_h = 1$, а при обработке чугуна и при $h_a = 1$ $k_h = 0,82$, а при $h_a = 2$ $k_h = 0,83$.

8.28. Возможные неисправности при точении твердосплавными резцами и рекомендуемые меры по их устранению

Возможные неисправности						Рекомендуемые меры
Пластическая деформация лезвия	Интенсивный износ		Заусубливание лезвия	Поломки	Термические трещины	
	по лунке	по задней грани				
+	+	+	+		+	Увеличить скорость резания
+	+			+		Уменьшить скорость резания
			+	+		Уменьшить подачу
+	+	+			+	Уточнить скорость, глубину, подачу
			+	+		Выбрать более прочную марку сплава
+		+		+		То же
	+					Увеличить радиус при вершине
		+				Увеличить положительный передний угол
						Применить больший задний угол
			+			Довести лезвие
			+	+		Применить более жесткий резцедержатель
			+	+		Увеличить жесткость СПИД
			+		+	Исключить водные СОЖ
			+			Применить меньший отрицательный передний угол
			+			Уточнить радиус при вершине
			+			Снизить припуск на переточки

Эффективную мощность резания N , кВт, рассчитывают по формуле

$$N_9 = P_z v / (60 \cdot 102).$$

В табл. 8.27 приведены режимы резания для обработки пластмасс, в табл. 8.28 — возможные неисправности при точении резцами и рекомендуемые меры по их устранению.

ФРЕЗЫ

Фрезы — один из самых распространенных видов инструмента. Обозначение фрез по ОКП приведены в табл. 9.1.

По назначению фрезы разделяются на фрезы для обработки плоскостей, уступов, фасонных поверхностей, пазов, прорезки, отрезки, нарезания резьбы и зубьев.

По способу крепления в каждой группе выделяют фрезы концевые, закрепляемые с помощью хвостовиков (их диаметр не превышает 80 мм), и фрезы насадные, закрепляемые на оправках или посадочных концах шпинделей станков (диаметр фрезы от 40 мм и более).

Наружный диаметр фрез (диаметр рабочей части) должен соответствовать стандартному ряду (табл. 9.2). Диаметр хвостовой части фрезы с цилиндрическим хвостовиком обычно принимается равным ее наружному диаметру. Диаметр хвостовой конической части и основные размеры хвостовиков с различного рода конусами для фрез приведены в гл. 6. Диаметр отверстий под оправки у насадных фрез с цилиндрическими или коническими отверстиями также выбирается в соответствии со стандартными размерами (см. гл. 6).

Материал рабочей (режущей) части фрез: цельных — быстрорежущие стали, твердые сплавы; насадных — быстрорежущие стали, твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые синтетические материалы.

Фрезы из быстрорежущих сталей диаметром менее 12 мм — цельные (хвостовик и рабочая часть из быстрорежущих сталей).

Фрезы с быстрорежущей рабочей частью диаметром более 12 мм — сварные.

Фрезы цельные твердосплавные: цельнотвердосплавные — диаметром до 5 мм, с цельнотвердосплавной рабочей частью, соединяемой со стальным хвостовиком пайкой, клеей или другими неразъемными способами, диаметром 5—22 мм. Фрезы с диаметром свыше 12 мм оснащаются твердосплавными пластинами, припаяваемыми или приклеиваемыми к стальному корпусу.

Фрезы сборные оснащаются ножами цельными из быстрорежущих сталей или напайными с твердосплавными пластинами, напайными с режущими элементами из сверхтвердых материалов, соединенными с державками.

9.1. Обозначение фрез по ОКП

Группа 1800. Фрезы	
Подгруппа	Вид
1810 — фрезы из инструментальных сталей зуборезные и резьбовые	1811 — из инструментальных сталей зуборезные дисковые 1812 — из быстрорежущей стали зуборезные пальцевые 1813 — из быстрорежущей стали червячные мелко-модульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем 1814 — из быстрорежущей стали червячные модульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем 1815 — из быстрорежущей стали червячные под шевр, питчевые и другие специальные 1816 — из быстрорежущей стали червячные для шлицевых валов 1817 — из быстрорежущей стали червячные для нарезания зубьев звездочек и колес с зацеплением Новикова, червячных и конических 1818 — из быстрорежущей стали резьбовые 1819 — из быстрорежущей стали резьбовые специальные
1820 — фрезы из быстрорежущей стали концевые обдирочные, копирные, шпоночные для Т-образных и сегментных пазов	1821 — концевые с цилиндрическим хвостовиком 1822 — концевые с коническим хвостовиком 1823 — концевые с резьбовым хвостовиком 1824 — обдирочные с коническим хвостовиком 1825 — копирные с коническим хвостовиком 1826 — шпоночные с цилиндрическим хвостовиком 1827 — шпоночные с коническим хвостовиком 1828 — для Т-образных и сегментных пазов
1860 — ножи запасные к фрезам	1861 — трехсторонним и торцовым из быстрорежущей стали 1862 — трехсторонним с пластинками из твердого сплава 1864 — торцовым с пластинками из твердого сплава
1870 — пластинки твердосплавные механические закрепляемые	1871 — правильной трехгранной формы 1872 — неправильной трехгранной формы 1873 — квадратной формы 1874 — параллелограммной формы 1875 — ромбической формы 1876 — пятигранной формы 1877 — шестигранной формы 1878 — прямоугольной формы 1879 — круглой формы

Группа 1800 Фрезы	
Подгруппа	Вид
1830 — фрезы из быстрорежущей стали торцовые, цилиндрические, дисковые отрезные и прорезные	1831 — торцовые 1832 — цилиндрические 1833 — дисковые трехсторонние 1834 — дисковые пазовые 1835 — дисковые двусторонние 1836 — отрезные 1837 — прорезные
1840 — фрезы из быстрорежущей стали полукруглые и вогнутые угловые фасонные разных профилей и др.	1841 — полукруглые выпуклые и вогнутые 1842 — угловые 1843 — фасонные разных профилей
1850 — фрезы твердосплавные (кроме специальных и для станков с ЧПУ)	1851 — зуборезные цельные 1852 — концевые цельные 1853 — концевые и цилиндрические с припаянными пластинками и коронками 1854 — торцовые с припаянными пластинками 1855 — торцовые сборные с механическим креплением многогранных и круглых пластин 1856 — шпоночные, дисковые, прорезные и другие цельные фрезы 1857 — шпоночные с припаянными пластинками 1858 — дисковые трехсторонние, двусторонние, пазовые с припаянными пластинками
1880 — фрезы специальные	1881 — из быстрорежущей стали 1882 — твердосплавные
1890 — фрезы для станков с ЧПУ и автоматических линий	1891 — концевые из быстрорежущей стали 1892 — торцовые твердосплавные с припаянными пластинками 1893 — для Т-образных пазов твердосплавные с припаянными пластинками 1894 — концевые твердосплавные с припаянными пластинами 1895 — торцовые твердосплавные сборные с механическим креплением многогранных и круглых пластин

Фрезы сборные оснащаются неперетачиваемыми пластинами из минералокерамики, безвольфрамовых и вольфрамосодержащих твердых сплавов, сверхтвердых материалов.

Ножи и пластины закрепляются непосредственно на корпусах, либо на державках или подкладках (неперетачиваемые пластины).

Материал корпусов и хвостовиков: сталь 45; 40Х; 50Х; 40ХНМА, 50ХФА. Материал державок сборных фрез — сталь 45, 40Х, У8, 9ХС, 40ХГНМ.

Основные элементы фрез имеют следующую твердость:

рабочая часть цельных и ножи сборных быстрорежущих фрез 62—65 HRC_э или 63—67 HRC_э — для фрез из быстрорежущих сталей с повышенным содержанием кобальта (более 5 %) или ванадия более (3 %).

Корпуса концевых фрез цельных, сварных или напайных — 30—55 HRC_э. Державки сборных фрез — 45—62 HRC_э.

Корпуса сборных фрез при объемной закалке всего корпуса 35—50 HRC_э, в случае применения поверхностной закалки с помощью ТВЧ или лазерного нагрева участки корпусов, контактирующих с режущими элементами, державками или ножами, — 50—55 HRC_э, корпус 28—32 HRC_э.

9.1. Фрезы цельные

Фрезы цельные состоят из рабочей режущей части 1 (рис. 9.1) и корпуса 2 в виде хвостовика у концевого инструмента (рис. 9.1, а) или в виде втулочного или дискового тела у насадного инструмента (рис. 9.1, б, в). Рабочая часть может быть выполнена на цилиндрической поверхности 3 (цилиндрические фрезы), на торцевой поверхности 4 (торцовые фрезы), на торцевой и цилиндрической (двусторонние фрезы), на двух торцевых и заключенной между ними цилиндрической поверхностях (трехсторонние фрезы).

9.2. Наружный диаметр фрез (СТ СЭВ 201—75), мм

Ряд	
основной	дополнительный
1,60	1,80
2,00	2,24 *
2,50	2,80
3,15 *	3,55 *
4,00	4,50
5,00	5,60 *
6,30 *	7,10 *
8,00	9,00
10,00	11,2 *
12,5 *	14,0
16,0	18,0
20,0	22,4 *
25,0	28,0
31,5 *	35,5 *
40,0	45,0
50,0	56,0
63,0	71,0
80,0	90,0
100	112
125	140
160	180
200	224
250	280
315	355
400	450
500	560
630	

* Допускается округление диаметров фрез: основной ряд — до 3; 6; 12; 32; дополнительный — до 2,2; 3,5; 5,5; 7; 11; 22; 36.

Концевые фрезы выполняются торцово-цилиндрическими и имеют режущие участки как на торце, так и на цилиндре. Поверхности и режущие кромки зубьев: 5, 6 — передняя и задняя поверх-

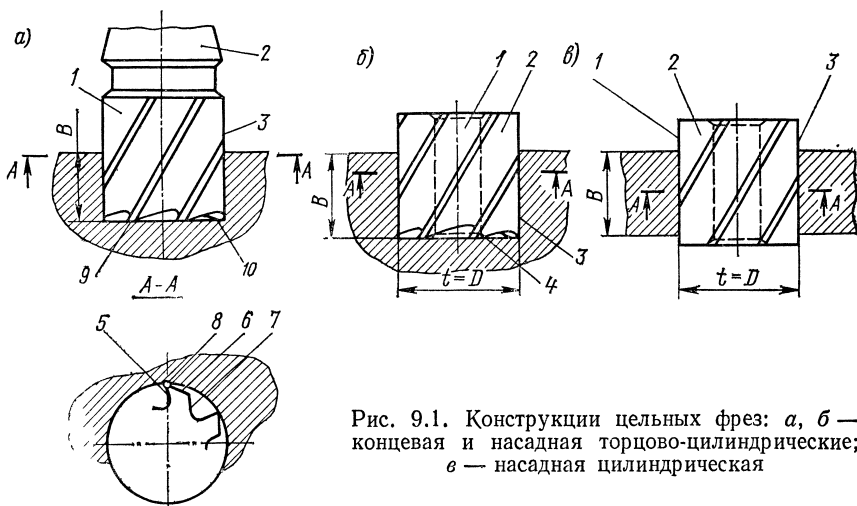


Рис. 9.1. Конструкции цельных фрез: а, б — концевая и насадная торцово-цилиндрические; в — насадная цилиндрическая

ности; 7 — спинка зуба; 8 — главная режущая кромка; 9 — торцовый зуб со вспомогательной режущей кромкой 10.

Зубья фрез могут иметь различный профиль. Наиболее распространенные профили зубьев представлены на рис. 9.2, а—е. На

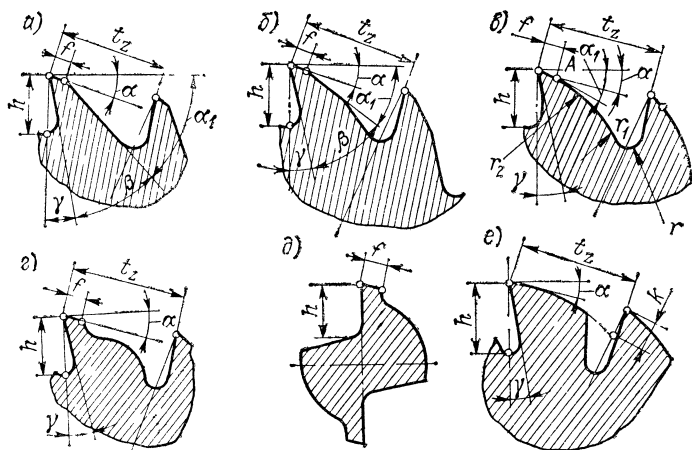


Рис. 9.2. Формы профилей зубьев

рис. 9.2, а — профиль торцовых зубьев цельных фрез для легких работ. Профиль с ломаной спинкой зуба (рис. 9.2, б) применяют для зубьев, работающих в тяжелых условиях. Этот профиль по

9.3. Рекомендуемые значения габаритных размеров, мм, и числа зубьев цельных фрез

Область применения	Вид фрезы										
	Дисковая, трехсторонняя			Цилиндрическая			Торцовая			Концевая	
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>z</i>	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>z</i>	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>z</i>	<i>d</i>	<i>z</i>
1. Обработка хрупких материалов и обработка с малыми глубинами	—	—	—	40	16	8—10	40	16	12	2—4	4
	50	16	—	50	22	8—10	50	22	14	6—8	5
	63	22	16	63	27	10—12	63	27	16	10—18	6
	80	27	18	80	32	10—14	80	27	18	20—30	8
	100	32	20	100	40	14—18	100	32	20	32—40	10
	125	32	22	125	50	16—20	125	40	22	50	12
	160	40	26	160	50	16—22	160	40	24	63	14
	200	40	30	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Обработка сталей и обработка с увеличенными глубинами и подачами	—	—	—	40	16	6	40	16	8	2—6	3
	50	16	10	50	22	6	50	22	8	6—18	4
	63	22	10	63	27	8	63	27	10	20—30	5
	80	27	12	80	32	2	80	27	10	32—40	6
	100	32	14	100	40	10	100	32	12	50; 63	8
	125	32	16	125	50	10	125	40	14	—	—
	160	40	18	160	50	12	160	40	16	—	—
	200	40	20	—	—	—	200	50	20	—	—
3. Обработка легких сплавов	—	—	—	40	16	3	40	16	4	2—6	2
	50	16	4	50	22	4	50	22	5	8—20	3
	63	22	6	60	27	4	63	27	5	22—45	4
	80	22	6	80	32	4	80	27	6	50—63	5
	100	27	8	100	40	5	100	32	6	—	—
	125	32	8	125	50	6	125	40	8	—	—
	160	40	10	—	—	—	160	40	8	—	—
	200	40	10	—	—	—	200	50	10	—	—

размерам соответствует равнопрочному на изгиб профилю с параболической спинкой (рис. 9.2, в), ограниченному криволинейным (радиусным) участком с радиусом r у дна канавки и радиусным (близким к параболическому) участком спинки с радиусами r_1 и r_2 ($r_1 \approx 0,5h$, $r_2 \approx 2h$ у фрез с крупным зубом и $r \approx 1,5h$ у фрез с нормальным зубом). Профиль зуба, аналогичный профилю на рис. 9.2, в, но с ленточкой шириной f , представлен на рис. 9.2, г. Профиль технологичный, но требует более сложного инструмента для изготовления. Профили 9.2, в и г применяют для концевых фрез.

Для шпоночных фрез применяют профили, изображенные на рис. 9.2, г, д. Перечисленные профили (кроме последнего) относятся к острозаточенным (заточены передняя и задняя их поверхности).

На рис. 9.2, е показан профиль затылованного зуба. Спинка зуба затылуется по кривой (обычно по спирали Архимеда). Спад затылка K зависит от заднего угла α , диаметра фрезы и числа зубьев: $K = \pi (D/z) \operatorname{tg} \alpha$.

Ниже приведены значения K для различных отношений D/z при $\alpha = 10^\circ$.

D/z	2,2	3,1	4,0	4,9	5,8	6,7	7,6	8,5	9,4	11,2
K	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0

Изнашивание зубьев происходит по задним поверхностям, а их переточка осуществляется по передней плоской грани, что требует увеличенных съемов металла, но позволяет сохранить профиль. Поэтому затылованные зубья применяют только у фасонных фрез.

Размеры профиля зуба зависят от вида фрезы, ее наружного диаметра, числа зубьев.

Высота профиля $h = Kd/z$, где K равно: для концевых фрез 0,9—1,2; торцовых и цилиндрических с крупным зубом 1,2—1,5, с мелким зубом — 0,8—0,9, для дисковых дву- и трехсторонних 1,4—1,8.

Рекомендуемые значения габаритных размеров и числа зубьев фрез различных видов приведены в табл. 9.3.

Рекомендуемый профиль зубьев (см. рис. 9.2):

для дисковых трехсторонних фрез — область применения 1 — профиль а, область 2 — а или б, область 3 — б или в;

для цилиндрических фрез — область 1 — профиль а или б, область 2 — б или г, область 3 — б, в или г;

для торцовых фрез — область 1 — профиль а, области 2 и 3 — б или г;

для концевых фрез — профили б, в или г для всех областей.

Размеры профиля зубьев, мм, концевых фрез с $\gamma_N = 15^\circ$, $\alpha = 14^\circ$, $\omega = 30 \div 45^\circ$, соответствующего профилю 9.2, в приведены ниже:

d	3	4	5	6	8	10	14	20	25	45
При $z = 3$										
h	0,8	1,05	1,35	1,6	2,15	2,7	3,0	4,8	6,0	—
r_1	0,4	0,5	0,65	0,8	1,05	1,3	1,5	2,4	3,0	—
r_2	1,15	1,55	0,75	2,1	2,8	3,5	3,5	7,2	—	—
При $z = 4$										
h	0,65	0,95	1,2	1,4	2,0	2,4	3,0	3,6	4,5	7,0
r_1	0,25	0,35	0,45	0,55	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
r_2	1,3	1,75	2,25	2,7	3,6	4,5	—	7,2	9,0	14
При $z = 5$										
При $z = 6$										

Число зубьев фрез может быть определено из зависимостей: для торцовых фрез

$$z = \frac{0,6D}{(t_{\max} s_z \max)^{0,5}};$$

для цилиндрических, дисковых, пазовых и концевых фрез

$$z = \frac{0,2D}{(t_{\max} s_z \max)^{0,5}}.$$

Число зубьев у затылованных фрез для обеспечения наибольшего числа переточек корректируется с учетом обеспечения толщины зуба фрез $p = (0,8 \div 1,0) H$, где $H = h + K + r$ (h — высота профиля на обрабатываемом изделии; r — радиус дна канавки, $r = 1 \div 5$ мм).

При выборе числа зубьев необходимым условием является одновременное участие в работе не менее трех зубьев, что обеспечивает работу фрезы с небольшими ударными нагрузками.

Проверка этого условия осуществляется по формуле

$$z_p = \frac{z\psi}{360} + \frac{Bz \operatorname{tg} \omega}{\pi D} \geq 3,$$

где ψ — теоретический угол контакта между фрезой и поверхностью резания; B — ширина фрезерования; ω — угол наклона винтовых зубьев фрезы.

Снижению колебаний во время резания способствует и неравномерное размещение зубьев по окружности. Ниже приведены рекомендуемые значения центральных углов между соседними зубьями по окружности наружного диаметра:

Число зубьев	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7	Φ_8
3	110	123	127	—	—	—	—	—
4	90	85	90	95	—	—	—	—
5	68	72	76	68	76	—	—	—
6	57	63	57	63	57	63	—	—
8	42	48	42	48	42	48	42	48

По периферии зубья располагаются параллельно оси ($\omega = 0$) или по винтовой линии ($\omega \neq 0$). Значения угла ω для различных видов фрез приведены ниже:

	ω°
Концевые быстрорежущие фрезы, фрезы с монокристаллической твердосплавной режущей частью	30—45
Концевые, оснащенные напайными пластинами из твердого сплава	(-5) — (+10)
Шпоночные цельные твердосплавные	20
Шпоночные, оснащенные напайными пластинами	0
Цилиндрические, торцово-цилиндрические фрезы	25—60
Дисковые дву- и трехсторонние фрезы	10—20

Фрезы концевые для обдирочных работ в целях разделения стружки имеют по длине зуба стружкоразделительные канавки, выполненные по винтовой линии с обеспечением перекрытия канавок одного зуба рабочим участком другого зуба.

Различные формы торцовых зубьев фрез приведены на рис. 9.3.

У концевых фрез общего назначения форма торцовых зубьев отличается переходным участком в виде фаски $s \times 45^\circ$ или ра-

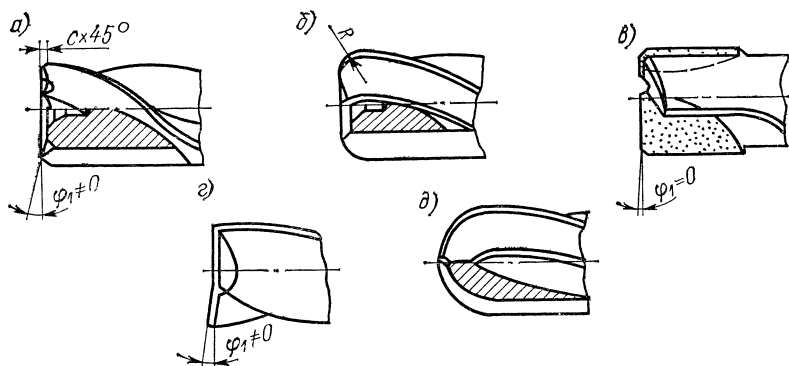
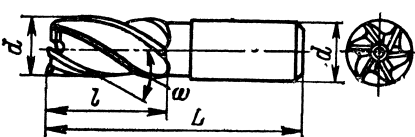
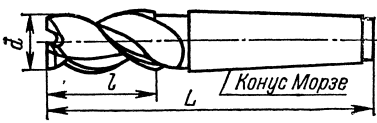
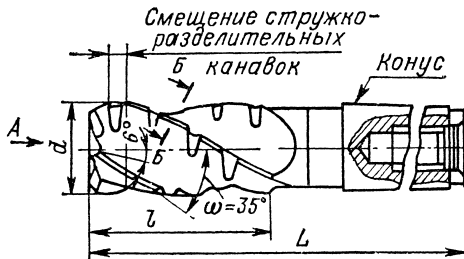


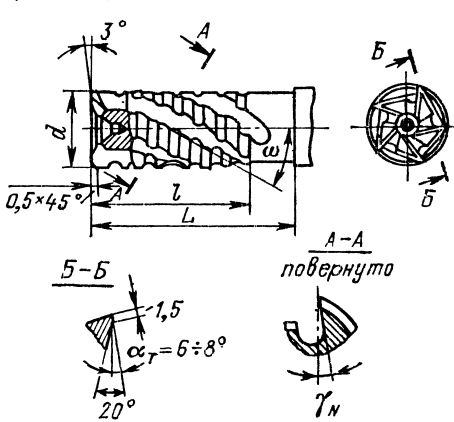
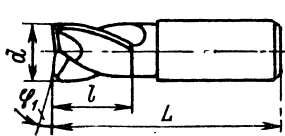
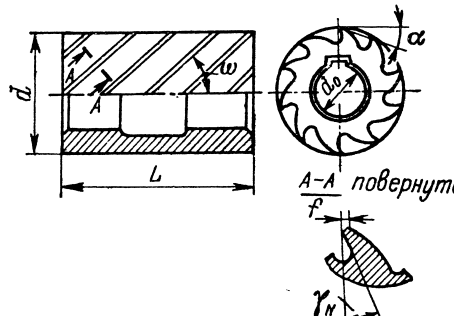
Рис. 9.3. Формы торцовых зубьев

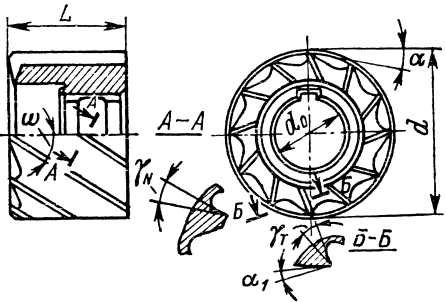
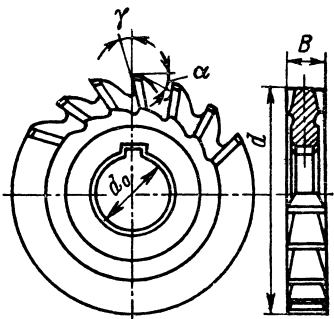
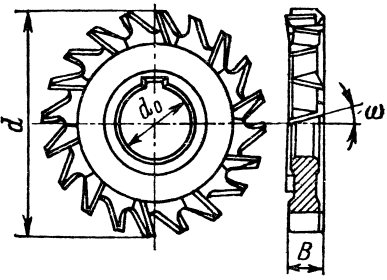
диуса R (рис. 9.3, а, б). Концевые фрезы для обработки глухих мерных пазов (шпоночные фрезы) должны работать и с осевой подачей (для врезания), в связи с чем они имеют по одному зубу, перекрывающему ось (рис. 9.3, в, г). Концевые фрезы для обработки фасонных поверхностей имеют торцовые зубья радиусной формы (рис. 9.3, д) без прямолинейного участка.

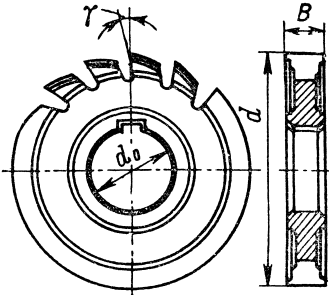
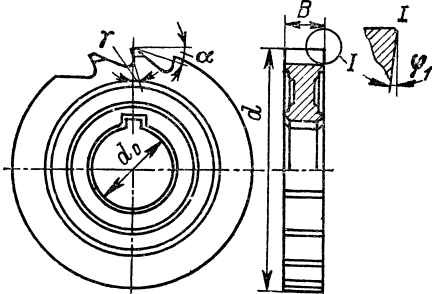
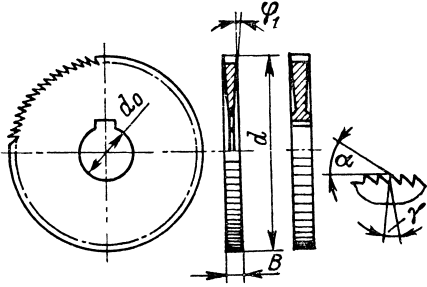
Основные типы и размеры стандартных и нормализованных цельных фрез приведены в табл. 9.4.

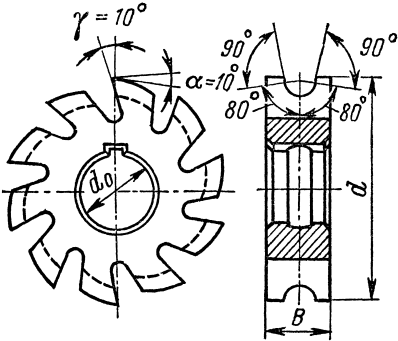
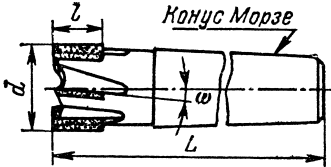
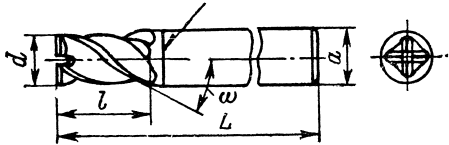
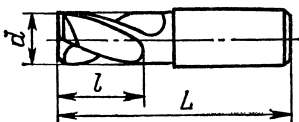
9.4. Основные типы и размеры цельных фрез

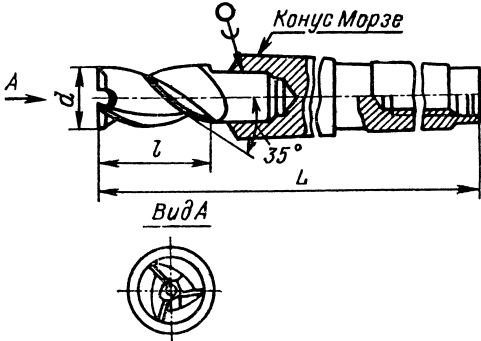
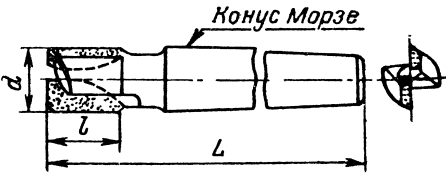
Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
<i>Фрезы из быстрорежущей стали</i> Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 17025—71*) Тип 1 (с нормальным зубом) — $d = 3 \div 20$ мм; $L = 36 \div 70$ мм; $l = 8 \div 45$ мм; $z = 4 \div 6$; $\omega = 30 \div 35^\circ$; тип 2 (с крупным зубом) — $d = 3 \div 12$ мм; $L = 36 \div 70$ мм; $l = 8 \div 25$ мм; $z = 3$; 4; $\omega = 35 \div 45^\circ$	
Фрезы концевые с коническим хвостовиком (ГОСТ 17026—71*) Тип 1 (с нормальным зубом), тип 2 (с крупным зубом) — $d = 14 \div 63$ мм; $L = 115 \div 245$ мм; $l = 32 \div 90$ мм; конус Морзе № 2—5. У фрез типа 1 $z = 4 \div 8$; $\omega = 30 \div 35^\circ$, у фрез типа 2 $z = 3 \div 5$; $\omega = 35 \div 45^\circ$	
Фрезы концевые обдирочные с коническим хвостовиком (ГОСТ 15086—69*) Тип 1 (с торцовыми зубьями) — $d = 25 \div 80$ мм; $L = 120 \div 445$ мм; $l = 50 \div 200$ мм; $z = 3 \div 7$; $\alpha = 14^\circ$; конус Морзе № 3—6 или метрический № 80; тип 2 (без торцовых зубьев) — $d = 25 \div 80$ мм; $L = 120 \div 445$ мм; $l = 50 \div 220$ мм; $z = 3 \div 7$; $\alpha = 14^\circ$; конус Морзе № 3—6 или метрический № 80	 <i>Смещение стружко-разделительных канавок</i> <i>Б-Б</i> <i>Вид А</i> $\gamma_N = 15^\circ$ $\lambda_1 = 10^\circ$ $\alpha = 14^\circ$

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Фрезы концевые обдирочные с затылованными зубьями и коническим хвостовиком (ГОСТ 4675—71*) Исполнение 1 (фреза без торцовых зубьев) — $d = 25 \div 80$ мм; $L = 150 \div 435$ мм; $l = 50 \div 224$ мм; $z = 5 \div 10$; $\gamma_N = 15^\circ$; $\omega = 30^\circ$; конус Морзе № 3—6; Исполнение 2 (фреза с торцовыми зубьями) — $d = 25 \div 80$ мм; $L = 150 \div 435$ мм; $l = 50 \div 224$ мм; $z = 5 \div 10$; $\gamma_N = 15^\circ$; $\omega = 30^\circ$; конус Морзе № 3—6	<i>Исполнение 2</i> 
Фрезы шпоночные (ГОСТ 9140—78*) Тип 1 (с цилиндрическим хвостовиком) — $d = 2 \div 20$ мм; $L = 28 \div 80$ мм; $l = 4 \div 32$ мм; $\gamma_N = 5^\circ$; $\alpha_N = 12^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; тип 2 (с коническим хвостовиком) — $d = 16 \div 25$ мм; $L = 105 \div 190$ мм; $l = 25 \div 63$ мм; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 12 \div 14^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$	
Фрезы цилиндрические (ГОСТ 3752—71*) Тип 1 с мелким зубом — $d = 40 \div 100$ мм; $d_0 = 16 \div 40$ мм; $L = 40 \div 160$ мм; $z = 10 \div 18$; $\gamma_N = 15^\circ$; $\alpha = 16^\circ$; $\omega = 30 \div 35^\circ$; $f = 0,6 \div 0,8$ мм; тип 2 (с крупным зубом) — $d = 50 \div 100$ мм; $d_0 = 22 \div 40$ мм; $L = 50 \div 160$ мм; $z = 6 \div 12$; $\gamma_N = 15^\circ$; $\alpha = 16^\circ$; $\omega = 40^\circ$; $f = 1,2 \div 1,5$ мм	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Фрезы торцовые насадные (ГОСТ 9304—69*) Тип 1 (с мелким зубом) — $d = 40 \div 50$ мм (с креплением на продольной шпонке); $d = 63 \div 100$ мм (с креплением на торцевой шпонке); $d_0 = 16 \div 32$ мм; $L = 32 \div 50$ мм; $z = 10 \div 18$; $\gamma_N = 15^\circ$; $\gamma_T = 12^\circ$; $\alpha = 14^\circ$; $\alpha_1 = 8^\circ$; $\omega = 25 \div 40^\circ$	
Фрезы дисковые трехсторонние (ГОСТ 3755—78*) $d = 50 \div 100$ мм; $B = 5 \div 16$ мм; $d_0 = 16 \div 32$ мм; $z = 14 \div 20$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 20^\circ$	
Фрезы дисковые трехсторонние с разнонаправленными зубьями (ГОСТ 9474—73*) Тип 1 (с мелким зубом) — $d = 63 \div 125$ мм; $d_0 = 22 \div 32$ мм; $B = 6 \div 28$ мм; $z = 16 \div 22$; $\omega = 10^\circ$; $\gamma_N = 10^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; тип 2 (с нормальным зубом) — $d = 63 \div 125$ мм; $d_0 = 22 \div 32$ мм; $B = 6 \div 28$ мм; $z = 12 \div 18$; $\gamma_N = 10^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\omega = 15^\circ$	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Фрезы пазовые затылованные (ГОСТ 8543—71) $d = 50 \div 100$ мм; $d_0 = 16 \div 32$ мм; $B = 4 \div 16$ мм; $z = 12 \div 16$; $\gamma = 10^\circ$	
Фрезы дисковые пазовые (ГОСТ 3964—69*) $d = 50 \div 100$ мм; $B = 3 \div 16$ мм; $d_0 = 16 \div 32$ мм; $z = 14 \div 20$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\varphi_1 = 1 \div 2^\circ$	
Фрезы прорезные (шлицевые) и отрезные (ГОСТ 2679—73*) Тип 1 (с мелким зубом) — $d = 20 \div 315$ мм; $d_0 = 5 \div 40$ мм; $B = 0,2 \div 6,0$ мм; $z = 32 \div 200$; $\gamma = 0 \div 10^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\varphi_1 = 5 \div 30^\circ$; тип 2 (со средним зубом) — $d = 50 \div 315$; $d_0 = 13 \div 40$ мм; $B = 0,5 \div 6,0$ мм; $z = 24 \div 100$; $\gamma = 0 \div 10^\circ$; $\varphi_1 = 10 \div 30^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; тип 3 (с крупным зубом) — $d = 50 \div 315$ мм; $d_0 = 13 \div 40$ мм; $B = 1,0 \div 6,0$ мм; $z = 16 \div 48$; $\gamma = 5 \div 10^\circ$; $\varphi_1 = 30' \div 1^\circ$; $\alpha = 20^\circ$	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Фрезы полукруглые вогнутые и выпуклые (ГОСТ 9305—69*) Тип 1 (полукруглые вогнутые) — $d = 50 \div 160$ мм; $d_0 = 22 \div 40$ мм; $B = 7 \div 75$ мм; $z = 10 \div 14$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; тип 2 (полукруглые выпуклые) — $d = 50 \div 130$ мм; $d_0 = 22 \div 40$ мм; $B = 3,2 \div 50$ мм; $z = 10 \div 14$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$	
Фрезы твердосплавные Фрезы концевые с коническим хвостовиком, оснащенные прямыми пластинками $d = 14 \div 35$ мм; $L = 105 \div 150$ мм; $l = 16 \div 25$ мм; $z = 4 \div 6$; $\gamma_N = 0$; $\alpha = 15^\circ$; конус Морзе № 2—4	
Фрезы концевые (ГОСТ 18372—73*Е) Тип 1 (цельные) — $d = 3 \div 12$ мм; $L = 28 \div 60$ мм; $l = 8 \div 25$ мм; $z = 3 \div 5$; $\gamma_N = 5^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $\omega = 30 \div 40^\circ$; тип 2 (со стальным хвостовиком) — $d = 5 \div 12$ мм; $L = 58 \div 103$ мм; $l = 24 \div 53$ мм; $z = 3 \div 5$; $\gamma_N = 5^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $\omega = 30 \div 40^\circ$	
Фрезы шпоночные цельные (ГОСТ 16463—80Е) $d = 2,0 \div 12$ мм; $L = 25 \div 55$ мм; $l = 4 \div 20$ мм; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\omega = 20^\circ$	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Фрезы концевые с коническим хвостовиком (ТУ 2-035-824—81) $d = 12 \div 22$ мм; $L = 130 \div 175$ мм; $l = 32 \div 55$ мм; конус Морзе № 3—4	
Фрезы шпоночные (ГОСТ 6396—78*) Тип 1 (с цилиндрическим хвостовиком) — $d = 8 \div 16$ мм; $L = 45 \div 70$ мм; $l = 12 \div 20$ мм; $\gamma = 5^\circ$; тип 2 (с коническим хвостовиком) — $d = 12 \div 25$ мм; $L = 80 \div 130$ мм; $l = 16 \div 25$ мм; $\gamma = 5^\circ$; конус Морзе № 1—4	

9.2. Фрезы сборные

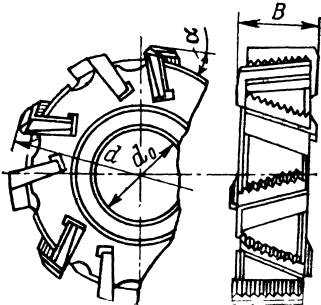
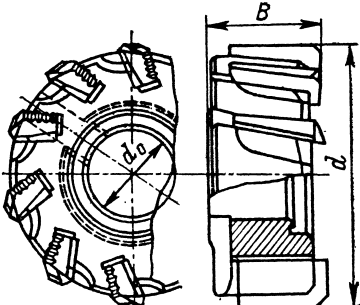
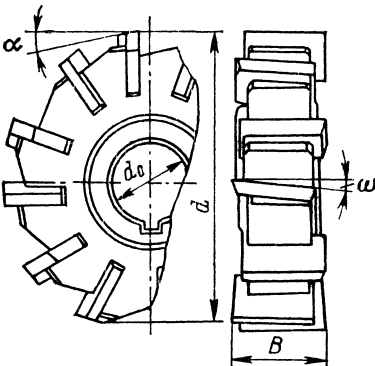
Основные типы и размеры сборных фрез стандартных и нормализованных конструкций приведены в табл. 9.5—9.6. Фрезы состоят из корпуса, режущих и крепежных элементов.

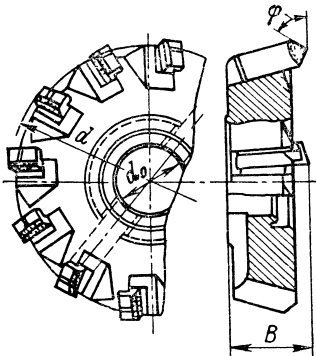
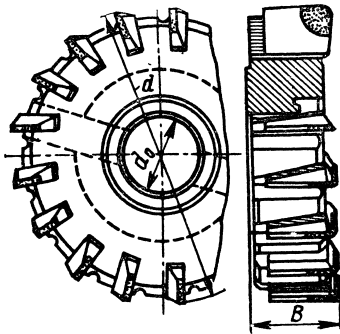
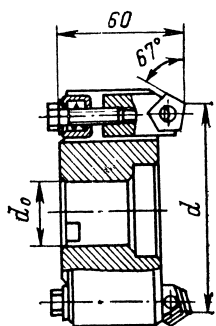
К режущим элементам относятся перетачиваемые в сборе или вне фрезы ножи (гладкие, рифленные или имеющие иную форму) цельные или оснащенные инструментальными материалами; пластины из различных инструментальных материалов (многогранной, круглой или специальной формы).

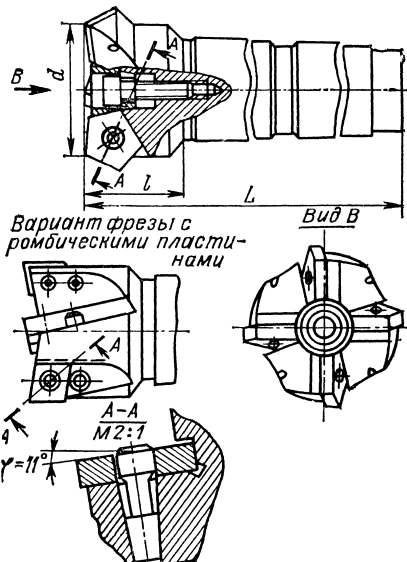
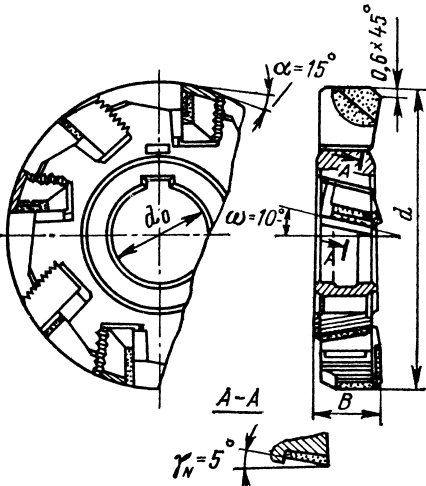
Отличительной особенностью фрез с перетачиваемыми ножами является возможность придания режущей части оптимальной по условиям эксплуатации геометрии и размеров. Точность взаимного расположения режущих элементов различных зубьев определяется качеством их заточки или установки.

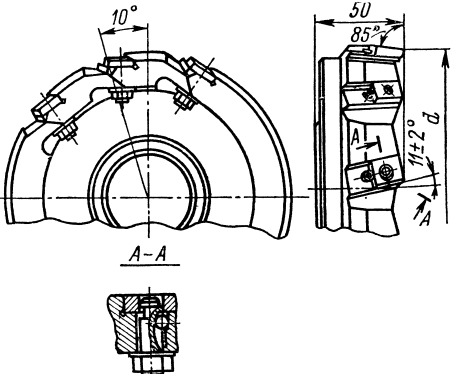
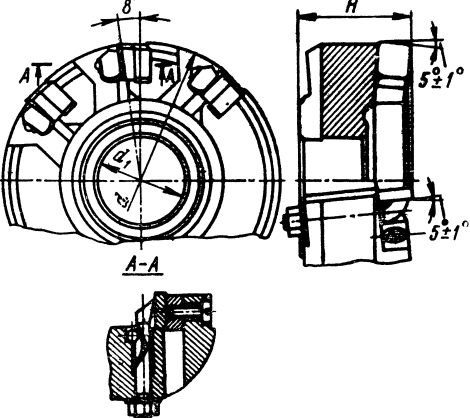
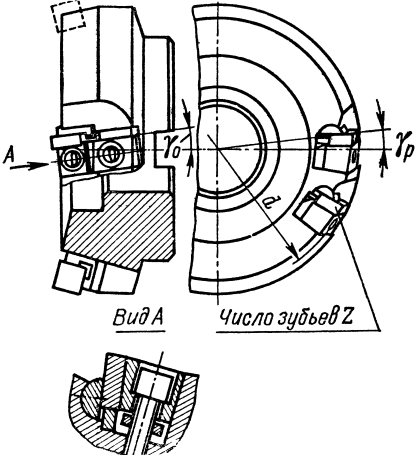
Отличительной особенностью фрез, оснащенных неперетачиваемыми пластинами, является фиксированное расположение режущих элементов относительно корпуса фрезы. Геометрические

9.5. Основные типы и размеры сборных фрез

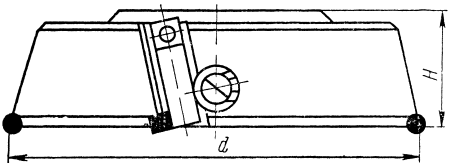
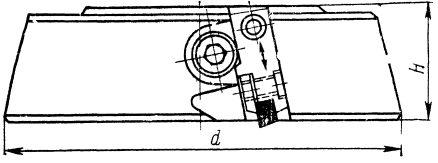
Наименование, тип и размеры	Эскиз
<i>Фрезы из быстрорежущей стали</i> Фрезы трехсторонние со вставными ножами (ГОСТ 1669—78*) $d = 80 \div 315$ мм; $d_0 = 27 \div 50$ мм; $z = 10 \div 30$; $B = 12 \div 50$ мм; $\gamma_N = 15^\circ$; $\alpha = 12^\circ$	
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами (ГОСТ 1092—80) $d = 90 \div 250$ мм; $d_0 = 27 \div 50$ мм; $B = 36 \div 45$ мм; $z = 10 \div 26$	
Фрезы дисковые трехсторонние с впрессованными ножами $d = 100 \div 200$ мм; $d_0 = 32 \div 50$ мм; $B = 14 \div 40$ мм; $z = 14 \div 24$; $\alpha = 12^\circ$; $\omega = 5^\circ$	

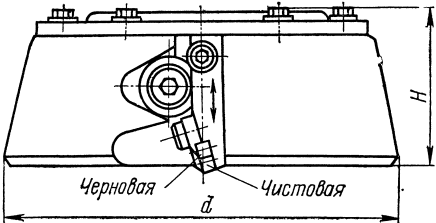
Наименование, тип и размеры	Эскиз
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами (ГОСТ 24359—80*) $d = 100 \div 630$ мм; $d_0 = 32 \div \div 221,44$ мм; $B = 50 \div 85$ мм; $z = 8 \div 30$; $\varphi = 45; 60; 75; 90^\circ$; $\gamma = 5^\circ$	
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами (мелкозубые) (ГОСТ 9473—80*) $d = 80 \div 250$ мм; $d_0 = 27 \div \div 50$ мм; $B = 34 \div 42$ мм; $z = = 30 \div 52$	
Фрезы торцовые насадные с механическим креплением пятитрапанных пластин (ГОСТ 22085—76*) $d = 100 \div 200$ мм; $d_0 = 32 \div \div 50$ мм; $z = 8 \div 12$	

Наименование, тип и размеры	Эскиз
<i>Фрезы твердосплавные</i> Фрезы концевые с коническим хвостовиком, с механическим креплением ромбических пластинок (ТУ 2-035-476—76) $d = 20 \div 50$ мм; $L = 120,5 \div 186,5$ мм; $z = 3 \div 5$; конус Морзе № 2—4 Фрезы концевые с коническим хвостовиком, с механическим креплением пятигранных пластинок (ТУ 2-035-476—76) $d = 40 \div 63$ мм; $L = 140,5 \div 190,5$ мм; $z = 4 \div 5$; конус Морзе 4	 <i>Вариант фрезы с ромбическими пластинами</i> <i>Вид В</i>
Фрезы дисковые трехсторонние со вставными ножами (ГОСТ 5348—69*) $d = 100 \div 315$ мм; $d_0 = 27 \div 60$ мм; $B = 14 \div 40$ мм; $z = 8 \div 20$	 $\alpha = 15^\circ$ $\omega = 10^\circ$ $\gamma_n = 5^\circ$ $A-A$

Наименование, тип и размеры	Эскиз
Фрезы торцовые насадные с тангенциальным расположением квадратных твердосплавных пластин (ТУ 2-035-618—78) $d = 100 \div 200$ мм	
Фрезы торцовые насадные с механическим креплением квадратных или ромбических пластин из минералокерамики (ТУ 2-035-624—78) $d = 100 \div 200$ мм	
Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин (ГОСТ 26595—85) $d = 100 \div 500$ мм	

9.6. Основные типы фрез, оснащенных сверхтвердыми материалами

Наименование, размеры	Назначение инструмента	Эскиз
Фрезы торцовые насадные с механическим креплением прецизионных круглых пластин из композита 01, 05, 10Д (ТУ 2-035-757—80) Для фрез диаметром 100; 125; 160 и 200 мм, торцовое биение не более 0,03 мм, диаметром 250; 315 и 400 мм — не более 0,05 мм	Чистовая обработка деталей из сталей (пластины из композита 01, 10Д) и чугунов (пластины из композита 01, 05, 10Д) любой твердости на станках фрезерной, расточной и шлифовальной групп	
Фрезы торцовые насадные регулируемые с механическим креплением прецизионных круглых пластин из композита 05 и 10Д (ТУ 2-035-757—80) Для фрез диаметром 100; 125; 160 и 200 мм, торцовое биение не более 0,007 мм, диаметром 250; 315 и 400 мм — не более 0,01 мм	Чистовая обработка деталей из сталей (композит 10Д) и чугунов (композит 05, 10Д) любой твердости на станках фрезерной, расточной и шлифовальной групп с повышенными требованиями к шероховатости поверхности и производительности	

Наименование, размеры	Назначение инструмента	Эскиз
Фрезы торцовые насадные ступенчатые регулируемые с механическим креплением пластин круглой формы из композита 05 и 10Д (ТУ 2-035-757—80) Для фрез диаметром 200 и 250 мм, торцовое биение не более 0,007 мм, диаметром 315 и 400 мм — не более 0,01 (чистовая ступень)	Предварительная и окончательная обработка деталей из серых и высокопрочных чугунов, закаленных сталей (композит 10Д) любой твердости, в том числе по литейной корке и с отбелом, на фрезерных автоматах и полуавтоматах, на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах, на продольно-фрезерных, вертикально-фрезерных, расточных станках взамен твердосплавных фрез	
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными сверхтвердыми материалами, регулируемые, однорядные или ступенчатые (ТУ 2-035-918—83) $d = 80 \div 315$ мм; $d_0 = 27 \div 60$ мм (посадочный диаметр)	Чистовое фрезерование деталей из чугунов, закаленных сталей на фрезерных автоматах и полуавтоматах, станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах, на координатно-расточных станках взамен твердосплавных фрез, на продольно-шлифовальных станках взамен шлифования. Расточка (чистовая) отверстий на станках с ЧПУ, обеспечивающих обход контура по окружности	См. рис. 9.8

9.7. Способы крепления сменных режущих пластин на сборных фрезях и их рекомендуемые области применения

Способ крепления пластин	
Непосредственно на корпусе фрезы	На корпусе посредством опорной пластины
Простые по конструкции фрезы. Фрезы концевые, пластины с отверстиями или без них, фрезы концевые и насадные с тангенциальным расположением пластин с отверстием, фрезы концевые и насадные с креплением пластин со стороны их опорной плоскости. Стойкость корпуса при нормальном износе пластин — до 50 комплектов пластин. При случайной поломке пластины корпус повреждается, при этом фреза может выйти из строя	Фрезы насадные с радиальным расположением пластин всех видов, особенно пластин из МК и СТМ. Стойкость корпуса — до 50 комплектов пластин. При поломке пластин опорная поверхность корпуса под пластину защищена от повреждений, однако упорная поверхность корпуса может быть повреждена, при этом фреза может выйти из строя
Способ крепления пластин	
В блоке, а блок — на корпусе	В блоке закрепляются через корпус
Фрезы насадные с пластинами всех видов и любым расположением	Фрезы насадные с радиально расположенными пластинами без отверстий
Блоки, регулируемые в осевом направлении или без регулирования. Стойкость корпуса — до 500 комплектов пластин. Повреждения корпуса при случайной поломке пластин исключены. Повышенная надежность фрез позволяет использовать их и в автоматизированном производстве	

параметры фрез при этом постоянны и определяются конструкцией фрезы. Точность взаимного расположения режущих кромок определяется точностью исполнения базовых поверхностей корпуса и точностью исполнения пластин. Последнее условие предъявляет определенные требования к пластинам, которые должны иметь степень точности Е или С. Пластинам можно придать некоторые дополнительные элементы: образование радиуса скругления главной режущей кромки (или придание переходу от передней к задней поверхности рационального очертания), создание стружколомающих уступов или иных элементов, покрытие режущих кромок различными одно- или многослойными покрытиями.

Классификация способов крепления пластин на фрезях и рекомендуемые области их применения приведены в табл. 9.7.

Число зубьев сборных фрез меньше, чем у цельных, и принимается равным (в зависимости от диаметра d фрезы и обрабатываемого материала):

d , мм	<40	50; 63	80	100—125	165	200	250	400
Сталь	3	4	5	6	8	8—10	12	12
Чугун	4	5	6	10	12	16	22	30

При известных условиях обработки число зубьев сборных фрез может быть определено по мощности станка и режимам резания: при обработке стали

$$z_{\max} = \frac{N_e d^{0,1}}{3,6 \cdot 10^{-5} B^{1,1} t_{\max}^{0,95} s_{z \max}^{0,8} n};$$

при обработке чугуна

$$z_{\max} = \frac{N_e d^{0,14}}{2,53 \cdot 10^{-5} B^{1,14} t_{\max}^{0,9} s_{z \max}^{0,7} n};$$

Расположение зубьев по диаметру — равномерное или неравномерное.

Ножи сборных фрез могут иметь различную высоту: быстрорежущие ножи с рифлением — 3,7—7,7 мм и более (в случае тяжелых работ), напайные твердосплавные — до 20 мм, ножи, оснащенные сверхтвердыми материалами, — до 10 мм по диаметру.

Напайные ножи, оснащенные твердым сплавом, и державки под многогранные неперетачиваемые пластины имеют призматическую форму. Высота ножа торцевой фрезы $H = 3,5 \div 5 \sqrt[3]{d}$ мм; меньшие значения — для фрез больших диаметров. Высота ножа цилиндрических и дисковых фрез $H = 10 \div 12$ мм. Ширина ножа (державки) $B = (1,1 \div 1,3) H$ мм.

Вылет ножа (державки) относительно корпуса h_n (при консольном его расположении) не должен превышать значений $h = l_n + (3 \div 5)$ мм, где l_n — проекция режущей кромки напайной (или механически закрепляемой) пластины на плоскость, параллельную оси фрезы и перпендикулярную к основной плоскости ножа.

Корпуса фрез с бесконсольным закреплением ножей (например, рифленых) должны иметь карманы для размещения стружки. Вылет ножей при этом должен быть достаточным для возможности их заточки в сборе (обычно он не превышает 8—9 мм для дисковых и цилиндрических и 8—10 мм для торцевых фрез).

При необходимости съема повышенных припусков металла используют ступенчатые схемы расположения ножей или пластин (см. рис. 9.4, а—в). Ножи (пластины) при этом располагаются в несколько рядов (рис. 9.4, а $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$) каждый ряд — на своем диаметре, отличном от диаметра другого ряда на величину, превышающую удвоенную подачу на оборот числа зубьев ряда и на различной высоте, обеспечивающей разделение припуска на обработку между рядами в требуемом соотношении.

Иногда ножи каждого ряда имеют различные углы в плане ($\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$); ножи, осуществляющие черновую обработку (работу по «корке») с углом, близким к $\varphi = 90^\circ$, ножи, располагающиеся на других уровнях — меньшие значения φ .

Для повышения стойкости фрез применяют «безвершинную» ступенчатую схему расположения ножей (рис. 9.4, б), когда вершины ножей 2-го и последующих рядов в работе не участвуют.

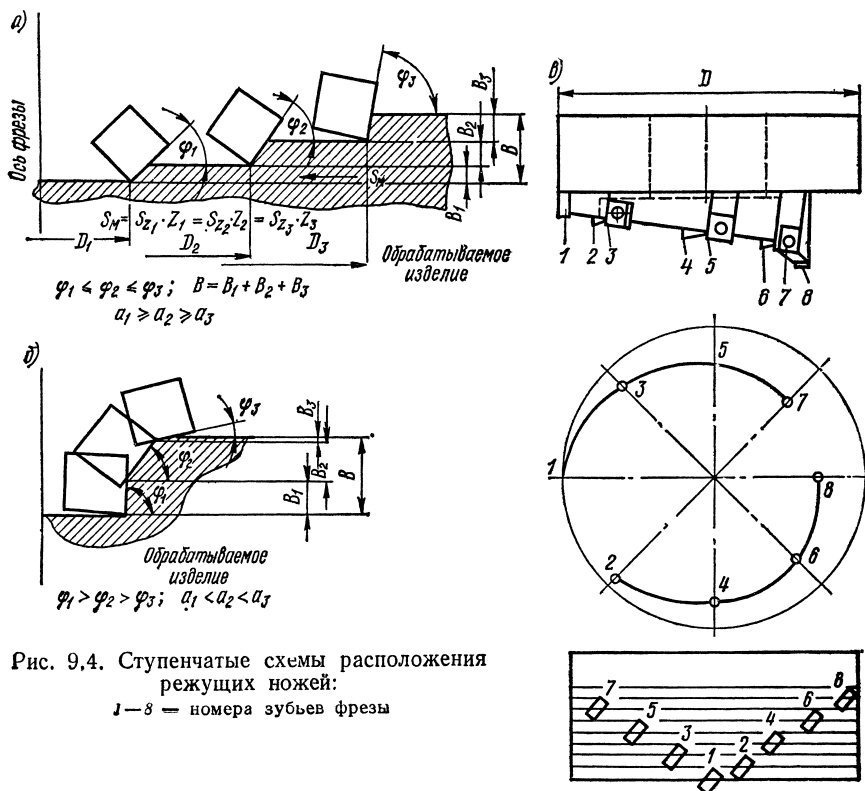


Рис. 9.4. Ступенчатые схемы расположения режущих ножей:

1—8 — номера зубьев фрезы

К многоступенчатым схемам обработки относятся схемы с расположением ножей по винтовой линии (рис. 9.4, в), когда каждый нож расположен на определенных радиусе и высоте, отличных от других ножей.

Стойкость фрез, качество обработанной поверхности во многом определяется точностью взаимного расположения ножей (пластин).

Для обеспечения регулирования положения ножей (пластин) в осевом и радиальном направлениях в конструкцию фрез иногда вводятся соответствующие регулировочные элементы, позволяющие обеспечить взаимное расположение ножей с точностью до 0,001 мм. Такие требования по точности предъявляются к фрезам

для чистовой обработки, в особенности оснащенных сверхтвердыми материалами. Эти фрезы, обеспечивающие съем до 0,4—0,5 мм на одну ступень (при многоступенчатой схеме обработки съем соответственно увеличивается) позволяют получать поверхность с параметром шероховатости $R_a \leq 0,63$ мкм и допускаемым отклонением от плоскостности не более 0,01 мм на 1 м длины. Стойкость ножей фрез при этом достигает 200—300 мин.

9.3. Некоторые конструкции специальных фрез

Фрезы концевые, оснащенные твердосплавными сегментными пластинами для обработки вязких материалов (рис. 9.5), отличаются формой пластин и их расположением, что позволяет обрабатывать

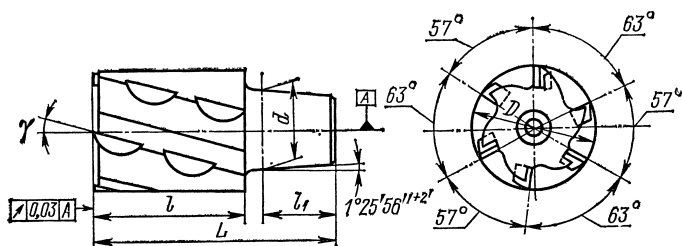


Рис. 9.5. Фреза концевая, оснащенная твердосплавными сегментными пластинами

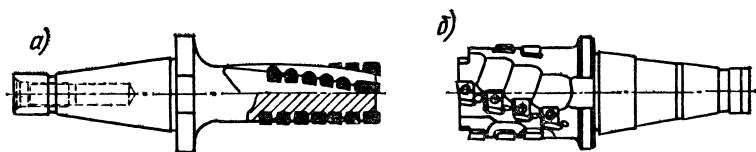


Рис. 9.6. Фрезы твердосплавные для обдирочных работ

гнезда под пластины даже на универсальном оборудовании. По сравнению с фрезами с напайными винтовыми твердосплавными пластинами они обеспечивают обработку поверхностей большей высоты, допускают большее число переточек, а по сравнению с зарубежными конструкциями более технологичны в изготовлении.

Фрезы концевые диаметром до 63 мм обдирочные с шахматным расположением напайных твердосплавных пластин (рис. 9.6, а) выпускаются рядом зарубежных фирм. Конструкция фрезы с тангенциальным расположением пластин, выпускаемой фирмой «Хертель» (Hertel, ФРГ), представлена на рис. 9.6, б.

Фрезы торцовые насадные с механическим креплением твердосплавных пластин в блоках представлены на рис. 9.7. Пластины 2 могут крепиться прямо к блоку 4, размещенному в пазах корпуса 1, винтом 3 (рис. 9.7, а). Фрезы с таким креплением пластин

отличаются универсальностью, так как позволяют на базе одного корпуса получать фрезы для различных работ путем замены блоков с пластинами одной формы на другую. Подобные фрезы выпускает фирма «Планзее» (Planzee, Австрия).

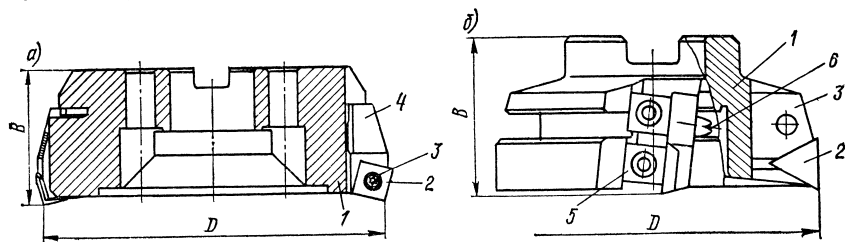


Рис. 9.7. Фрезы торцовые насадные, блочные

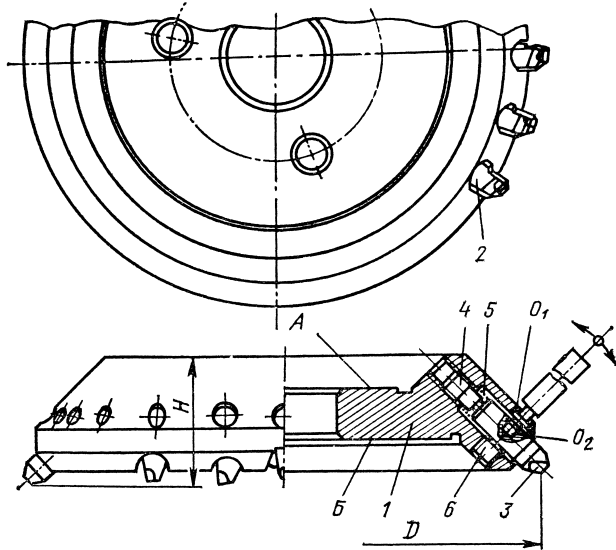


Рис. 9.8. Фреза насадная ступенчатая регулируемая со вставными ножами из сверхтвердых материалов (А, Б — опорные торцы; O_1 , O_2 — оси отверстий в корпусе и ноже):

1 — корпус; 2 — ножи; 3 — режущий элемент; 4 — упорный винт; 5 — пружина; 6 — крепежный винт

Крепление пластин 2, установленных в блоке 3, но закрепляемых клином 5 через корпус 1, показано на рис. 9.7, б. Эти фрезы отличаются наличием регулировки в осевом направлении блока 3 с помощью эксцентрика 6. Выпускаются по ОСТ 23.5.396—81.

Фрезы торцовые, оснащенные напайными ножами из сверхтвердых материалов (эльбора-Р, гексаниа-Р и др.), — регулируемые (рис. 9.8). Диаметр фрез 80—315 мм. Они отличаются материалом режущей части, наличием регулировки положения но-

жей цилиндрической формы вдоль их оси, обеспечивают возможность чистовой (взамен шлифования) обработки хрупких материалов (ножи, оснащаемые режущими элементами из кубического нитрида бора) или алюминия и сплавов на его основе (ножи, оснащенные алмазными поликристаллическими режущими элементами

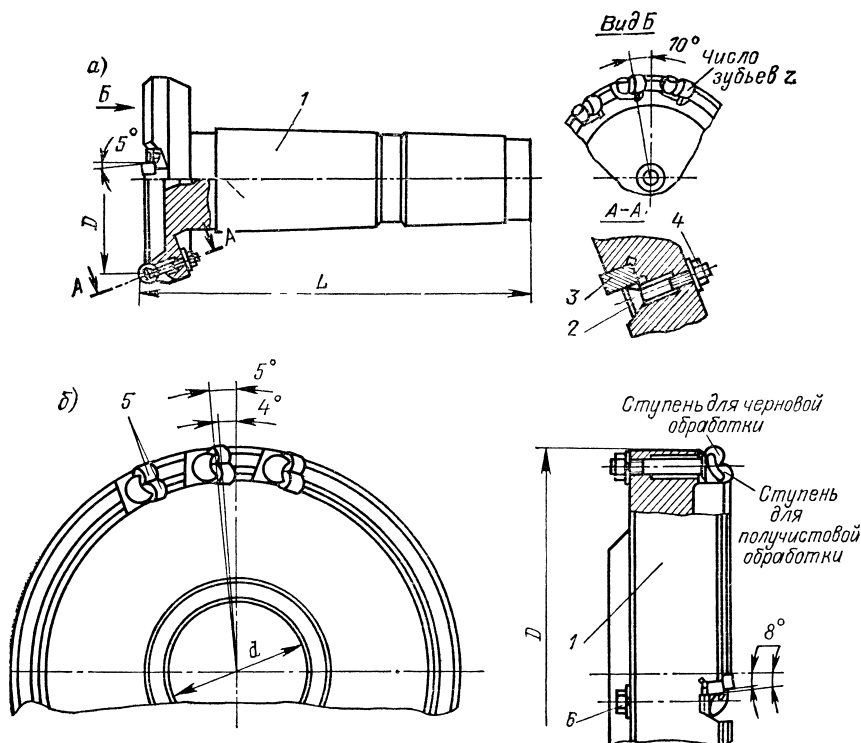


Рис. 9.9. Фрезы торцовые с механическим креплением круглых пластин из композита: а — концевая; б — насадная двухступенчатая:

1 — корпус; 2 — крепежный винт; 3 — режущая пластина; 4 — гайка; 5 — режущая пластина; 6 — узел крепления

типа карбонада и т. п.). При ступенчатом (до 6 ступеней) расположении ножей обеспечивается съем припуска до 2,5 мм, при однорядном расположении — до 0,5 мм.

Фрезы торцовые с механическим креплением круглых пластин из композита 05 (рис. 9.9, а, б) имеют диаметр от 40 до 400 мм (фрезы диаметром до 80 мм концевые, свыше 80 — насадные). Пластины высокой степени точности диаметром 7,0 мм высотой 4,76 мм. Имеют одно- или двухрядное расположение. Припуск, снимаемый фрезами с однорядным расположением пластин, — до 2,5 мм, с двухрядным — до 5 мм.

Разновидности фрез с механическим креплением прецизионных круглых пластин из композита были приведены в табл. 9.6.

Фрезы торцовые насадные с регулируемым расположением ножей фирмы «Планзее» (Австрия) оснащены механически закрепляемыми пластинами из амборита, алмаза поликристаллического (рис. 9.10). Наличие конструктивных элементов, регулирующих положение ножей вдоль оси фрезы, позволяет при чистовой обработке за счет снижения торцового биения ножей повысить качество обработанной поверхности.

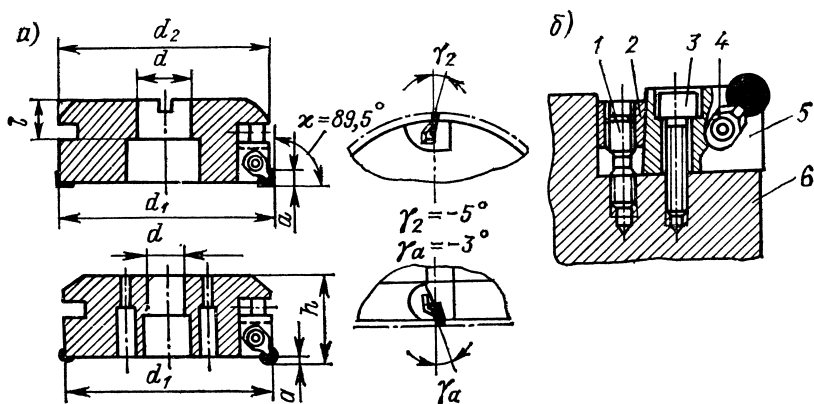


Рис. 9.10. Фреза торцовая насадная, регулируемая фирмы «Планзее» (Австрия): 1 — дифференциальный винт; 2 — клин; 3 — винт; 4 — прихват; 5 — пластина; 6 — корпус

9.4. Геометрические параметры режущей части фрез

Геометрические параметры фрез приведены на рис. 9.11 и в табл. 9.8—9.11.

Угол наклона режущих кромок λ у цилиндрических и концевых фрез совпадает с углом ω . Для торцовых фрез значения λ определяют в зависимости от условий обработки. При $\lambda > 0$ первыми вступают в работу участки режущей кромки, удаленные от вершины. При $\lambda < 0$ первыми вступают в работу и заканчивают ее участки в зоне вершины. Это используется иногда при работе «по корке», вершина ножа в этом случае начинает обработку материала за пределами «корки» в глубине припуска, что повышает стойкость фрезы.

Рекомендуемые значения λ для несимметричного 5° и $(+10)^\circ$ — $(+15)^\circ$ для симметричного фрезерования 10° — 15° . Главный угол в плане ϕ принимается равным 30° , 45° , 60° , 75° или 90° (стандартный ряд).

Для некоторых условий обработки (особенно во фрезах с механическим креплением режущих элементов) угол ϕ может принимать значения 35° , 42° , 57° , 87° , 88° (у торцовых фрез).

При наличии переходных режущих кромок их наклон под углом ϕ_0 в 2 раза меньше угла ϕ . Длина переходной режущей

кромки у концевых фрез ($\varphi = 90^\circ$, $\varphi_0 = 45^\circ$) 0,3—1,5 мм (0,3 мм — у фрез шпоночных, диаметром до 6—10 мм, у фрез Т-образных диаметром до 20 мм).

Вспомогательный угол в плане φ_1 для стандартных фрез концевых с торцовыми зубьями — 0—6° (0 — у шпоночных фрез, оснащенных твердым сплавом), торцовых — $\geq 10^\circ$. У фрез, предназначенных для обработки мерных пазов, $\varphi_1 = \arctg (\Delta B/h_1)$,

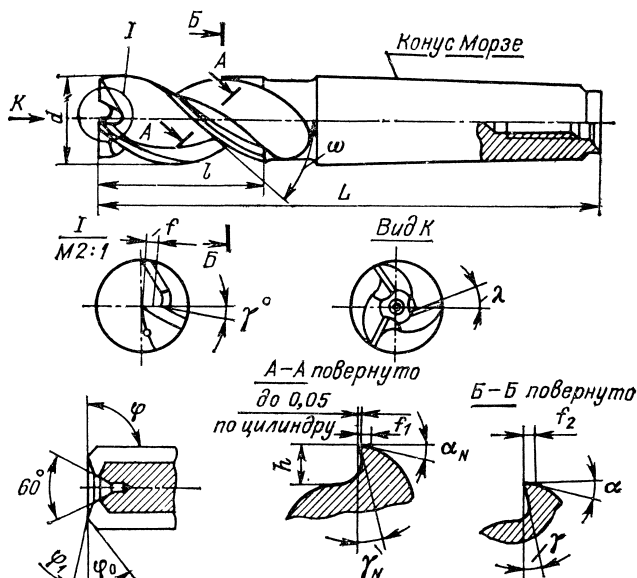


Рис. 9.11. Геометрические параметры фрез

9.8. Значения переднего угла γ , °, для фрез из быстрорежущих сталей

Обрабатываемый материал	Тип фрезы			
	Концевые, торцовые, цилиндрические, дисковые	Дисковые пазовые	Фасонные и угловые	
			черновые	чистовые
Сталь:				
<600	20	5—10	5	10
600—1000	15	5—10	5	5
>1000	10	5—10	10	—
Чугун:				
<150 НВ	15	5—10	15	5
150—220 НВ	10	5—10	10	5
>220 НВ	5	5—10	10	5
Сплавы:				
медные	10	5—10	10	5
алюминиевые	25	25	—	—
жаропрочные	10—15	10—15	5	—
Пластмассы	6—10	8—10	—	—

где ΔB — уменьшение ширины фрезы B (допустимое); h_1 — величина стачивания по диаметру.

Точность взаимного расположения зубьев определяется их радиальным и торцовым биением. У стандартных фрез регламентируются допуск радиального биения двух смежных ($\delta_{см}$) и двух противоположных ($\delta_{п}$) зубьев и допуск торцового биения.

Для цельных фрез $\delta_{см} = 0,02 \div 0,06$ мм; для сборных $\delta_{см} = 0,05 \div 0,15$ мм; $\delta_{п} = 0,04 \div 0,06$ — для цельных и $\delta_{п} \leq 0,1$ мм — для сборных фрез.

Допуск торцового биения для цельных фрез — 0,02—0,04 мм, для сборных—0,05—0,1 мм. У фрез, оснащенных сверхтвердыми материалами и минералокерамикой, требования к допустимому биению ужесточаются и достигают 0,005 мм по торцовому и 0,01 мм по радиальному биениям.

9.9. Значения задних углов α и α_1 , °, фрез из быстрорежущих сталей

Тип фрезы	α	α_1
Концевые	14	8
Торцовые и цилиндрические:		
цельные	16	8
со вставными ножами	12	8
Дисковые дву- и трехсторон-		
ние:		
цельные	20	6
со вставными ножами	16	6
Фасонные и угловые незаты-	16	8
лованные		
Фасонные с затылованным	12	—
зубом		

9.10. Рекомендуемые значения геометрических параметров фрез, оснащенных пластинками твердого сплава

Обрабатываемый материал	Угол, °						
	γ	α ($s \approx 0,25$ мм/зуб)	α ($s \approx 0,25$ мм/зуб)	φ	φ_0	φ_1	λ
Сталь с σ_B , МПа: < 800	—5 +5	12—16	6—8	15—60	0,5φ	5	12—15
Св. 800	—10	12—16	6—8	15—60	0,5φ	5	12—15
Чугун:							
серый > 200 НВ	5	12—15	6—8	15—60	0,5φ	5	12—15
ковкий	7	6—8	6—8	60	0,5φ		12—15
Сплавы жаропроч-	8	10	10	30—60		10	0
ные и коррозионно-							
стойкие							

Примечания: 1. r — радиус при вершине, мм. 2. Малые (15—30°) углы в плане следует применять при обработке на жестких станках.

9.11. Рекомендуемые значения углов γ_p , γ_o , ϕ торцовых фрез, оснащенных многогранными пластинами

Вид фрезы	Угол, °		
	γ_p	γ_o	ϕ
С отрицательными передними углами	0—(—14)	(—6)—(—11)	45—90
С положительными передними углами	0—16	2—16	42—90
Для обработки алюминия и алюминиевых сплавов	10—15	15—18	45—90
С отрицательными радиальными и положительными осевыми передними углами	0—(—20)	2—20	42—90

Ошибка торцового (вдоль оси) расположения зубьев торцовых фрез влияет на качество обработанной поверхности, а ошибка в радиальном расположении торцовых фрез — на стойкость.

Параметр шероховатости передних и задних поверхностей быстрорежущих фрез $R_a \leq 0,63$ мкм, твердосплавных и фрез из сверхтвердых материалов $R_a \leq 0,32$ мкм.

9.5. Режимы резания, силы и мощность при фрезеровании

Процесс фрезерования характеризуется переменной толщиной срезаемого слоя (рис. 9.12, а, б), ударными нагрузками, возникающими при врезании зубьев.

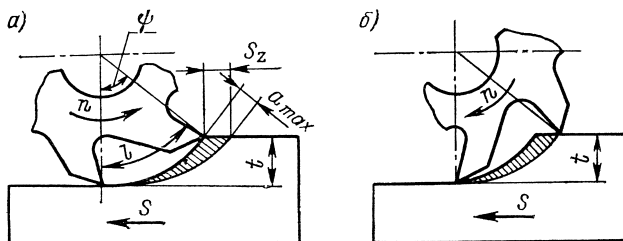


Рис. 9.12. Схемы фрезерования: а — против подачи; б — попутное

Схемы фрезерования: встречная (рис. 9.12, а) когда вращение зубьев направлено против направления подачи; попутная (рис. 9.12, б), когда направление вращения совпадает с направлением подачи. Толщина срезаемого слоя по второй схеме изменяется от максимальной до 0, по первой — от 0 до максимальной

**9.12. Ориентировочные режимы обработки
цельными фрезами различных материалов**

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин					
	Материал режущей части					
	Быстрорежущая сталь			Твердый сплав		
	$R_a = 25$ мкм	$R_a = 12,5$ мкм	$R_a = 6,3 - 3,2$ мкм	$R_a = 2,5$ мкм	$R_a = 12,5$ мкм	$R_a = 6,3 - 3,2$ мкм
Сталь с $\sigma_B = 600$ МПа	16	20	25	100	120	150
Стальное литье с $\sigma_B \leq 800$ МПа	10	12	18	50	63	100
Сталь с $\sigma_B \leq 1100$ МПа	8	10	16	40	50	63
Серый чугун: ≤ 180 НВ ≥ 180 НВ	16	20	25	50	80	100
Бронза, латунь	40	50	63	100	120	160
Алюминий	120	180	250	300	400	500
Алюминиевые легированные сплавы	80	120	160	160	200	300
Цинковые сплавы	60	80	120	100	160	200
Обрабатываемый материал	s_z , мм/зуб					
	Вид фрезы					
	Торцово-цилиндрические	Дисковые	Концевые $d = 10 \div 40$ мм	Фасонные затылованные		
Сталь с $\sigma_B = 600$ МПа	0,1—0,2	0,06—0,08	0,016—0,08	0,04—0,06		
Стальное литье с $\sigma_B \leq 800$ МПа	0,08—0,16	0,05—0,06	0,012—0,06	0,03—0,05		
Сталь с $\sigma_B \leq 1100$ МПа	0,05—0,1	0,04—0,05	0,01—0,04	0,02—0,04		
Серый чугун: ≤ 180 НВ ≥ 180 НВ	0,16—0,25	0,07—0,1	0,02—0,1	0,05—0,08		
Бронза, латунь	0,2—0,3	0,07—0,09	0,016—0,07	0,04—0,08		
Алюминий	0,16—0,2	0,06—0,08	0,018—0,09	0,04—0,07		
Алюминиевые легированные сплавы	0,1—0,16	0,05—0,06	0,016—0,08	0,03—0,06		
Цинковые сплавы	0,2—0,3	0,06—0,08	0,016—0,08	0,04—0,08		

9.13. Скорость резания при работе торцовыми фрезами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин

Обрабатываемый материал	Твердость НВ	Материал инструмента												
		Т15К6			Т14К8			Т5К10			ВК8			
		s_z , мм/зуб												
		0,2	0,1	0,05	0,25	0,1	0,05	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	
Углеродистая сталь с мас- совой долей углерода, %: 0,15 0,35 0,70	125 150 250	160 120 100	220 150 130	300 210 160	140 100 60	200 150 110	250 190 150	100 90 70	140 120 100	180 150 120	— — —	— — —	— — —	
Легированная сталь	150—200 200—250 250—300 300—400	120 — — —	150 120 100 90	180 160 140 120	110 — — —	130 110 90 80	160 150 130 110	80 70 60 50	110 90 80 65	130 110 100 80	— — — —	— — — —	— — — —	
	Стальное литье: нелегированное низколегированное высоколегированное	150 150—200 160—200	— — —	140 100 —	180 140 —	110 90 —	140 110 —	160 140 —	80 60 50	100 80 60	120 100 80	— — —	— — —	— — —
	Коррозионно-стойкая сталь: ферритная, мартенсит- ная аустенитная	120—220 150—180	— —	140 —	180 —	120 —	130 —	150 —	100 80	130 100	160 120	60 50	80 70	100 90
	Ковкий чугун: стружка надлома сливная стружка	110—145 220—250	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	60 50	80 60	100 70
Серый чугун: низкопрочный высокопрочный	180 250	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	60 50	90 70	120 90	

**9.14. Режимы резания при работе торцовыми фрезами,
оснащенными напайными ножами из эльбора Р
и других сверхтвердых материалов**

Обрабатываемый материал	Режимы резания	
	v , м/мин	s_z , мм/зуб
Углеродистая и легированная сталь: 35—50 HRC ₉	120—180	0,02—0,04
>50 HRC ₉	80—120	0,01—0,04
Серый чугун	400—500	0,04—0,08
Отбеленный чугун	200—300	0,02—0,04

Примечание. Глубина фрезерования — 0,5 мм, ширина фрезерования — $(0,4 \div 0,8) D$ (D — диаметр фрезы).

(толщины среза, равной 0, при попутном фрезеровании необходимо избегать, наименьшая толщина среза при врезании должна быть больше радиуса скругления режущих кромок, т. е. более 12—50 мкм). В работе обычно участвует несколько зубьев, что влияет на силы и мощность при резании.

При фрезеровании цилиндрическими фрезами толщина срезаемого слоя, мм, равна $a_{\max} = 2s_z \sqrt{t/D - t^2/D^2}$; наибольшая площадь среза $f = Ba_{\max}$; средняя толщина среза $a_{\text{ср}} = s_z \sqrt{t/D}$; средняя площадь среза каждым зубом $f_{\text{ср}} = Ba_{\text{ср}}$.

В общем случае с учетом одновременной работы нескольких зубьев средняя площадь срезаемого слоя, мм²

$$f_{\text{ср}} = \frac{Bts_z z}{\pi d}.$$

Режимы фрезерования, силы резания и мощность определяются по нормативам [192—195].

Ориентировочные значения режимов резания можно выбирать из условий: глубина резания (t — при цилиндрическом или B при торцовом фрезеровании) определяется максимально возможной. Подача на зуб s_z , мм/зуб, определяется материалом режущей части, условиями обработки. При черновом фрезеровании — прочностью зуба (табл. 9.12), а при чистовом фрезеровании — требованиями к качеству обработанной поверхности:

$$s_z = \frac{C_s H_{\text{ск}}^x D^{z_s}}{t_s^y},$$

где $H_{\text{ск}}$ — среднеквадратическая высота микронеровностей.

При торцовом фрезеровании конструкционных сталей $x_s = 1,25$ (y_s и $z_s = 0$).

9.15. Ориентировочные режимы обработки фрезами со вставными ножами

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин	Подача s_z , мм/зуб
Сталь с $\sigma_B \leq 600$ МПа	90—120—160	0,1—0,16—0,28
Стальное литье $\sigma_B \leq 800$ МПа	80—100—140	0,1—0,16—0,25
Сталь $\sigma_B \leq 1100$ МПа	70—90—120	0,1—0,16—0,2
Серый чугун:		
≤ 180 НВ	50—63—80	0,16—0,2—0,36
> 180 НВ	40—50—63	0,1—0,16—0,25
Алюминий	500—630—800	0,08—0,16—0,2
Алюминиевые легированные сплавы	300—360—400	0,1—0,2—0,25
Цинковые сплавы	80—120—160	0,1—0,12—0,16

При фрезеровании стали 45 $x_s = 0,83$; $y_s = 0,07$; $z_s = 0,64$.
Режимы резания фрезами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин приведены в табл. 9.13,

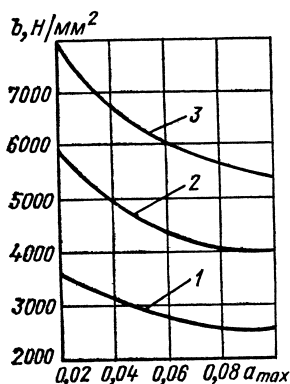


Рис. 9.13. Зависимость удельной силы резания от твердости обрабатываемого материала и толщины срезаемого слоя при работе торцовыми фрезами, оснащенными неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава:

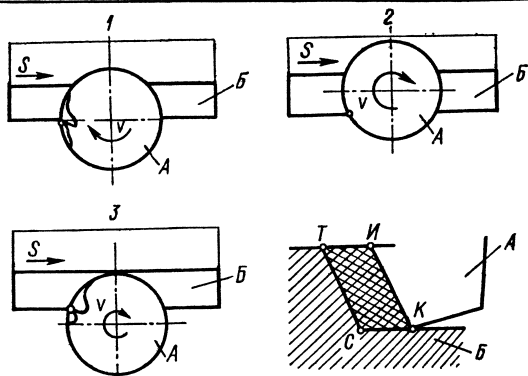
1 — сталь твердостью ≤ 150 НВ; 2 — сталь твердостью < 220 НВ; 3 — сталь твердостью > 220 НВ

фрезами торцовыми, оснащенными напайными ножами из эльбора-Р (тексанита-Р) — в табл. 9.14, цельными фрезами и фрезами со вставными ножами — в табл. 9.15.

Рациональные значения стойкости фрез, мин, $T = (1 \div 3) D$, где D — диаметр фрезы, мм (наибольшие значения для фрез минимального диаметра).

Характер фрезерования торцовыми фрезами во многом зависит от правильного расположения фрезы A и обрабатываемой заготовки B . При этом в зависимости от переднего угла зубьев γ_p

9.16. Участки контакта режущих кромок торцовых фрез при их врезании



Номер сочетания	Знак переднего угла		Номер схемы фрезерования	Вид контакта		
	γ_p	γ_o		в точке	по линии	по плоскости
I	0	0	1	—	—	ТСКИ
			2	—	КИ	—
			3	—	СТ	—
II	+	+	1	С	—	—
			2	С (К)	(СК)	—
			3	С	—	—
III	—	+	1	К	—	—
			2	К	—	—
			3	К (С)	(СК)	—
IV	+	—	1	Т	—	—
			2	Т (И)	(ТИ)	—
			3	Т	—	—
V	—	—	1	И	—	—
			2	И	—	—
			3	И (Т)	(ИТ)	—

Примечание. В скобках приведен вид контакта, который может быть получен при определенном сочетании величин γ_p и γ_o .

9.17. Значения удельного объема снятого металла q_N при работе цилиндрическими, дисковыми и концевыми сборными фрезами [73]

Обрабатываемый материал	$t=0,02 \div 0,03$ мм			$t=0,05 \div 0,07$ мм			$t=0,12 \div 0,15$ мм		
	s_z , мм/зуб								
	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2
Конструкционная сталь	6	7	8,5	7	8,5	11	8	9,5	12
Легированная сталь:									
отожженная	4,5	5,5	6,5	5,5	6,5	8	6	7	9
улучшенная	3	3,8	4,5	3,8	4,5	5,5	4	4,8	6
Чугун средней твер- дости	10,5	12,5	15	12,5	15	18	13,5	16,5	20
Медь, бронза, цинк	14,5	17,5	21	17,5	21	25	19	23	28
Легкие сплавы	28	34	38	34	38	45	36	42	50

9.18. Значения удельного объема снятого металла q_N при работе сборными торцовыми фрезами [73]

Обрабатываемый материал	Фрезерование					
	симметричное			несимметричное		
	s_z , мм/зуб					
	0 1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
Конструкционная сталь	9,5	11,5	13,5	8,5	10	12
Легированная сталь:						
отожженная	7,5	9,5	11,5	6,5	8	10
улучшенная	5	6,5	8	4,5	6	7,5
Чугун	18,5	22,5	26,5	16,5	20	24
Легкие сплавы	45	52	60	40	48	50

Пр и м е ч а н и е. Значения q_N определены при фрезеровании с $t = 0,5D$ и фрезой с углом $\varphi = 60^\circ$. Для фрез с углом $\varphi = 90^\circ$ табличные значения необходимо увеличить на 5 %, с углом $\varphi = 30^\circ$ — снизить на 15 %.

9.19. Возможные неполадки при работе твердосплавными фрезами и меры по их устранению

Рекомендуемые меры	Возможные неполадки							
	Интенсивный износ по задней грани	Интенсивный износ по лунке	Зазубривание режущих кромок	Поломка режущей части	Налипание стружки	Вибрации	Ухудшение качества поверхности	Пакетирование стружки
Увеличить скорость резания			+		+		+	
Уменьшить скорость резания	+	+						

Рекомендуемые меры	Возможные неполадки							
	Интенсивный износ по задней грани	Интенсивный износ по лунке	Заусушивание режущих кромок	Поломка режущей части	Налипание стружки	Вибрации	Ухудшение качества поверхности	Пакетирование стружки
Увеличить подачу	+				+			
Уменьшить подачу		+		+		+	+	
Выбрать марку сплава с более высокой твердостью	+	+			+			
Выбрать более прочную марку сплава			+	+				
Уменьшить число зубьев								+
Уменьшить биение зубьев				+			+	
Увеличить пространство для стружки				+				+
Пересмотреть передние углы		+	+		+	+		
Довести или переточить лезвие под требуемый угол	+		+	+				
Повысить жесткость оснастки станка и фрезы			+	+		+		

и γ_0 (радиального и осевого) изменяется положение точек контакта зубьев фрезы с заготовкой (табл. 9.16).

Окружная сила резания, Н, равна $P_z = \rho f_{\text{ср}}$, где ρ — удельная сила резания, МПа, см. рис. 9.13.

Эффективная мощность, кВт, равна $N_s = P_z v / (1020 \cdot 60)$ или $N_s = t B s_{\text{min}} / 1000 q_N$, где q_N — удельный объем снятого металла (табл. 9.17, 9.18).

Стойкость и силы резания зависят также от условий обработки. В табл. 9.19 приведены рекомендации по устранению преждевременного выхода из строя режущих кромок фрез.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Обработка отверстий включает в себя: сверление отверстий сверлами различных типов; рассверливание отверстий сверлами, зенкерами, расточными резцами; обработку отверстий под различного рода соединения зенкерами, развертками, расточными резцами, шлифовальными кругами. Экономическая точность и достигаемый параметр шероховатости отверстий, обработанных различными видами осевого инструмента, приведены в гл. 3.

10.1. Конструкция, типы, размеры сверл спиральных

Обозначения сверл по ОКП приведены в табл. 10.1.

Спиральное сверло (рис. 10.1), входящее в большинство видов сверл классификатора, состоит из рабочей части 1 и хвостовика 2, который может быть цилиндрическим (с поводком или без поводка) или коническим. На хвостовике вблизи рабочей части имеется шейка 3. Режущая часть 4 сверла имеет две главные 5, две вспомогательные 6 и одну поперечную 7 режущие кромки.

Главные режущие кромки наклонены к оси сверла и образуют между собой угол в плане 2φ. Отвод стружки осуществляется по винтовому (спиральному) стружечным канавкам 8, разделенным сердцевинной 9. На каждом пере 10 сверла имеется ленточка 11, участок которой длиной s_0/z выполняет функции вспомогательных режущих кромок. Ленточка служит также для направления сверла во время работы. Передние поверхности сверла 12 — участки канавок, прилегающие к режущим кромкам, а осевые передние углы равны углам наклона канавок в данной точке. Задние поверхности 13 образуются заточкой, обеспечивают требуемые значения задних углов α и спад затылка и могут быть плоскими, коническими, цилиндрическими, винтовыми.

Задние поверхности перьев, пересекаясь между собой, определяют форму и размеры поперечной режущей кромки и угол ψ ее наклона к режущим кромкам.

Главные режущие кромки сверла должны быть прямолинейными. Это условие обеспечивается за счет придания канавкам на участке, являющемся передней гранью, определенного профиля (этот способ используют на большинстве стандартных быстроре-

10.1. Обозначение сверл по ОКП

Группа 1200 Сверла	
Подгруппа	Вид
1210 — сверла из быстрорежущей стали спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком	1211 — короткой серии правые 1212 — короткой серии левые 1213 — средней серии правые 1214 — средней серии левые 1215 — длинной серии 1216 — утолщенные (малоразмерные)
1220 — то же с коническим хвостовиком	1221 — нормальной длины 1222 — длинные и удлиненные
1230 — сверла из быстрорежущей стали спиральные для определенных материалов	1231 — для легких сплавов с цилиндрическим хвостовиком 1232 — для легких сплавов с коническим хвостовиком 1233 — для труднообрабатываемых материалов с цилиндрическим хвостовиком 1234 — для труднообрабатываемых материалов с коническим хвостовиком 1235 — для чугуна
1240 — сверла из быстрорежущей стали комбинированные, центровочные, конические	1241 — комбинированные 1242 — центровочные 1243 — конические
1250 — сверла из быстрорежущей стали для глубоких отверстий	1251 — спиральные с отверстиями для охлаждения и патроны к ним 1252 — шнековые 1253 — кольцевые
1260 — сверла твердосплавные (кроме специальных)	1261 — спиральные с цилиндрическим хвостовиком укороченные 1262 — спиральные цельные с цилиндрическим хвостовиком короткой серии 1263 — спиральные цельные с цилиндрическим хвостовиком средней серии 1264 — спиральные цельные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком (малоразмерные) 1265 — спиральные цельные с коническим хвостовиком 1266 — спиральные с припаянными пластинками с цилиндрическим хвостовиком 1267 — спиральные с припаянными пластинками с коническим хвостовиком 1268 — центровочные и другие комбинированные цельные 1269 — для строительно-монтажных работ

Группа 1200. Сверла	
Подгруппа	Вид
1270 — сверла специальные	1271 — из быстрорежущей стали 1272 — твердосплавные
1290 — сверла из быстрорежущей стали для станков с ЧПУ и автоматических линий	1291 — спиральные с цилиндрическим хвостовиком укороченные (сверхкороткие) 1292 — спиральные с цилиндрическим хвостовиком короткой серии 1293 — спиральные с цилиндрическим хвостовиком средней серии 1294 — спиральные с коническим хвостовиком укороченные 1295 — спиральные с коническим хвостовиком короткой серии 1296 — ступенчатые, пластинчатые (перовые) и др.

жущих и цельнотвердосплавных сверл) либо за счет заточки сверла по передней и задней поверхностям. Профиль поперечного сечения спирального сверла стандартного типа приведен на рис. 10.2.

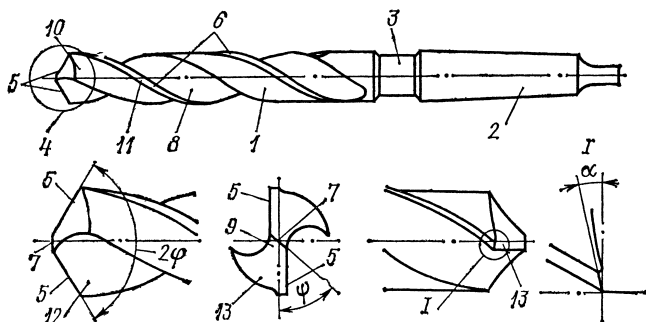


Рис. 10.1. Сверло спиральное

Передняя поверхность 1 представляет собой линейчатую винтовую поверхность, полученную в результате винтового перемещения с постоянным шагом режущей кромки 2, наклонной к оси сверла под углом ϕ по направляющему цилиндру диаметром K (диаметр сердцевины). Такая форма передней поверхности позволяет в любом сечении по длине рабочей части, выполненном под углом ϕ к оси сверла, гарантировать прямолинейность режущей кромки. Участок 3 нерабочей части канавки образован винтовым движением с тем же, что и рабочей части, шагом кривых 4. Профиль поперечного сечения сверл аппроксимируется радиусами R_h

и r_k . С целью снижения трения сверла о поверхность обрабатываемого отверстия диаметр рабочей части выполняют с обратной конусностью (уменьшением диаметра в направлении к хвостовику), равной 0,01 мм на всей длине рабочей части для сверл с $d = 0,1 \div 0,6$ мм; 0,005—0,015 — для сверл с $d = 0,6 \div 1$ мм; 0,03—0,08 мм на 100 мм длины рабочей части — для сверл с $d < 10$ мм; 0,04—0,1 мм — для сверл с $d = 10 \div 18$ мм; 0,05—0,12 мм для сверл с $d > 18$ мм. Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава, имеют обратную конусность на длине пластины, равную 0,03—0,05 мм — для сверл с $d = 5 \div 10$ мм и 0,05—0,08 мм — для сверл

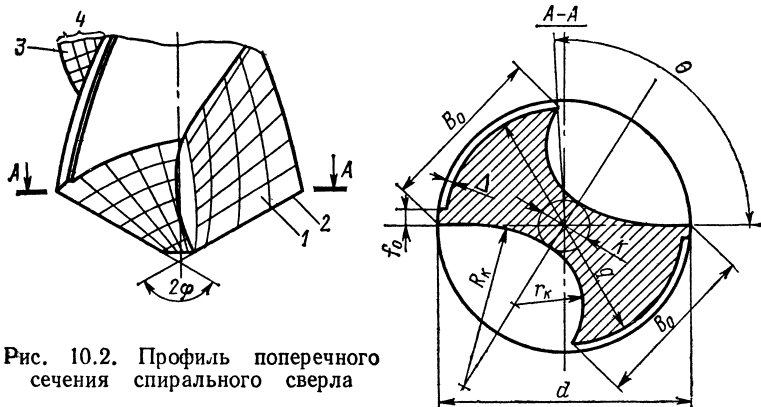


Рис. 10.2. Профиль поперечного сечения спирального сверла

с $d = 10 \div 30$ мм. Сверла цельнотвердосплавные имеют обратную конусность, равную 0,1—0,2 мм на 100 мм длины (для сверл с $d > 5$ мм).

Диаметр рабочей части (в сечении А—А) выбирается в соответствии с градацией, приведенной в табл. 10.2. Диаметр сердцевины стальных сверл $k = (0,2 \div 0,3) d$ при $d \leq 3$ мм; $k = (0,15 \div 0,2) d$ при $d = 3 \div 18$ мм и $k = (0,125 \div 0,2) d$ при $d > 18$ мм. Значение k обычно переменное и увеличивается по направлению к хвостовику на 1,4—1,7 мм на 100 мм длины с целью повышения прочности и жесткости сверла.

Для сверл с удлиненной, длинной и сверхдлинной рабочей частью увеличение значения k меньше. Известны также конструкции с постоянной величиной k или с изменяющейся по заданному закону.

Диаметр спинки $q = d - 2\Delta$, где Δ — высота ленточки, $\Delta = 0,2 \div 0,3$ мм для сверл с фрезерованным профилем или 0,1—0,15 мм для сверл с вышлифованным профилем; $R_k = (0,75 \div 0,9) d$; $r_k = (0,22 \div 0,28) d$; $\theta \approx 92^\circ$. Ширина пера, измеренная по нормали к перу, $B = B_0 / \cos \omega$, где B_0 — ширина пера в нормальном к оси сверла сечении определяется углом θ ; ω — угол наклона винтовой канавки. Ширина ленточки $f_{0 \max} = (0,32 \div 0,45) \sqrt{d}$.

10.2. Градация диаметров сверл по ГОСТ 885—77*
(соответствует СТ СЭВ 235/1—1975)

0,25	1,40	3,40	7,10	10,90	(15,40)	(23,90)	33,50	48,50
0,28	1,45	3,50	7,20	11,00	15,50	24,00	34,00	49,00
0,30	1,50	3,60	7,30	11,10	15,75	24,25	34,50	49,50
0,32	1,55	3,70	7,40	11,20	16,00	24,50	35,00	50,00
0,35	1,60	3,80	7,50	11,30	16,25	24,75	(35,25)	50,50
0,38	1,65	3,90	7,60	11,40	16,50	25,00	35,50	51,00
0,40	1,70	4,00	7,70	11,50	16,75	25,25	(35,75)	(51,50)
0,42	1,75	4,10	7,80	11,60	17,00	25,50	36,00	52,00
0,45	1,80	4,20	7,90	11,70	17,25	25,75	(36,25)	53,00
0,48	1,85	(4,25)	8,00	11,80	(17,40)	26,00	36,50	54,00
0,50	1,90	4,30	8,10	11,90	17,50	26,25	37,00	55,00
0,52	1,95	4,40	8,20	12,00	17,75	26,50	37,50	56,00
0,55	2,00	4,50	8,30	12,10	18,00	26,75	38,00	57,00
0,58	2,05	4,60	8,40	12,20	18,25	27,00	(38,25)	58,00
0,60	2,10	4,70	8,50	12,30	18,50	27,25	38,50	59,00
0,62	2,15	4,80	8,60	12,40	18,75	27,50	39,00	60,00
0,65	2,20	4,90	8,70	12,50	19,00	27,75	(39,25)	61,00
0,68	2,25	5,00	8,80	12,60	19,25	28,00	39,50	62,00
0,70	2,30	5,10	8,90	12,70	(19,40)	28,25	40,00	63,00
0,72	2,35	5,20	9,00	12,80	19,50	28,50	40,50	64,00
0,75	2,40	5,30	9,10	12,90	19,75	28,75	41,00	65,00
0,78	2,45	5,40	9,20	13,00	20,00	29,00	(41,25)	66,00
0,80	2,50	5,50	9,30	13,10	20,25	29,25	41,50	67,00
0,82	2,55	5,60	9,40	13,20	20,50	29,50	42,00	68,00
0,85	2,60	5,70	9,50	13,30	20,75	29,75	42,50	69,00
0,88	2,65	5,80	9,60	13,40	(20,90)	30,00	43,00	70,00
0,90	2,70	5,90	9,70	13,50	21,00	30,25	(43,25)	71,00
0,92	2,75	6,00	9,80	13,60	21,25	30,50	43,50	72,00
0,95	2,80	6,10	9,90	13,70	21,50	30,75	44,00	73,00
0,98	2,85	6,20	10,00	13,75	21,75	31,00	44,50	74,00
1,00	2,90	6,30	10,10	13,80	22,00	31,25	45,00	75,00
1,05	2,95	6,40	10,20	13,90	22,25	31,50	(45,25)	76,00
1,10	3,00	6,50	10,30	14,00	22,50	31,75	45,50	77,00
1,15	3,10	6,60	10,40	14,25	22,75	32,00	46,00	78,00
1,20	(3,15)	6,70	10,50	14,50	23,00	(32,25)	46,50	79,00
1,25	3,20	6,80	10,60	14,75	23,25	32,50	47,00	80,00
1,30	3,30	6,90	10,70	15,00	23,50	33,00	47,50	
1,35	(3,35)	7,00	10,80	15,25	23,75	33,25	48,00	

Примечание. Сверла, диаметры которых указаны в скобках, изготовляются по согласованию с потребителем.

По нормам DIN 1414 (ФРГ) диаметр сердцевины сверл k и ширина ленточки f_0 могут быть определены по графикам, приведенным на рис. 10.3, *а* и *б*.

Угол наклона канавок ω сверл диаметром до 10 мм — 25—28°; диаметром свыше 10 мм — 28—32°. У специальных сверл угол ω достигает 45°. По нормам ISO угол ω рекомендуется принимать равным 10—15° — для сверл типа Н, предназначенных для обработки хрупких материалов (чугуна, бронзы, латуни), 25—35° — для сверл типа N, предназначенных для обработки материалов, образующих элементную стружку, и 35—45° — для сверл типа W,

предназначенных для обработки алюминия, силумина и других вязких материалов.

Профиль сверл цельнотвердосплавных соответствует профилю стальных сверл и отличается большим диаметром сердцевины k , равным $(0,25 \div 0,5) d$.

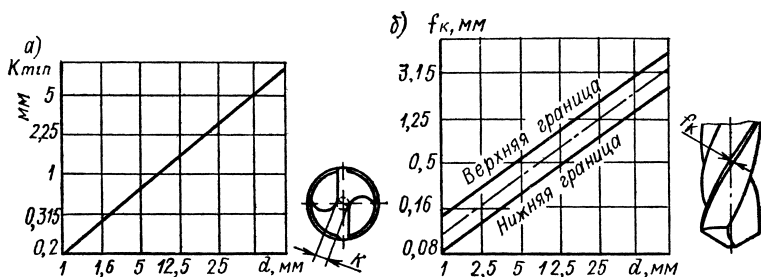


Рис. 10.3. Графики для определения размера сердцевины K (а) и ширины ленточки (б)

Профиль сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, на различных участках различен: в зоне режущей части он определяется формой пластины, за пределами режущей части обычно соответствует профилю стальных сверл, за исключением того, что иногда его выполняют без ленточки.

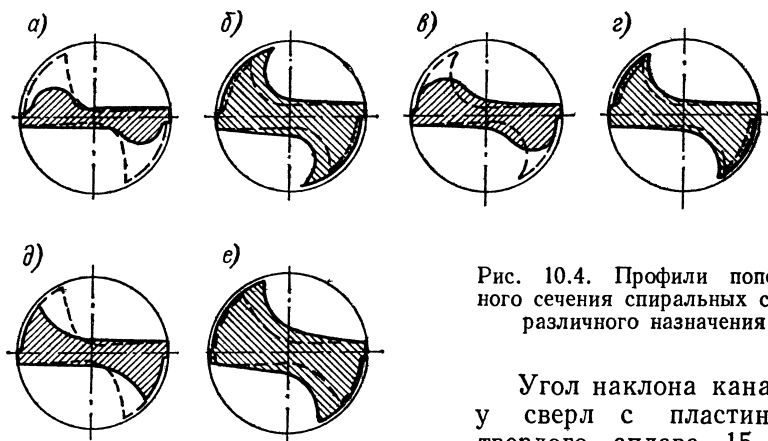


Рис. 10.4. Профили поперечного сечения спиральных сверл различного назначения

Угол наклона канавок у сверл с пластинами твердого сплава $15\text{--}20^\circ$ (пластины стандартные) или $20\text{--}25^\circ$ (пластины специальные).

Профили поперечного сечения спиральных сверл различного назначения приведены на рис. 10.4, а—е:

на рис. 10.4, а — профиль сверла для обработки вязких и пластичных материалов прочностью до 500 МПа, дающего сливную стружку, с увеличенным объемом стружечных канавок (по сравнению со стандартным, указанным штриховой линией) и диаметром сердцевины и меньшей шириной ленточки;

на рис. 10.4, б — профиль сверла для пластичных материалов повышенной прочности (до 1000 МПа — хромоникелевые сплавы, жаропрочные стали) с увеличенной шириной пера и сердцевины;

на рис. 10.4, в — профиль сверла для обработки вязких материалов ($\sigma_b = 500 \div 1000$ МПа — инструментальные, легированные и улучшенные стали) с увеличенным объемом пространства под стружку;

на рис. 10.4, г — профиль сверла для обработки материалов повышенной прочности ($\sigma_b = 800 \div 1200$ МПа — легированные углеродистые стали, цементуемые и улучшенные стали, материалы с повышенными физико-механическими свойствами);

на рис. 10.4, д — профиль сверла для хрупких материалов низкой прочности (латунь и ее сплавы) с увеличенным объемом стружечных канавок при минимальной толщине пера и сердцевины;

на рис. 10.4, е — профиль сверла для высокопрочных материалов ($\sigma_b \geq 1000$ МПа) с увеличенным диаметром сердцевины и увеличенной шириной пера.

Материал рабочей части стальных сверл — сталь 9ХС или быстрорежущая сталь. Рабочая часть быстрорежущих сверл с $d > 8$ мм (сверла с цилиндрическим хвостовиком) и $d \geq 6$ мм (сверла с коническим хвостовиком) должна быть приварена к хвостовику из сталей 45, 40Х. Сверла меньших размеров выполняют цельными.

Твердость рабочей части сверл из быстрорежущих сталей 59—62 HRC₂ (для $d \leq 0,7$ мм), 60—63 HRC₂ (для $d = 0,7 \div 1$ мм), 62—64 HRC₂ (для $d = 1 \div 5$ мм) и 62—65 HRC₂ (для $d \geq 5$ мм).

При изготовлении сверл из кобальтовых (кобальта $> 5\%$) и ванадиевых (ванадия $\geq 3\%$) быстрорежущих сталей твердость должна быть на 1—2 единицы HRC₂ выше, а твердость рабочей части сверл из стали 9ХС на 1—2 единицы HRC₂ ниже твердости сверл из быстрорежущей стали.

Твердость измеряется на длине, равной длине винтовой канавки, уменьшенной на $1,5d$ (у цельных сверл) или на длине, равной $2/3$ длины винтовой канавки (у сварных сверл).

Рабочая часть быстрорежущих сверл на длине стружечных канавок может быть цианирована, обработана в среде перегретого водяного пара или покрыта слоем нитрида титана (сверла по ТУ 2-035-813—31).

Материал режущей части твердосплавных сверл — твердые сплавы группы ВК (у сверл цельных и сверл с цельнотвердосплавной рабочей частью) или пластины твердого сплава группы ВК (у сверл, оснащаемых пластинами). Материал корпуса сверл с монолитной рабочей частью и сверл с пластинами — стали марок Р6М5, Р9, 9ХС, 40Х или 45Х. Корпуса сверл из быстрорежущей стали должны быть сварными (диаметры сварных сверл те же, что и быстрорежущих), хвостовик — из стали 45 или 40Х. Твердость корпуса из сталей 40Х и 45Х — 40—50 HRC₂, из стали 9ХС

10.3. Допуск симметричности сердцевины для сверл точного исполнения

Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм	Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм
Быстрорежущие	До 1	0,03	Оснащенные пластинами из твердого сплава	До 18	0,1
	1—2	0,04		18—30	0,25
	2—3	0,05			
	3—18	0,1	Цельные твердосплавные общего назначения	1—2	0,06
	18—30	0,15		2—3	0,08
	30—50	0,20		3—6	0,1
				6—12	0,15

10.4. Допуск радиального биения быстрорежущих сверл, мм

Диаметр сверла, мм	Для сверл с цилиндрическим хвостовиком				Для сверл с коническим хвостовиком	
	короткой серии		средней и длинной серий		точного исполнения	общего назначения
	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения	общего назначения		
3—10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12
Св. 10	0,06	0,08	0,08	0,12	0,12	0,16

и Р9 — 56—62 HRC₉. Твердость корпусов (на участке, равном длине пластины) за пластиной может быть на 10 единиц HRC₉ меньше.

Соединение корпуса с пластиной или монолитной рабочей частью осуществляется пайкой (припой Л68) или другими методами, обеспечивающими прочность соединения.

Точность изготовления быстрорежущих стандартных сверл определяется ГОСТ 2034—80*Е. Диаметр рабочей части выполняется с точностью h8 или h9 (сверла быстрорежущие классов А и А1 или В и В1 соответственно); цилиндрический хвостовик — с точностью h9. Допуск конусов Морзе по ГОСТ 2848—75 — АТ7 (для

10.5. Допуск осевого биения режущих кромок сверл

Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм
Быстрорежущие	До 6	0,05/0,12
	6—10 Св. 10	0,10/0,18 0,20/0,30
Оснащенные пластинами из твердого сплава	5—10	0,06/0,12
	Св. 10	0,08/0,15
Цельные твердосплавные	1—3	0,02/0,04
	3—12	0,04/0,06
Примечание. В числителе дан допуск осевого биения для сверл точного исполнения, в знаменателе — для сверл общего назначения.		

классов точности сверл А и А1) и АТ8 (для классов В1 и В). Допуски симметричности сердцевины, радиального и осевого биений сверл из быстрорежущей стали приведены в табл. 10.3—10.5.

У сверл с $d < 3$ мм короткой и средней серий и $d < 4$ мм длинной серии вместо допуска радиального биения проверяется допуск прямолинейности, равный соответственно: 0,03; 0,04 и 0,06 мм.

Допуск симметричности поперечной режущей кромки сверл диаметром до 6 мм не более 0,04 мм — для класса точности А1; 0,05 мм — для класса точности А и 0,10 мм — для класса В1.

Данные, характеризующие точность исполнения сверл твердосплавных, приведены в табл. 10.6, 10.7.

Основные типы и размеры стандартных спиральных сверл. Основные типы и размеры выпускаемых промышленностью спиральных сверл приведены в табл. 10.8, а основные размеры сверл с цилиндрическим хвостовиком — в табл. 10.9 (1-й ряд — ГОСТ 4010—77*, 2-й ряд — ГОСТ 10902—77* и 3-й ряд — ГОСТ 886—77*) и с нормальным и усиленным коническим хвостовиком (ГОСТ 10903—77) — в табл. 10.10.

Габаритные размеры сверл удлиненных по ГОСТ 2092—77* отличаются большей в 1,3—1,6 раза общей длиной и большей в 1,6—2,5 раза длиной рабочей части по сравнению со сверлами по ГОСТ 10903—77, а также отсутствием сверл с усиленным хвостовиком и $d = 6,0 \div 30,0$ мм, $L = 225 \div 395$ мм; $l = 145 \div 275$ мм.

Габаритные размеры сверл длинных даны в ГОСТ 12121—77*. Общая длина в 1,1—1,2 раза больше длины сверл по ГОСТ 10903—77, длина рабочей части в 1,3—1,4 раза больше, $d = 6 \div 30$ мм; $L = 160 \div 350$ мм; $l = 80 \div 230$ мм.

Длинные сверла применяются, как правило, для работы с использованием кондукторов, сверла средней серии — для работы на станках общего назначения, сверла короткой серии — для сверления отверстий на автоматах, станках с ЧПУ, автоматических линиях без предварительной зацентровки отверстий.

Основные размеры сверл по ГОСТ 22735—77* нормальной длины соответствуют размерам сверл, приведенным в табл. 10.9 (2-й ряд), у сверл укороченных рабочая часть (и соответственно общая длина) в 1,5 раза короче.

Основные размеры сверл по ГОСТ 22736—77* нормальной длины соответствуют размерам сверл, приведенным в табл. 10.10, с нормальным хвостовиком, а там, где это оговорено — с усиленным хвостовиком; у сверл укороченных рабочая часть (и соответственно общая длина) короче.

Сверла спиральные быстрорежущие для обработки труднообрабатываемых материалов и легких сплавов. В эту группу входят сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 20695—75*) с размерами: $d = 3,0 \div 10,0$ мм; $L = 60 \div 135$ мм; $l = 32 \div 90$ мм.

**10.6. Точность исполнения сверл по ГОСТ 17273—71*, ГОСТ 17274—71*,
ГОСТ 17275—71* (технические требования по ГОСТ 17277—71)**

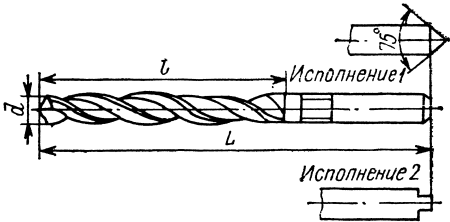
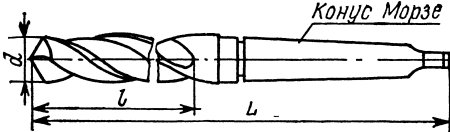
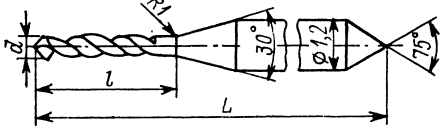
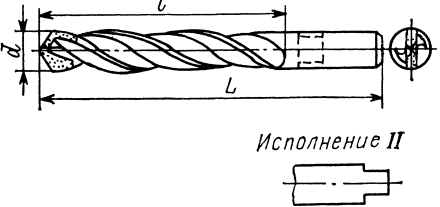
Диаметр, мм	Класс точности	Допуск осевого биения, мм	Допуск радиального биения, мм	Допуск симметричности сердцевины, мм
От 1 до 2	А (повышенный)	0,02	0,02	0,02
Св. 2 до 3				0,03
3—4		0,03	0,03	0,03
6—12				0,05
От 1 до 2	В1 (нормальный)	0,04	0,04	0,06
Св. 2 до 3				0,08
3—6		0,06	0,06	0,10
6—12				0,15

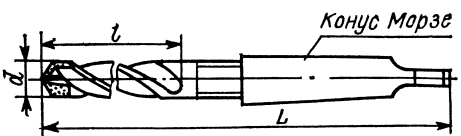
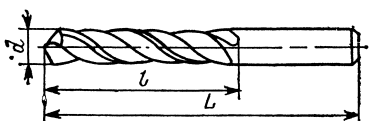
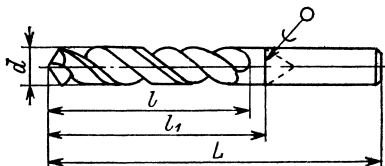
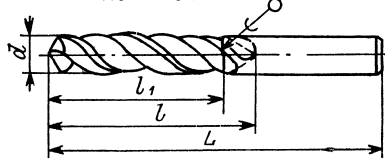
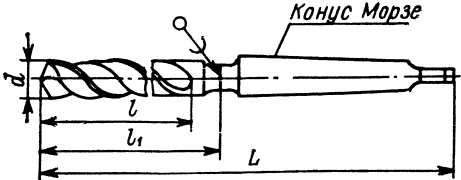
**10.7. Точность исполнения сверл по ГОСТ 22735—77*, ГОСТ 22736—77*
и ТУ 2-035-636—78**

Диаметр, мм	Класс точности	Допуск осевого биения, мм	Допуск радиального биения, мм
До 10 Св. 10	А (повышенный)	0,06 0,08	0,06/0,1 0,08/0,12
До 10 Св. 10	В1 (нормальный)	0,10 0,12	0,07 0,10
До 10 Св. 10	В (нормальный)	0,12 0,16	0,08/0,12 0,12/0,16

Примечание. В знаменателе указаны допуски радиального биения сверл с коническими хвостовиками, если они отличаются от допусков на биение сверл с цилиндрическими хвостовиками

10.8. Основные типы и размеры спиральных сверл, мм

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком Короткая серия (ГОСТ 4010—77*) — $d = 1,0 \div 20$; $L = 32 \div 130$; $l = 6 \div 65$; средняя серия (ГОСТ 10902—77*) — $d = 0,25 \div 2,0$; $L = 20 \div 205$; $l = 3 \div 140$; длинная серия (ГОСТ 886—77*) — $d = 1,95 \div 20$; $L = 85 \div 255$; $l = 55 \div 165$; сверла спиральные с коротким цилиндрическим хвостовиком, длинная серия (ГОСТ 12122—77*) — $d = 1,0 \div 9,5$; $L = 48 \div 155$; $l = 25 \div 110$	
Сверла спиральные с коническим хвостовиком (ГОСТ 10903—77*) $d = 6 \div 80$; $L = 140 \div 515$; $l = 60 \div 260$; конус Морзе № 1—6; сверла удлиненные (ГОСТ 2092—77*) — $d = 6 \div 30$; $L = 225 \div 395$; $l = 145 \div 275$, конус Морзе № 1—3; сверла длинные (ГОСТ 12121—77*) — $d = 6 \div 30$; $L = 160 \div 350$; $l = 80 \div 230$	
Сверла спиральные малогабаритные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 8034—76*) Короткие — $d = 0,1 \div 1,0$; $L = 14 \div 25$; $l = 0,6 \div 6$; длинные — $d = 0,1 \div 1,0$; $L = 14 \div 32$; $l = 1,2 \div 12$	
Сверла спиральные, оснащенные пластинками из твердого сплава, для сверления чугуна С цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 22735—77*) — $d = 5,0 \div 12,0$; $L = 70 \div 120$; $l = 36 \div 70$	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
С коническим хвостовиком (ГОСТ 22736—77* и ТУ 2-035-636—78) — $d = 10 \div 30$; $L_{\text{укор}} = 140 \div 275$; $l_{\text{укор}} = 60 \div 125$; $L_{\text{норм}} = 170 \div 235$; $l_{\text{норм}} = 90 \div 175$, конус Морзе № 1—4	
Сверла спиральные цельные твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов Короткая серия, цельно-твердосплавные (ГОСТ 17274—71*) — $d = 1,0 \div 12,0$; $L = 32 \div 100$; $l = 6 \div 50$	
Средняя серия с напайкой цельнотвердосплавной рабочей частью (ГОСТ 17275—71*) — $d = 3,0 \div 12,0$; $L = 75 \div 120$; $l = 24 \div 70$; $l_1 = 55 \div 75$ (исполнение 1) или $l_1 = 48 \div 65$ (исполнение 2)	Исполнение 1  Исполнение 2 
Сверла спиральные цельные твердосплавные с коническим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 17276—71*) $d = 6,0 \div 12,0$; $L = 120 \div 170$; $l = 40 \div 70$; $l_1 = 42 \div 75$ (исполнение 1) или $l_1 = 36 \div 65$ (исполнение 2)	Исполнение 1 

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные для обработки труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 17273—71*) $d = 1,5 \div 6,5$; $L = 35 \div 65$; $l = 5 \div 25$; $d_1 = 4,0 \div 10,0$	
Сверла спиральные цельные твердосплавные для обработки плат печатного монтажа (ТУ 2-035-853—81) Исполнения I и II — диаметр державки $d_1 = 2,0$; короткая серия $d = 0,4 \div 2$; $L = 30$; $l = 3 \div 10$; длинная серия $d = 0,4 \div 2$; $L = 38$; $l = 8 \div 15$; исполнение III — диаметр державки $d_1 = 3,0$; $d = 0,4 \div 2$; $L = 30$; $l = 5 \div 12$	

10.9. Основные размеры сверл спиральных общего назначения с цилиндрическим хвостовиком, мм

d	L для ряда			l для ряда		
	1	2	3	1	2	3
0,3	—	—	—	—	3	—
0,32—0,38	—	19	—	—	4	—
0,4—0,48	—	20	—	—	5	—
0,5—0,52	30	22	—	3	6	—
0,55—0,6	—	24	—	—	7	—
0,62—0,65	—	26	—	—	8	—
0,68—0,75	23	28	—	4,5	9	—
0,8—0,85	24	30	—	5,0	10	—
0,9—0,95	25	32	—	5,5	11	—
0,98—1,05	26	34	56	6,0	12	33
1,1—1,15	28	36	60	7,0	14	37
1,2—1,3	30	36	65	8,0	16	41
1,35—1,5	32	40	70	9,0	18	45
1,55—1,7	34	43	76	10,0	20	50
1,75—1,4	36	46	80	11	22	53
1,95—2,1	38	49	85	12	24	56
2,15—2,35	40	53	90	13	27	59
2,4—2,65	43	57	95	14	30	62
2,7—3,0	46	61	100	16	33	66

<i>d</i>	<i>L</i> для ряда			<i>l</i> для ряда		
	1	2	3	1	2	3
3,1—3,35	49	65	106	18	36	69
3,4—3,7	52	70	112	20	39	73
3,8—4,25	55	75	119	22	43	78
4,3—4,7	58	80	126	24	47	82
4,8—5,3	62	86	132	26	52	87
5,4—6,0	66	93	139	28	57	91
6,1—6,7	70	101	148	31	63	97
6,8—7,5	74	109	156	34	69	102
7,6—8,5	79	117	165	37	75	109
8,6—9,5	84	125	175	40	81	115
9,6—10,6	89	133	184	43	87	121
11,8—11,9	95	142	195	47	94	128
13,2	102	151	205	51	101	134
13,3—14,0	107	160	214	54	108	140
14,25—15,0	111	169	220	56	114	144
15,25—16,0	115	178	227	58	120	149
16,25—17,0	119	185	235	60	125	154
17,25—18,0	123	195	241	62	130	158
18,25—19,0	127	200	247	64	135	162
19,25—20,0	131	205	254	66	140	166

10.10. Основные размеры сверл спиральных с коническим хвостовиком, мм

<i>d</i>	<i>l</i>	Хвостовик нормальный		Хвостовик усиленный	
		<i>L</i>	Конус Морзе	<i>L</i>	Конус Морзе
5,0—5,2	52	153	1	—	—
5,5—6,0	57	138			
6,2—6,6	63	144			
6,8—7,5	69	150			
7,6—8,5	75	156			
8,8—9,5	81	162			
9,8—10,5	87	168			
10,8—11,8	94	175			
12,0—13,2	101	182		199/182 *	2
13,5—14,0	108	189		206/189 *	
14,25—15,0	120	212	2	—	—
15,25—16,0	120	218			
16,25—17,0	125	223			
17,25—18,0	130	228			

d	l	Хвостовик нормальный		Хвостовик усиленный			
		L	Конус Морзе	L	Конус Морзе		
18,25—19,0 19,25—20,0 20,25—21,0 21,25—22,25 22,25—23,0	135 140 145 150 155	233 238 243 248 253	2	256/233 * 261/238 * 266/243 * 271/248 * 276/253 *	3		
23,25—23,5 23,75—25,0 25,25—26,5	155 160 165	276 281 286		—		—	
26,75—28,0 28,25—30,0 30,25—31,5 31,75	170 175 180 185	291 296 301 306		319/319 * 324/324 * 329/— 334/—		4	
32—33,5	185	334		—			—
34—35,5	190	339		—			—
35,75—37,5 38,0—40,0	195 200	344 349	—	—			
40,5—42,5 43,0—45,0 45,25—47,5 48,0—50 50,5	205 210 215 220 225	354 359 364 369 374	4	392 397 402 407 412	5		
51,0—53 54,0—56,0 57,0—59,0 60,0—63,0	225 230 235 240	412 417 422 427		—		—	
64,0—67,0 68,0—71,0 72,0—75,0 76,0	245 250 255 260	432 437 442 447		499 504 509 514		6	
77,0—80,0	260	514		—			—

* В числителе дана длина сверл быстрорежущих с усиленным хвостовиком, в знаменателе — с твердосплавными пластинами.

* В числителе дана длина сверл быстрорежущих с усиленным хвостовиком, в знаменателе — с твердосплавными пластинами.

Сверла спиральные с коническим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов короткой серии (ГОСТ 20696—75*) имеют размеры: $d = 6 \div 20$ мм; $L = 105 \div 180$ мм; $l = 30 \div 80$ мм; средней серии (ГОСТ 20697—75*): $d = 6 \div 20$ мм; $L = 140 \div 240$ мм; $l = 60 \div 140$ мм.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов короткой серии (ГОСТ 20694—75*) имеют размеры: $d = 3 \div 10$ мм; значения L и l см. в табл. 10.9 (1-й ряд). Эта группа сверл выпускается двух типов: 1-й — с двумя, 2-й — с четырьмя ленточками для обработки отверстий (кавалитет точности IT4) и в двух исполнениях — точном и общем. Отличительной особенностью является также форма заточки вершины сверла (рис. 10.5, а).

Технические требования — по ГОСТ 20698—75*.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстий глубиной до $12d$ в труднообрабатываемых сталях (ТУ 2-035-731—80) отличаются формой заточки вершины сверла (рис. 10.5, б) и подточкой ленточки, имеют размеры: $d = 4,5 \div 10$ мм; $L = 139 \div 205$ мм; $l = 87 \div 140$ мм.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов; диаметр сверл $2 \div 20$ мм (ТУ 2-035-1003—85). Сверла отличаются вышлифованным точным профилем канавок и спинок, поперечные сечения которого для различных материалов аналогичны профилям, приведенным на рис. 10.4. Выпускаются трех типов: тип I — для сверления сталей с $\sigma_b \leq 900$ МПа, чугунов твердостью до 200 НВ, цветных металлов и сплавов на глубину до $5d$ без промежуточных выводов; тип II — для сверления труднообрабатываемых сталей с $\sigma_b \leq 1000$ МПа, чугуна, цветных металлов и сплавов на глубину до $(8 \div 10) d$; тип III — для сверления труднообрабатываемых сталей с $\sigma_b \leq 1300$ МПа, чугунов твердостью до 240 НВ, цветных металлов и сплавов на глубину до $15d$ (максимальная глубина сверления до $20d$). Длина сверл короткой серии 49—205, средней 85—254, длинной (диаметр 3—10 мм) 150—265 мм. Угол в плане $2\phi = 118^\circ$ (тип I) и $2\phi = 130^\circ$ (типы II и III), диаметр сердцевины $k = (0,16 \div 0,28) d$ (тип I); $k = (0,23 \div 0,345) d$ (тип II); $k = (0,26 \div 0,4) d$ (тип III); $\omega = 30^\circ$ (тип I); $\omega = 40^\circ$ (типы II и III).

Сверла спиральные для обработки легких сплавов. Сверла с цилиндрическим хвостовиком средней серии (ГОСТ 19543—74*) — $d = 1 \div 12$ мм; $L = 34 \div 150$ мм; $l = 12 \div 100$ мм; длинной серии (ГОСТ 19544—74*) — $d = 1,95 \div 12$ мм; $L = 85 \div 205$ мм; $l = 55 \div 140$ мм; левые (ГОСТ 19545—74*) — $d = 1 \div 12,0$ мм; $L = 34 \div 205$ мм; $l = 12 \div 145$ мм.

Сверла с коническим хвостовиком (ГОСТ 19546—74*) — $d = 6 \div 30$ мм; $L = 140 \div 325$ мм; $l = 60 \div 175$ мм.

Сверла удлинённые с коническим хвостовиком (ГОСТ 19547—74*) — $d = 6 \div 30$ мм; $L = 225 \div 420$ мм; $l = 145 \div 275$ мм.

Сверла спиральные из быстрорежущей стали для обработки глубоких отверстий. Сверла спиральные быстрорежущие с цилиндрическим хвостовиком сверхдлинной серии (ТУ 2-035-600—77) имеют общую длину в 2—3 раза большую, чем у сверл стандарт-

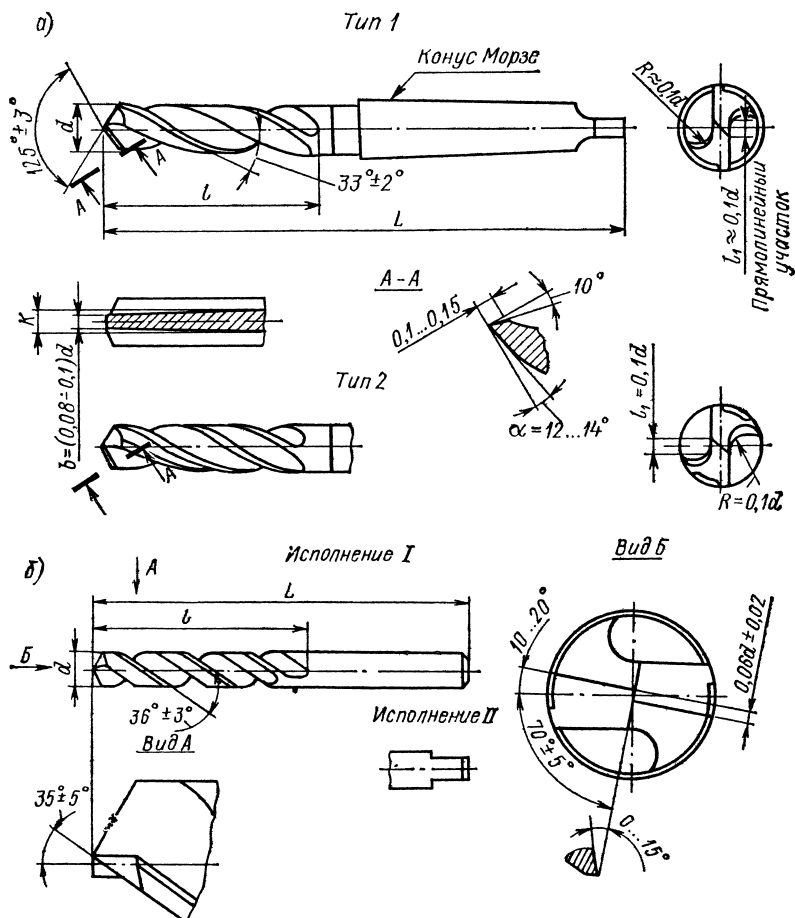


Рис. 10.5. Сверла для обработки труднообрабатываемых материалов

ных по ГОСТ 886—77 (наиболее длинные сверла), длину рабочей части в 1,5—3,4 раза выше; $d = 6,1 \div 10,0$ мм; $L = 290 \div 500$ мм; $l = 100 \div 350$ мм.

Сверла спиральные специальные с цилиндрическим хвостовиком (ТУ 2-035-402—75) имеют общую длину в 1,4—2,8 раза большую, длина рабочей части близка к стандартным сверлам. Размеры сверл: $d = 2,0 \div 9$ мм; $L = 120 \div 300$ мм; $l = 50 \div 120$ мм.

Технические требования на оба типа сверл приведены в ГОСТ 2034—80*Е.

Сверла спиральные с коническим хвостовиком и удлиненной рабочей частью (ТУ 2-035-721—80). Тип 1 — без отверстий; размеры: $d = 10 \div 55$ мм; $L = 210 \div 600$ мм; $l = 130 \div 415$ мм. Тип 2 — с внутренними отверстиями для подвода СОЖ в зону резания; размеры: $d = 32 \div 50$ мм; $L = 400 \div 450$ мм; $l = 245 \div 290$ мм.

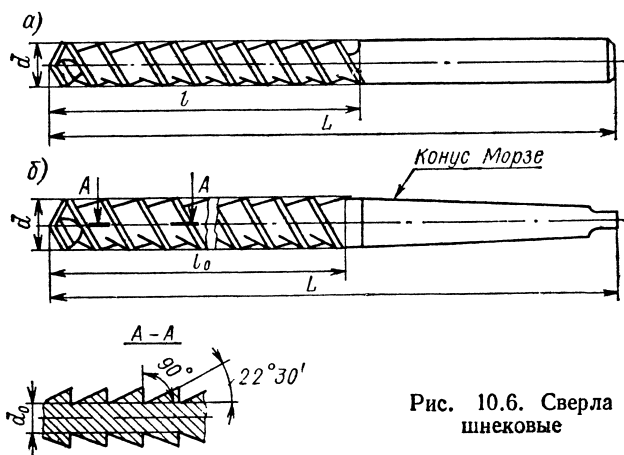


Рис. 10.6. Сверла шнековые

Сверла шнековые с цилиндрическим хвостовиком (ТУ 2-035-948—84 и ТУ 2-035-425—75), представленные на рис. 10.6, а, и сверла шнековые с коническим хвостовиком (ТУ 2-035-426—75) — на рис. 10.6, б, предназначены для сверления глубоких отверстий в чугунах. Размеры сверл с цилиндри-



Рис. 10.7. Сверла спиральные конические конусностью 1 : 50

ческим хвостовиком: $d = 5,0 \div 10,0$ мм; $L = 130 \div 185$ мм; $l = 85 \div 120$ мм (размеры близки к размерам сверл из табл. 10.9, 3-й ряд). Размеры сверл с коническим хвостовиком: $d = 10,0 \div 14,0$ мм; $L = 250 \div 265$ мм; $l = 170 \div 185$ мм.

Сверла спиральные конические конусностью 1 : 50, с цилиндрическим (ГОСТ 18201—72) или коническим (ГОСТ 18202—72) хвостовиками (рис. 10.7) предназначены для сверления отверстий

под конические штифты, имеют на конусе стружкоразделительные канавки. Размеры сверл с цилиндрическим хвостовиком: $d = 3 \div 10$ мм; $d_1 = 3,7 \div 14$ мм; $d_2 = 3,8 \div 14,2$ мм; $L = 80 \div 300$ мм; $l = 50 \div 230$ мм; $l_1 = 35 \div 200$ мм; $l_0 = 3 \div 10$ мм. Размеры сверл с коническим хвостовиком: $d = 12 \div 32$ мм; $d_1 = 15,1 \div 38,5$ мм; $d = 14,6 \div 30,6$ мм; $L = 290 \div 545$ мм; $l = 190 \div 395$ мм; $l_1 = 155 \div 325$ мм; $l_0 = 12 \div 30$ мм.

Технические требования — по ГОСТ 18203—72.

10.2. Сверла твердосплавные для обработки глубоких отверстий

Сверла одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ с цельнотвердосплавной рабочей частью (ТУ 2-035-655—79) или оснащенные твердосплавными пластинами (ТУ 2-035-722—80) предназначены для обработки отверстий с качеством точности Н7—Н14 глубиной до 50 диаметров за один проход. Рабочая часть сверл выполняется из твердого сплава группы ВК, корпус — из сталей 20Х, 40Х, 9ХС, 35ХГСА.

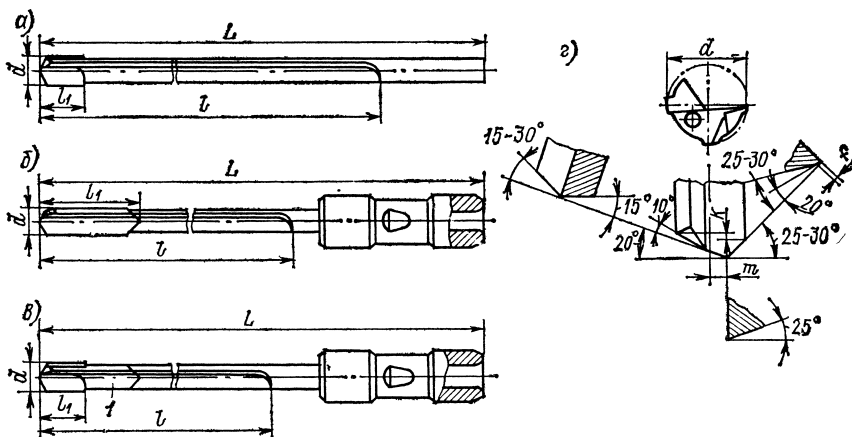


Рис. 10.8. Сверла одностороннего резания: а — трубчатые с пластиной твердого сплава; б — то же, но с цельной твердосплавной рабочей частью; в — то же, но с креплением пластинки к промежуточной головке 1; г — форма заточки вершины

Основные размеры сверл (рис. 10.8): с цельнотвердосплавной рабочей частью — $d = 4,0 \div 20,3$ мм; $L = 250 \div 1000$ мм; $d_1 = 10 \div 25$ мм; $l = 40 \div 70$ мм; с пластинами твердого сплава — $d = 7,5 \div 30$ мм; $L = 140 \div 1000$ мм.

Условия эксплуатации сверл должны соответствовать рекомендациям [213].

Сверла одностороннего резания с эжекторным отводом стружки (ТУ 2-035-857—81) состоят из головки 1, наружной 2 и внутренней 3 труб (рис. 10.9) и предназначены для обработки глубоких

отверстий с качеством точности Н10—Н12 на специальных станках или модернизированном универсальном оборудовании.

Размеры сверл: $d = 20 \div 60$ мм; $L = 323 \div 1136$ мм; $l = 270 \div 1070$ мм; $d_1 = d - 0,5$ мм. Размеры головок: $d = 20 \div 60$ мм; $l_r = 53 \div 80$ мм; резьба четырехзаходная $d_1 = 17,4 \div 50,3$ мм; ход — 12—24 мм.

Головка имеет режущие и направляющие твердосплавные пластины, припаяваемые к корпусу. Внутренняя труба 3 имеет наклонные прорези 4 шириной 0,3—1 мм, с помощью которых достигается эффект эжекции. Наружная труба 2 навинчивается на корпус головки 1. СОЖ подается через зазор между внутрен-

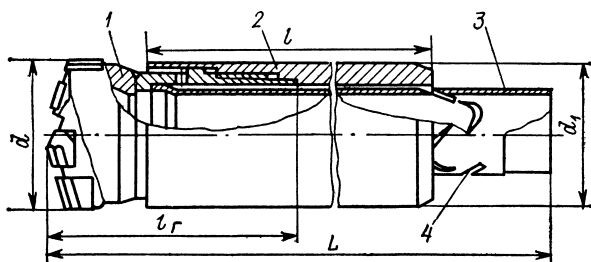


Рис. 10.9. Сверла с эжекторным отводом стружки

ней и наружной трубами и радиальными отверстиями головки. Отвод СОЖ и стружки осуществляется через отверстие во внутренней трубе.

При обработке материалов, образующих сливную и суставчатую стружку, режущие пластины должны иметь стружколомающие элементы, размеры которых зависят от обрабатываемого материала. Условия эксплуатации должны соответствовать рекомендациям [213].

Сверла одностороннего резания с внутренним отводом стружки по методу БТА (ТУ 2-035-859—81) по конструкции и назначению подобны сверлам с эжекторным отводом стружки, но имеют только одну наружную трубу. СОЖ подается в зазор между трубами и обработанным отверстием с помощью специального патрона. Схема обработки приведена в гл. 5. Отвод стружки осуществляется по внутреннему каналу сверла и трубы. В связи с тем, что при этом методе не используется эффект эжекции, расход и давление СОЖ должны быть в 1,6—1,8 раза выше, чем при эжекторном сверлении. Диаметр головок 20÷60 мм.

10.3. Сверла с механическим креплением режущих элементов

Сверла перовые сборные с цилиндрическим регулируемым хвостовиком предназначены для обработки отверстий в заготовках из чугуна или конструкционных сталей. Выпускаются повы-

шенной (А) и нормальной (В) точности. Состоят (рис. 10.10) из режущей пластины (ГОСТ 25526—82), державки (ГОСТ 25525—82) и крепежных элементов.

Основные размеры сверл, выпускаемых по ГОСТ 25524—82: $D = 25 \div 80$ мм; $L = 217 \div 390$ мм; резьбовой хвостовик с трапе-

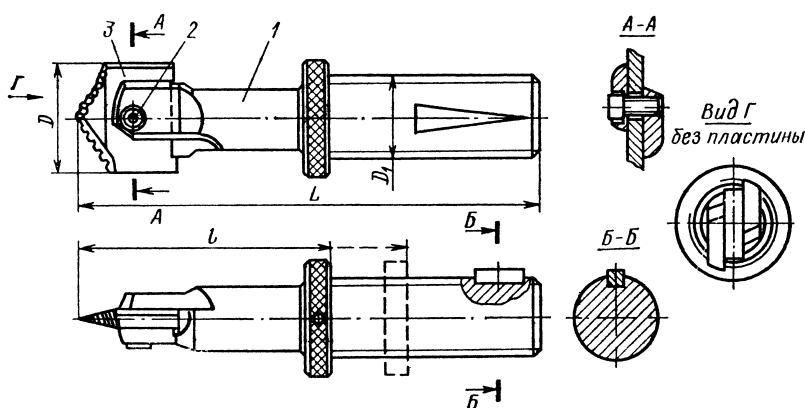


Рис. 10.10. Сверла перовые:
1 — державка; 2 — фиксирующий винт; 3 — пластина

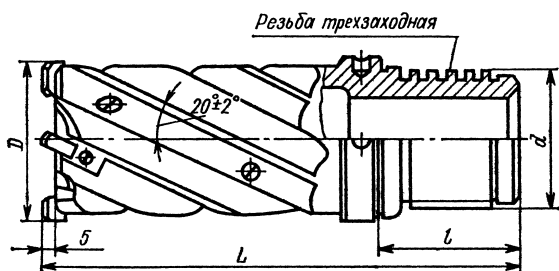


Рис. 10.11. Сверла кольцевые

пеидальной однозаходной резьбой $D_1 = \text{Tr}36 \times 3 - \text{Tr}48 \times 3$. Выпускаются средней и короткой серий.

Основные размеры сверл, выпускаемых по ТУ 2-035-741—81 — $d = 25 \div 130$ мм; $L = 190 \div 400$ мм; хвостовик — конус Морзе № 3—6.

Основные размеры пластинки: $d = 25 \div 130$ мм; $L = 35 \div 99$ мм; $B = 6 \div 18$ мм; $2\varphi = 118 \pm 3^\circ$; $132 \pm 3^\circ$; $90 \pm 3^\circ$; $180 \pm 3^\circ$.

Технические требования на сверла — по ГОСТ 25527—82 и ТУ 2-035-741—81.

Сверла кольцевые (ТУ 2-035-524—76) предназначены для высверливания в сплошном металле сквозных отверстий глубиной до 500 мм на универсальном оборудовании с обычной системой подвода СОЖ. Состоят из корпуса (рис. 10.11), резцов из быстрорежущей стали и крепежных элементов для крепления резцов. Материал корпуса — сталь 12ХН3А.

Основные размеры сверл: $d = 70 \div 200$ мм; $L = 255 \div 625$ мм; $l = 80 \div 85$ мм; $d_1 \times p = 75 \times 12 \div 105 \times 12$ мм.

Сверла с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин (ОСТ 2И20-9—84) предназначены для сверления отверстий глубиной до $2d$ в конструкционных и легированных сталях, чугуна на универсальных станках, станках с ЧПУ, автоматах, обладающих достаточной мощностью и жесткостью.

Состоят из корпуса (рис. 10.12), пластинки неправильной трехгранной формы, крепежных винтов для закрепления пластин. В корпусе выполнены отверстия для подвода СОЖ в зону резания.

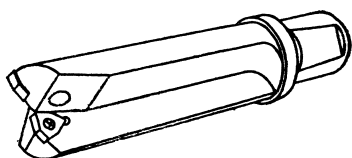


Рис. 10.12. Сверла с механическим креплением твердосплавных пластин

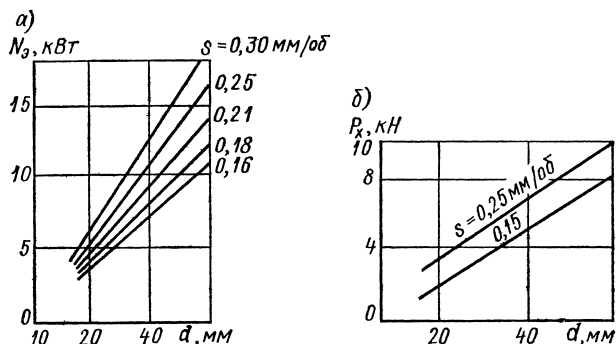


Рис. 10.13. Графики зависимости N_e от d и s (а); P_x от d и s (б)

Основные размеры сверл, мм, приведены ниже:

d	25	30	30	38	40	42	45	50	55	60
L	140	160	200	200	200	200	200	210	210	220

Сверла с механическим креплением позволяют работать с высокими скоростями резания, что вызывает необходимость применения станков с более мощным приводом главного движения. На рис. 10.13, а приведены графики зависимости эффективной мощности N_e от диаметра сверла и подачи s при обработке конструкционных сталей со скоростью резания 100 м/мм, а на

рис. 10.13, б — зависимость осевой силы P_x от диаметра сверла и подачи s [74].

Мощность привода главного движения, кВт, может быть рассчитана по формуле, предложенной фирмой «Сумитомо» (Япония) [68]:

$$N_э = \frac{ds_0 K_s v}{244800},$$

где $K_s = 2500 \div 3000$ МПа — для стали; $K_s = 1500$ МПа — для чугуна.

Скорость резания $v = 300$ м/мин (при обработке стали пластинами с покрытиями), подача $s_0 = 0,1 \div 0,3$ мм/об, при обработке чугуна — до 0,5 мм/об.

Этими сверлами может осуществляться также растачивание, подрезка торцов, фрезерование.

Сверление отверстий глубиной свыше $1,5d$ должно производиться с подводом СОЖ по каналам. Давление СОЖ — 0,15—0,2 МПа, объем СОЖ $Q = d$, л/мин.

Для гарантированного дробления стружки пластины должны иметь стружколомающие уступы. Размеры пластин: $d_{\text{вн.о}} = 9,525$ или 12,7 мм; $s = 4,76$ мм; $\alpha = 11^\circ$. Марка сплава зависит от обрабатываемого материала.

10.4. Некоторые конструкции новых сверл зарубежных фирм

Сверла типа «Дельта» фирмы «Сандвик Коромант» (Швеция), оснащенные пластинами твердого сплава (рис. 10.14), отличаются формой заточки вершины, создающей вблизи оси две радиусные

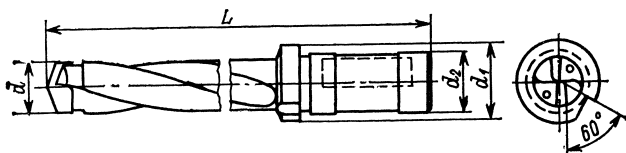


Рис. 10.14. Сверла типа «Дельта» фирмы «Сандвик Коромант» (Швеция)

режущие кромки (вместо поперечной кромки), разделенные канавкой, обниженным корпусом, без ленточки, наличие каналов для подвода СОЖ. Диаметр сверл $d = 10—20$ мм. Высокая жесткость, сниженные осевые усилия позволяют работать с подачами, в 2,5 раза превышающими подачи при сверлении обычными твердосплавными сверлами. Сверла аналогичной конструкции выпускает фирма «Мицубиси» (Япония).

Сверла монолитные твердосплавные диаметром 6—20 мм фирмы «Кленк» (ФРГ) (рис. 10.15) оснащены пластинами сверхтвердого материала «боразон» фирмы «ХАМ» (ФРГ), комбинированный твердосплавный концевой инструмент фирмы «Гюринг» (ФРГ)

оснащен поликристаллами алмаза (РКД) или боразона (РКВ), обеспечивает возможность обработки высокопрочных сталей твердостью до 56 HRC₉.

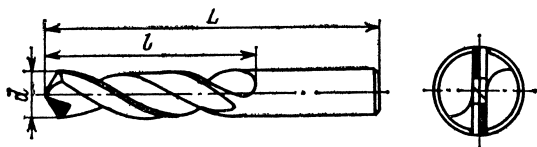


Рис. 10.15. Сверла фирмы «Кленк» (ФРГ)

10.5. Сверла для станков с ЧПУ

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком диаметром 3—20 мм (ОСТ 2И 20-1—80) и сверла спиральные с коническим хвостовиком (ОСТ 2И 20-2—80) диаметром 6—30 мм имеют повышенную точность изготовления, соответствующую сверлам класса А1 по ГОСТ 2034—80, и укороченную длину.

На станках с ЧПУ возможно использование также и стандартных сверл класса А1 с повышенной гарантийной (установленной) стойкостью.

В связи с тем, что на станках с ЧПУ сверление производится без кондуктора, а иногда и без предварительной зацентровки отверстий, сверла должны иметь самоцентрирующуюся вершину, которая может быть получена заточкой по двум или трем плоскостям (поперечная кромка в виде треугольника с вершиной на оси сверла), сложновинтовой заточкой (поперечная кромка выпуклая).

10.6. Эксплуатация сверл

Для рациональной эксплуатации сверла должны быть заточены в соответствии с рекомендациями, содержащимися в табл. 10.11.

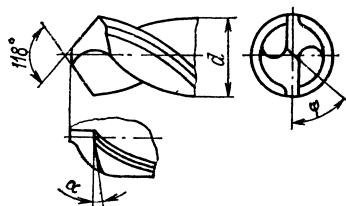
Стандартные сверла общего назначения выпускаются с углами $\alpha = 11 \div 25^\circ$; $\psi = 40 \div 60^\circ$; $2\phi = 118^\circ$. Передний угол γ сверл в цилиндрическом сечении равен углу наклона винтовой канавки в рассматриваемой точке. Как задний, так и передний угол по длине режущей кромки переменны. Особенно существенно изменяется передний угол, значения которого у перемычки достигают -30° (при значении переднего угла у ленточки до $+20^\circ$).

Способами улучшения геометрических параметров сверл являются подточка перемычки у сверл диаметром более 8 мм с корректировкой передних углов; двойная заточка (периферийный участок вершины затачивается под углом $2\phi = 70 \div 90^\circ$) для сверл диаметром более 10 мм; подточка ленточки у сверл диаметром более 10 мм на длине 1,5—4 мм под углом $\alpha = 6 \div 8^\circ$

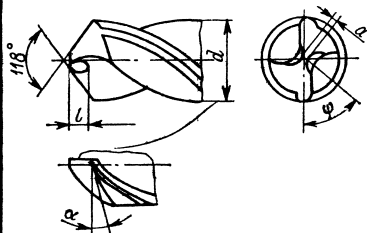
10.11. Формы и размеры заточки вершины сверл, мм

Нормальная заточка

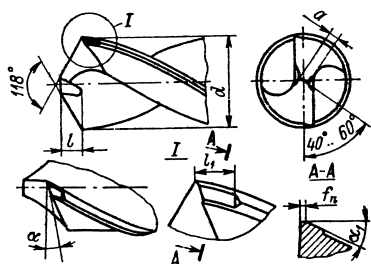
Без подточки (Н)



С подточкой поперечной кромки (НП)



С подточкой поперечной кромки и ленточки (НПЛ)

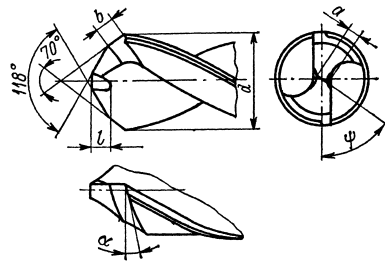


Диаметр сверла	Заточка			Подточка поперечной кромки		Подточка ленточки		
	Задний угол α , °		Угол наклона поперечной кромки ψ , °	Длина подточенной поперечной кромки a	Длина подточки l	Длина подточки l_1	Ширина фаски $f_{\text{п}}$	Угол подточки ленточки α , °
	При одноплоскостной заточке	При двухплоскостной и винтовой заточке						
Св. 0,24 до 0,60	30	20	Угол не регламентируется	—	—	—	—	—
Св. 0,60 до 0,95				—	—	—	—	—

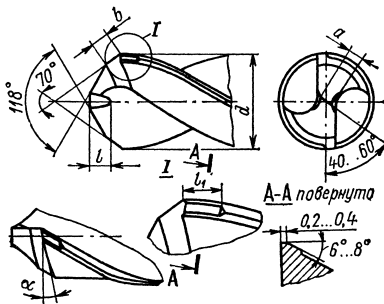
Диаметр сверла	Заточка			Подточка поперечной кромки		Подточка ленточки		
	Задний угол, α		Угол наклона поперечной кромки φ , °	Длина подточенной поперечной кромки a	Длина подточки l	Длина подточки l_1	Ширина фаски $f_{\text{п}}$	Угол подточки ленточки α , °
	При одноплоскостной заточке	При двухплоскостной и винтовой заточке						
Св. 0,95 до 1,70	30	18	Угол не регламентируется	—	—	—	—	—
Св. 1,70 до 3,00								
Св. 3,00 до 7,50	—	16	40—60			—	—	—
Св. 7,50 до 9,50		12		1,0	2,0			
Св. 9,50 до 11,80				1,2	2,5			
Св. 11,80 до 16,00				11	1,5	2,5	1,5	0,2—0,4
Св. 16,00 до 20,00		2,0			3,5			
Св. 20,00 до 25,00		2,5			4,5	2,0		
Св. 25,00 до 31,50		3,0			5,5			
Св. 31,50 до 40,00		3,5			6,0	3,0		
Св. 40,00 до 50,00		5,0			8,0			
Св. 50,00 до 63,00		6,0			10,0	4,0		
Св. 63,00 до 71,00		7,0			12,0			
Св. 71,00 до 80,00		8,0		14,0				

Двойная заточка

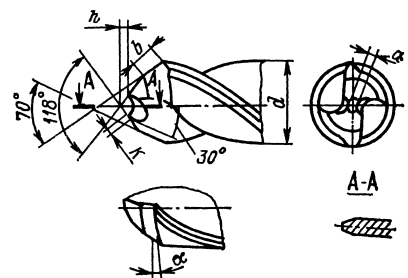
С подточкой поперечной кромки (ДП)



С подточкой поперечной кромки и ленточки (ДПЛ)



С подточкой и срезанной поперечной кромкой (ДП-2)



Диаметр сверла	Заточка		Подточка поперечной кромки		Срез перемычки		Длина подточки ленточки l_1
	Задний угол α	Длина второй кромки b	Длина подточечной поперечной кромки a	Длина подточки l	Глубина среза h	Размер подточки по кромке k	
Св. 11,80 до 16,00	12	2,5	1,5	3	1,5	2,3	1,5
Св. 16,00 до 20,00	11	3,5	2,0	4	2,0	2,9	
Св. 20,00 до 25,00		4,5	2,5	5	2,5	3,6	2,0
Св. 25,00 до 31,50		5,5	3,0	6	3,3	4,5	
Св. 31,50 до 40,00		7,0	3,5	7	3,5	5,3	3,0
Св. 40,00 до 50,00		9,0	5,0	9	4,0		4,0
Св. 50,00 до 63,00		11,0	6,0	11			
Св. 63,00 до 71,00		13,0	7,0	13			
Св. 71,00 до 80,00		15,0	8,0	15			

с оставлением фаски 0,1—0,3 мм; образование стружкоразделительных канавок на режущих кромках у сверл диаметром свыше 20—30 мм.

Выбор режимов обработки осуществляется в соответствии с рекомендациями [209] или другими документами, оговоренными в стандартах и технических условиях на сверла. Ориентировочные значения режимов резания сверлами из быстрорежущих сталей приведены в табл. 10.12, а сверлами, оснащенными твердым сплавом — в табл. 10.13 [212].

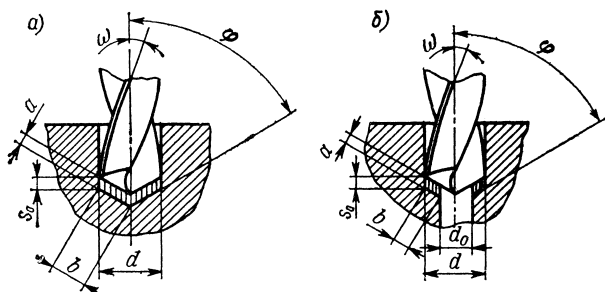


Рис. 10.16. Элементы сечения среза при сверлении (а) и рассверливания (б)

Стойкость сверл, определяемая допустимым их износом по ленточкам или уголкам, назначается по [209].

Скорость резания рассчитывают по формулам для спиральных сверл и сверл, оснащенных пластинками твердого сплава, т. е.

$$v = \frac{C_v t^{n_v} \text{HB}^{\pm n_v}}{T_m t^x s_0^y} k_n k_l,$$

где k_n — коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента (для быстрорежущих сверл он равен единице, для сверл из стали марки 9ХС — 0,65); k_l — коэффициент влияния глубины сверления:

l/d	3	4	5	6	8	10
k_l	0,9	0,8	0,7	0,65	0,56	0,5

Знак «+» принимается для n_v при обработке малоуглеродистых сталей твердостью <155 НВ, знак «—» — при обработке сталей твердостью >155 НВ и других металлов.

Силы резания и мощность при сверлении. Силы резания определяются сечением срезаемого слоя (рис. 10.16):

$$f_z = ba = st; \quad b = d/2 \sin \phi; \quad a = s_0/2 \sin \phi,$$

где f_z — площадь поперечного сечения слоя, снимаемого одним зубом, мм², $f_z = ds_0/4$ (s_0 — подача на 1 оборот сверла); общая площадь $f = 2f_z = ds_0/2$, при рассверливании $f = 0,5 (d-d_0) s_0$.

10.12. Ориентировочные значения режимов резания сверлами из быстрорежущих сталей

Обрабатываемый материал	Твер- дость НВ	Скорость резания v , м/мин, для сверл диа- метром, мм		Подача s , мм/об./частота вращения n , об/мин										Охлаждение
				Диаметр сверла d , мм										
		<4	>4	1	1,55	2,5	4	6	9	13,5	20	30	45	
Сталь кон- струк- ционная высокой обра- батываемости (ав- томатная)	До 179	25	38	$\frac{0,03}{8000}$	$\frac{0,05}{5100}$	$\frac{0,07}{3200}$	$\frac{0,12}{3000}$	$\frac{0,18}{2000}$	$\frac{0,27}{1300}$	$\frac{0,4}{900}$	$\frac{0,5}{600}$	$\frac{0,65}{400}$	$\frac{0,8}{270}$	Масло для реза- ния
	До 229	21	32	$\frac{0,025}{6700}$	$\frac{0,04}{4300}$	$\frac{0,06}{2700}$	$\frac{0,1}{2500}$	$\frac{0,15}{1700}$	$\frac{0,22}{1100}$	$\frac{0,24}{750}$	$\frac{0,4}{500}$	$\frac{0,5}{340}$	$\frac{0,65}{225}$	
Сталь кон- струк- ционная углероди- стая нелегирован- ная	До 229	19	28	$\frac{0,025}{6000}$	$\frac{0,04}{3900}$	$\frac{0,06}{2400}$	$\frac{0,1}{2200}$	$\frac{0,15}{1500}$	$\frac{0,22}{1000}$	$\frac{0,34}{650}$	$\frac{0,4}{450}$	$\frac{0,5}{300}$	$\frac{0,65}{200}$	Эмульсия для сверления
	До 269	16	24	$\frac{0,02}{5100}$	$\frac{0,03}{3300}$	$\frac{0,05}{2000}$	$\frac{0,08}{1900}$	$\frac{0,12}{1300}$	$\frac{0,18}{850}$	$\frac{0,27}{550}$	$\frac{0,3}{400}$	$\frac{0,4}{250}$	$\frac{0,5}{170}$	
	До 321	13	20	$\frac{0,015}{4100}$	$\frac{0,02}{2700}$	$\frac{0,04}{1650}$	$\frac{0,06}{1600}$	$\frac{0,09}{1000}$	$\frac{0,13}{700}$	$\frac{0,2}{500}$	$\frac{0,25}{300}$	$\frac{0,3}{200}$	$\frac{0,4}{140}$	
Сталь кон- струк- ционная легирован- ная	До 179	19	28	$\frac{0,02}{6000}$	$\frac{0,03}{3900}$	$\frac{0,05}{2400}$	$\frac{0,08}{2200}$	$\frac{0,12}{1500}$	$\frac{0,18}{1000}$	$\frac{0,27}{650}$	$\frac{0,3}{450}$	$\frac{0,4}{300}$	$\frac{0,5}{200}$	Эмульсия для сверления или мас- ло для резания
	До 229	16	24	$\frac{0,015}{5100}$	$\frac{0,02}{3300}$	$\frac{0,04}{2000}$	$\frac{0,06}{1900}$	$\frac{0,09}{1300}$	$\frac{0,13}{850}$	$\frac{0,2}{550}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{250}$	$\frac{0,4}{170}$	
Сталь кон- струк- ционная высоколе- гированная легко- обрабатываемая	До 179	17	25	$\frac{0,015}{5400}$	$\frac{0,02}{3500}$	$\frac{0,04}{2200}$	$\frac{0,06}{2000}$	$\frac{0,09}{1300}$	$\frac{0,13}{900}$	$\frac{0,2}{600}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{260}$	$\frac{0,4}{180}$	Масло для реза- ния или эмульсия для сверления
Сталь инструмен- тальная углероди- стая	До 229	18	26	$\frac{0,015}{5700}$	$\frac{0,02}{3700}$	$\frac{0,04}{2300}$	$\frac{0,06}{2100}$	$\frac{0,09}{1400}$	$\frac{0,13}{900}$	$\frac{0,2}{600}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{280}$	$\frac{0,4}{180}$	Эмульсия для сверления
	До 269	15	22	$\frac{0,01}{4800}$	$\frac{0,015}{3100}$	$\frac{0,02}{1900}$	$\frac{0,04}{1750}$	$\frac{0,06}{1150}$	$\frac{0,09}{800}$	$\frac{0,13}{500}$	$\frac{0,17}{350}$	$\frac{0,2}{230}$	$\frac{0,3}{150}$	

Сталь инструментальная легированная	До 229	15	23	$\frac{0,015}{4800}$	$\frac{0,02}{3100}$	$\frac{0,04}{1900}$	$\frac{0,04}{1800}$	$\frac{0,09}{1200}$	$\frac{0,13}{800}$	$\frac{0,2}{550}$	$\frac{0,25}{370}$	$\frac{0,3}{245}$	$\frac{0,4}{160}$	Масло для резания или эмульсия для сверления
	До 269	13	20	$\frac{0,01}{4100}$	$\frac{0,015}{2700}$	$\frac{0,02}{1650}$	$\frac{0,04}{1600}$	$\frac{0,06}{1000}$	$\frac{0,09}{700}$	$\frac{0,13}{500}$	$\frac{0,17}{300}$	$\frac{0,2}{200}$	$\frac{0,3}{140}$	
Сталь инструментальная быстрорежущая	До 229	13	20	$\frac{0,015}{4100}$	$\frac{0,02}{2700}$	$\frac{0,04}{1650}$	$\frac{0,06}{1600}$	$\frac{0,09}{1000}$	$\frac{0,13}{700}$	$\frac{0,2}{500}$	$\frac{0,25}{300}$	$\frac{0,3}{200}$	$\frac{0,4}{140}$	Масло для резания или эмульсия для сверления
	До 269	11	17	$\frac{0,01}{3500}$	$\frac{0,015}{2250}$	$\frac{0,02}{1400}$	$\frac{0,04}{1350}$	$\frac{0,06}{900}$	$\frac{0,09}{600}$	$\frac{0,13}{400}$	$\frac{0,17}{270}$	$\frac{0,2}{180}$	$\frac{0,3}{120}$	
Сталь коррозионно-стойкая легкообрабатываемая	До 149	8	12	$\frac{0,01}{2500}$	$\frac{0,015}{1650}$	$\frac{0,02}{1000}$	$\frac{0,04}{950}$	$\frac{0,06}{650}$	$\frac{0,09}{425}$	$\frac{0,13}{280}$	$\frac{0,17}{190}$	$\frac{0,2}{125}$	$\frac{0,3}{85}$	Сернистое масло или эмульсия для сверления
Чугун серый	До 210	14	20	$\frac{0,045}{4400}$	$\frac{0,07}{3500}$	$\frac{0,1}{2200}$	$\frac{0,18}{1600}$	$\frac{0,27}{1000}$	$\frac{0,4}{700}$	$\frac{0,6}{500}$	$\frac{0,75}{300}$	$\frac{1,0}{200}$	$\frac{1,2}{140}$	Без охлаждения или сжатый воздух
	До 250	11	16	$\frac{0,035}{3500}$	$\frac{0,05}{2200}$	$\frac{0,09}{1400}$	$\frac{0,14}{1300}$	$\frac{0,21}{850}$	$\frac{0,3}{550}$	$\frac{0,48}{380}$	$\frac{0,6}{250}$	$\frac{0,75}{170}$	$\frac{1,0}{110}$	
	До 250	9	13	$\frac{0,025}{2850}$	$\frac{0,04}{1850}$	$\frac{0,06}{1150}$	$\frac{0,1}{1050}$	$\frac{0,15}{700}$	$\frac{0,22}{450}$	$\frac{0,34}{300}$	$\frac{0,4}{200}$	$\frac{0,5}{140}$	$\frac{0,65}{90}$	
Чугун ковкий	До 210	11	16	$\frac{0,025}{3500}$	$\frac{0,04}{2250}$	$\frac{0,06}{1400}$	$\frac{0,1}{1300}$	$\frac{0,15}{850}$	$\frac{0,22}{550}$	$\frac{0,34}{380}$	$\frac{0,4}{250}$	$\frac{0,5}{170}$	$\frac{0,65}{110}$	Эмульсия для сверления или сжатый воздух
	До 250	8	12	$\frac{0,02}{2500}$	$\frac{0,03}{1650}$	$\frac{0,05}{1000}$	$\frac{0,08}{950}$	$\frac{0,12}{650}$	$\frac{0,18}{425}$	$\frac{0,27}{280}$	$\frac{0,3}{190}$	$\frac{0,4}{125}$	$\frac{0,5}{85}$	
Бронза	До 210	17	25	$\frac{0,025}{5400}$	$\frac{0,04}{3500}$	$\frac{0,06}{2200}$	$\frac{0,1}{2000}$	$\frac{0,15}{1300}$	$\frac{0,22}{900}$	$\frac{0,34}{600}$	$\frac{0,4}{400}$	$\frac{0,5}{260}$	$\frac{0,65}{180}$	Масло для резания или эмульсия для сверления

Примечания: 1. В числителе дроби указаны значения s , в знаменателе — n . 2. Таблица составлена для сверл нормальной длины (ГОСТ 10902—77* и ГОСТ 10903—77*) при сверлении отверстий глубиной до $3d$. Для сверл длинной и удлиненной серий (ГОСТ 886—77*, ГОСТ 2092—77*, ГОСТ 12121—77* и ГОСТ 12122—77*) табличные значения подач умножать на коэффициент 0,77. 3. При сверлении глубоких отверстий глубиной более $3d$ необходимы промежуточные выводы сверла из просверливаемого отверстия для удаления стружки: промежуточные выводы рекомендуется делать после достижения сверлом глубины отверстия $4d$, $5d$, $6d$ и т. д. минутную подачу сверла s , мм/мин, рекомендуется уменьшать на 30 % при глубине сверления от $3d$ до $6d$ и на 40 % — при глубине сверления от $6d$ до $8d$. 4. При сверлении чугуна сверла рекомендуется заточивать с двумя углами при вершине сверла (90° и 118°) и с подточкой сердцевины (например, способом ДП по ГОСТ 4010—77*). 5. При отсутствии на станке указанных в таблице значений s и n набирать ближайшие фактические значения ($s_{ф}$, $n_{ф}$) таким образом, чтобы было соблюдено соотношение $n_s \approx s_{ф} / n_{ф}$. 6. Для промежуточных диаметров сверл, не указанных в таблице, рекомендуется выбирать и промежуточные значения n и s . 7. Для других случаев, не указанных в таблице (например, при сверлении легких сплавов, труднообрабатываемых сталей и сплавов, пластмасс, бетона и т. д.), применение сверл будет неэффективно (в данном случае потребуются сверла спиральные специальных конструкций).

**10.13. Ориентировочные значения режимов резания сверлами,
оснащенными твердым сплавом**

Обрабатываемый материал	Диаметр сверла, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Твердый сплав (мар- ка по ISO)	Угол заточ- ки вершины сверла 2γ , °	Охлаждение
Сталь с $\sigma_B = 800 \div 1200$ МПа	3—8 8—20 20—40	25—35 30—38 35—45	0,02—0,04 0,04—0,08 0,08—0,12	K10, K20	118	Эмульсия для сверления
Сталь с $\sigma_B = 1200 \div 1400$ МПа	3—8 8—20	20—25 22—28	0,02—0,04			
Сталь с $\sigma_B = 1400 \div 1800$ МПа	3—8 8—20	10—15 10—12	0,02—0,04 0,02—0,03			
Закаленная сталь твёрдостью до 50 HRC ₃	3—8 8—20	8—10 10—12	0,01—0,02 0,02—0,03		120—140	
Чугун	3—8 8—20	35—45 45—55	0,04—0,1		118	Без охлаждения
Бронза	3—8 8—20	40—45 45—55	0,04—0,1			
Алюминиевые сплавы	3—8 8—20	100 100	0,06—0,2	K10	115—120	

Силы резания и мощность в зависимости от f приводятся в норма-
тивах. Ориентировочно силы резания и мощность можно рассчи-
тать по формулам:

осевое усилие при сверлении, Н,

$$P_x = C_1 d^2 s_0'' \text{HB}^n \nu_{10};$$

при рассверливании, Н,

$$P_x = C_2 t^x s_0'' \text{HB}^n \nu_{10};$$

крутящий момент при сверлении

$$M_{кр} = C_3 d^q s_0'' \text{HB}^n \nu_{10};$$

при рассверливании

$$M_{кр} = C_4 d^q t^x s_0'' \text{HB}^n \nu_{10};$$

10.14. Значения коэффициентов C_v , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 и показателя степени n_v [63]

Обрабатываемый материал	Сверление			Расверливание быстрорежущи- ми сверлами	Сверление		Расверливание быстрорежущи- ми сверлами	Сверление		Расверливание быстрорежущи- ми сверлами	Сверление, зен- керование, раз- вертывание
	быстрорежущими свер- лами		твердосплав- ными свер- лами		быстрорежу- щими свер- лами	твердосплав- ными свер- лами		быстроре- жущими сверлами	твердосплав- ными сверлами		
	$d < 10$ мм	$d > 10$ мм									
C_v	C_1	C_2	C_3	C_4	n_v						
Сталь углеродистая: <155 НВ	0,041	0,10	—	0,168	1,50	—	0,62	0,80	—	1,83	0,9
155—265 НВ	360	874	—	1 450	1,50	—	0,62	0,80	—	1,83	0,9
Сталь автоматная (140— 230 НВ)	540	1,310	—	2 175	1,35	—	0,56	9,72	—	1,65	0,9
Сталь хромистая, хромони- келевая, хромоникельмолибде- новая, хромованадиевая, хро- момолибденовая (155—340 НВ)	306	743	—	1 230	1,80	—	0,74	0,96	—	2,20	0,9
Сталь марганцовистая, крем- немарганцовистая, хро- моалюминиевая, хромолиб- деновая, хромомарганцови- стотитановая, хромоникель- вольфрамовая (155—340 НВ)	252	612	—	1 015	1,80	—	0,74	0,96	—	2,20	0,9
Сталь инструментальная и углеродистая (155—340 НВ)	270	655	—	1 090	1,65	—	0,68	0,87	—	2,00	0,9
Сталь инструментальная, высоколегированная и аусте- нитная	1,15	2,80	—	4,65	100	—	41	40	—	95,0	0
Чугун (140—240 НВ)	4000	11 400	33 400	15 600	2,60	7,1	0,92	1,0	0,263	3,16	1,3
Ковкий чугун (120—200 НВ)	5000	14 200	41 700	19 500	2,60	7,1	0,92	1,0	0,263	3,16	1,3
Латунь	8,6	21,0	—	35,0	—	—	—	—	—	—	0
Алюминий, дуралюмин, си- лумин	14,3	35,0	—	58,0	—	—	—	—	—	—	0
Бронза средней твердости	13,0	37,0	—	50,0	—	—	—	—	—	—	0
Бронза твердая	6,5	18,5	—	25,0	—	—	—	—	—	—	0

10.15. Значения показателей степени m , x , y , q , n_p [63]

Параметр	Материал режущей части сверла	Обрабатываемый материал									
		Сталь, цветные металлы и сплавы					Чугун и бронза				
		m	x	y	q	n_p	m	x	y	q	n_p
Скорость резания	Быстрорежущая сталь: $d \leq 10$ мм	0,2	0	0,70	0,65	—	0,125	0	0,65	0,60	—
	$d > 10$ мм	0,2	0	0,50	0,40	—	0,125	0	0,40	0,25	—
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	0,4	—	0,50	0,50	—
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	0,2	0,2	0,50	0,40	—	0,125	0,1	0,40	0,15	—
Осевая сила подачи	Быстрорежущая сталь	—	0	0,70	0,10	0,75	—	—	0,80	1,0	0,6
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	—	0	0,85	0,75	0,6
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	—	1,30	0,70	0	0,75	—	1,20	0,4	—	0,6
Крутящий момент при сверлении	Быстрорежущая сталь	—	0	0,80	2,0	0,70	—	0	0,80	2,0	0,6
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	—	0	1,0	2,4	0,6
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	—	0,90	0,80	1,0	0,70	—	0,75	0,80	1,0	0,6

эффективная мощность, кВт,

$$N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741.$$

Значения постоянных C_1 — C_4 , показателей степени m , x , y , q , n_p приведены в табл. 10.14, 10.15.

Для расчета мощности сверления, кВт, сверлами с монолитной рабочей частью и сверлами ружейными фирмой «Сумитомо» (Япония) разработаны следующие формулы:

для твердосплавных сверл $N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741$, где $M_{\text{кр}} = K d^2 \times (0,63 + 17,0 s_0)$.

Значения постоянной K приведены ниже:

Чугун:

120 HB	0,7
180 HB	1,2
210 HB	1,4
230 HB	1,9

Сталь с содержанием углерода менее 0,1 % (110 HB)	2,4
Сталь 45 (210 HB)	2,1

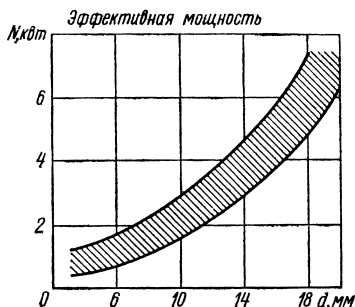


Рис. 10.17. График эффективной мощности при обработке сталей и чугунов

Для ружейных сверл $N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741$, где $M_{\text{кр}} = 0,5 s_0 K_s r^2$; $K_s = 5000$ МПа — при обработке стали; $K_s = 3000$ МПа — при обработке чугуна.

Эффективную мощность ориентировочно можно определить по номограммам на рис. 10.17 [74].

10.7. Сверла центровочные

Сверла центровочные предназначены для обработки центровых отверстий различной конфигурации и размеров. Для обработки отверстий с фасками и радиусной формы применяют сверла центровочные комбинированные, для зацентровки в виде цилиндрического отверстия без фасок под следующее сверление используют сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком.

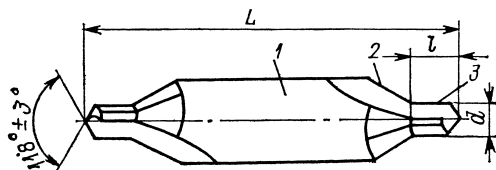


Рис. 10.18. Сверла центровочные:

1 — державка; 2, 3 — зенковочная и сверловочная части соответственно

Сверла центровочные комбинированные. Сверла состоят из державки цилиндрической формы, сверловочной и зенковочной частей (рис. 10.18). Сверла стандартные (ГОСТ 14952—75*) — двусторонние (кроме сверл с $d \leq 0,8$ мм), сверловочные и зенковочные участки расположены по обоим концам державки. По ТУ 2-035-428—75 выпускаются и сверла односто-

10.16. Основные типы и размеры комбинированных центровочных сверл
(ГОСТ 14952—75*)

Тип и основные размеры	Эскиз
Тип А $d = 1,0 \div 10,0$ мм; $d_1 = 3,15 \div 25$ мм; $L = 335 \div 103$ мм; $l = 1,9 \div 14,2$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$	
Тип В $d = 1,0 \div 10,0$ мм; $d_1 = 4,0 \div 31,5$ мм; $L = 37,5 \div 12,80$ мм; $l = 1,9 \div 14,2$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$	
Тип С (двусторонние) $d = 1,0 \div 2,5$ мм; $d_1 = 3,15 \div 6,3$ мм; $L = 33,5 \div 47,0$ мм; $l = 1,9 \div 4,1$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; тип С (односто- ронние) — $d_1 = 3,15$ мм; $d = 0,8$ мм; $L = 21$ мм; $l = 1,5$ мм	
Тип R $d = 1,0 \div 10,0$ мм; $d_1 = 3,15 \div$ $\div 25,0$ мм; $L = 33,5 \div 103$ мм; $l =$ $= 3,0 \div 26,5$ мм; $r = 3,15 \div 31,5$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$	

ронные типов А, В и R. Эти виды сверл предназначены для обработки центровых отверстий по ГОСТ 14034—74*.

Основные типы и размеры стандартных сверл приведены в табл. 10.16. Сверловочная и зенковочная части имеют канавки винтовые или наклонные, угол их наклона к оси (измеренный у вершины сверловочной части) $\omega = 5^\circ$.

Профиль сечения канавок — угловой (угол $90-110^\circ$), ленточка как на сверловочной, так и на зенковочной части отсутствует, вместо нее спинка затылуется по архимедовой спирали. Спад затылка рассчитывается из условия создания задних углов на цилиндрической части $\alpha_n = 1-2^\circ$. В целях снижения трудоемкости затылования спинку выполняют ломаной; затылованный

ее участок, прилегающий к рабочему участку канавки, выполняется на участке, ограниченном углом $30-50^\circ$, остальная часть спинки — цилиндрическая.

Сердцевина рабочих участков сверла принимается равной $(0,2 \div 0,25) d$ и увеличивается по направлению к зенковочной части на 0,4 мм на каждые 25 мм длины у сверл с $d \leq 3,15$ мм и на 0,25 мм на 25 мм длины у сверл с $d > 3,15$ мм. Диаметр сверловочной части уменьшается по направлению к зенковочной на 0,05—0,1 на 25 мм длины. Заточка вершины сверловочной части осуществляется аналогично заточке спиральных сверл.

Зенковочная часть имеет форму режущих кромок, обеспечивающую получение конусных участков центровых отверстий требуемой формы. Передняя ее поверхность является продолжением передней поверхности сверловочной части, задняя поверхность затылуется одновременно с затылованием спинки сверловочной части. Требуемый спад затылка регулируется изменением направления затылования (обычно производится под углом $10-11^\circ$ к оси сверла).

Сверла изготавливаются из быстрорежущих сталей. Твердость их 62—64 HRC_с (у сверл с $d \leq 3,15$ мм) или 62—65 HRC_с у сверл с $d > 3,15$ мм. Сверла могут быть подвергнуты низкотемпературному отпуску или покрыты слоем нитрида титана (сверла по ТУ 2-035-835—81). Шероховатость передних поверхностей и поверхностей стружечных канавок должна быть $R_a \leq 1,25$ мкм, задних поверхностей $R_a \leq 0,63$ мкм, цилиндрической поверхности державки $R_a \leq 2,5$ мкм.

Допуск биения режущих кромок 0,03 мм при $d \leq 3,15$ мм и 0,04 мм при $d > 3,15$ мм, разница в ширине перьев соответственно 0,07 мм и 0,1 мм. Поперечная режущая кромка может быть смещена относительно оси сверла не более, чем на 0,05 мм при $d \leq 5$ мм или на 0,1 мм при $d > 5$ мм.

Скорость резания выбирается по диаметру зенковочной части и равна скорости резания спиральными сверлами. Подача $s_0 = 0,01 \div 0,07$ мм/об.

Специальные комбинированные сверла (рис. 10.19, а—в). Сверла комбинированные с лыской (рис. 10.19, а) предназначены для работы в комбинированных резцовых головках, осуществляющих кроме обработки центровых отверстий подрезку торцов заготовок. Лыска служит для установки и ориентации твердосплавной пластины. Габаритные размеры и форма сверл соответствуют стандартным, за исключением сверл типа С, которые с лыской не выпускаются.

Сверло центровочное комбинированное с разделением потока стружки (рис. 10.19, б). Это сверло не имеет недостатка, свойственного конструкции комбинированных стандартных центровочных сверл — одновременного перемещения потоков стружки от сверловочной и зенковочной режущих кромок по одной канавке. Оно отличается раздельной работой сверловочной и зен-

ковочной частей с индивидуальными канавками для стружкоотвода (1 — для отвода стружки, образуемой сверловочной частью, 2 — для отвода стружки от зенковочной части). Габаритные размеры соответствуют размерам стандартных сверл.

Сверла комбинированные твердосплавные для печатных плат (ГОСТ 20686—75* и ТУ 2-035-970—84) предназначены для сверления и зенкования отверстий в платах печатного монтажа за один проход (рис. 10.19, в). Изготавливаются из твердых сплавов марок ВК6М, ВК60М, ВК8. Размеры сверл: $d = 0,8 \div 2,5$ мм, $d_1 = 2 \div 4$ мм; $L = 32 \div 38$ мм; $l = 2,8 \div 3,3$ мм.

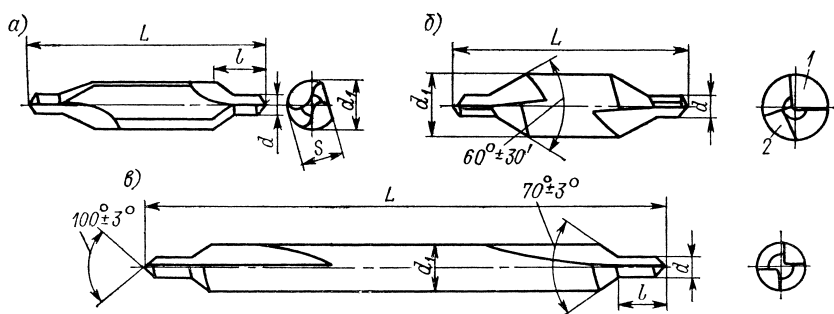


Рис. 10.19. Сверла специальные комбинированные: а — с лыской; б — с разделением потока стружки; в — для обработки плат печатного монтажа

Параметр шероховатости передних поверхностей и цилиндрического участка державки $R_a \leq 0,32$ мкм, задних (затылочных) поверхностей $R_a \leq 0,63$ мкм. Допуск радиального и осевого биений режущих кромок относительно оси державки не более 0,02 мм, нецентricности сердцевинны не более 0,03 мм.

Сверла центровальные. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для зацентровки под сверление (ОСТ И20-5—80) предназначены для зацентровки под сверление или снятие фаски под углом 45° в отверстиях под резьбу в конструкционных материалах нормальной обрабатываемости на станках с ЧПУ. Размеры сверл, мм: $d = 5; 10; 16; 20$ мм; $L = 55; 75; 100; 120$; $l = 15; 30; 60$; $2\phi = 90^\circ$. Сверла отличаются отсутствием ленточек.

10.8. Зенкеры и зенковки

Зенкеры — многозубый инструмент для промежуточной или окончательной обработки предварительно изготовленных отверстий.

Зенковки — многозубый инструмент для образования конических фасонных переходных участков от отверстий к торцам.

Зенковки с направляющей цапфой — многолезвийный инструмент для обработки цилиндрических углублений и подрезки глухих торцов.

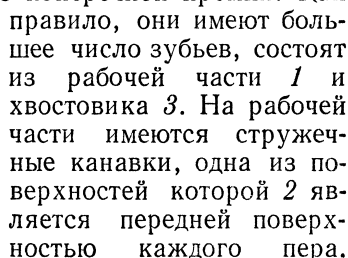
10.17. Обозначения зенкеров и зенковок по ОКП

Группа 1600 Зенкеры, зенковки	
Подгруппы	Вид
1610 — зенкеры из быстрорежущей стали	1611 — с цилиндрическим хвостовиком 1612 — с коническим хвостовиком цельные 1613 — с коническим хвостовиком сборные 1614 — насадные цельные 1615 — насадные сборные
1620 — зенкеры твердосплавные (кроме специальных)	1621 — с цилиндрическим хвостовиком 1622 — с коническим хвостовиком и припаянными пластинками 1623 — с коническим хвостовиком сборные 1624 — насадные с припаянными пластинками 1625 — насадные сборные
1630 — зенковки конические	1631 — из быстрорежущей стали (60°) 1632 — из быстрорежущей стали (75°) 1633 — из быстрорежущей стали (90°) 1634 — из быстрорежущей стали (120°) 1635 — твердосплавные
1640 — зенковки подрезные	1641 — из быстрорежущей стали односторонние 1642 — из быстрорежущей стали двусторонние 1643 — твердосплавные односторонние 1644 — твердосплавные двусторонние
1650 — зенковки цилиндрические для обработки опорных мест под крепежные детали	1651 — из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком 1652 — из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком 1653 — из быстрорежущей стали с хвостовиком под штифтовой замок 1654 — из быстрорежущей стали насадные 1655 — твердосплавные с коническим хвостовиком 1656 — твердосплавные с хвостовиком под штифтовой замок 1657 — твердосплавные насадные
1680 — зенкеры специальные	1681 — из быстрорежущей стали 1682 — твердосплавные
1690 — зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ и автоматических линий	1691 — зенкеры из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком 1692 — зенкеры из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком 1694 — зенковки из быстрорежущей стали конические 1695 — зенковки из быстрорежущей стали цилиндрические для обработки опорных поверхностей под крепежные детали 1696 — пластины подрезные к станкам с ЧПУ 1697 — головки расчистные к станкам с ЧПУ

Материал рабочей части зенкеров и зенковок — быстрорежущая сталь, сталь 9ХС или твердый сплав марок ВК6, ВК8, ВК6М, Т15К6, Т14К8, Т5К10. Твердость зенкеров и зенковок из стали 9ХС — 62—65 HRC, из быстрорежущих сталей — 63—66 HRC, из быстрорежущих сталей с повышенным содержанием кобальта (более 5 %) и ванадия (более 3 %) — 64—67 HRC. Указанная твердость у быстрорежущих концевых зенкеров должна быть не менее, чем на 2/3 длины стружечной канавки, у зенкеров, оснащаемых пластинами твердого сплава, допускается понижение твердости на 10 единиц HRC в зоне напайки.

Основные типы и размеры стандартных зенкеров приведены в табл. 10.18. Зенкеры обеспечивают обработку отверстий под последующее развертывание (зенкер № 1) или получение окончательного размера отверстий с качеством точности H11 (зенкер № 2). Кроме приведенных в таблице, имеются зенкеры, отличающиеся более высокой точностью изготовления рабочей части и хвостовика (ОСТ 2-И22-1—80).

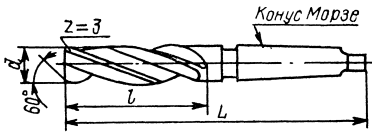
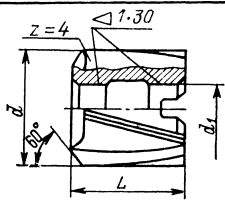
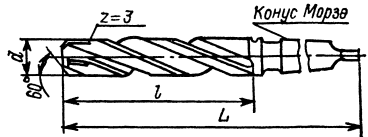
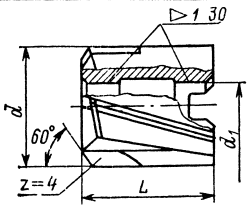
Конструкции зенкеров. По конструкции зенкеры концевые (рис. 10.20) напоминают сверла, но без поперечной кромки. Как



Стружечные канавки могут быть прямыми ($\omega = 0$) или винтовыми с углом $\omega = 20^\circ$ (быстрорежущие зенкеры) или $\omega = 15^\circ$ (твердосплавные зенкеры). Рабочая часть быстрорежущих зенкеров приваривается к стальному хвостовику и состоит из режущего и калибрующего участков. Профили поперечного сечения зенкеров могут иметь различную форму (рис. 10.21). Размеры профилей $a, г, д, ж$, мм: $d_0 = (0,35 \div 0,5) d$; $B = (0,4 \div 0,48) d$; $h_{\text{л}} = (0,02 \div 0,04) d$; $f_{\text{л}} = 2 \div 2,5$ у быстрорежущих и $f_{\text{л}} = 0,8 \div 1,8$ у твердосплавных зенкеров. Профили отличаются наличием ленточки и цилиндрической формой спинки; применяются у зенкеров диаметром 10—50 мм.

396

**10.18. Основные типы и размеры зенкоров
для предварительной и окончательной обработки отверстий**

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
Зенкеры цельные с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали, тип 1 (ГОСТ 12489—71 или ТУ 2-035-724—80) $d = 10 \div 40$ мм; $L = 160 \div 350$ мм; $l = 80 \div 200$ мм; $z = 3; 4$	Исполнение 1 
Зенкеры цельные, насадные из быстрорежущей стали, тип 2 (ГОСТ 12489—71) $d = 32 \div 80$ мм; $d_1 = 13 \div 32$ мм; $L = 30 \div 52$ мм; $z = 4$	
Зенкеры цельные, с коническим хвостовиком, оснащенные пластинками из твердого сплава, тип 1 (ГОСТ 3231—71) $d = 14 \div 50$ мм; $L = 180 \div 335$; $l = 85 \div 210$ мм; $z = 3$	Исполнение 1 
Зенкеры цельные, насадные, оснащенные пластинками из твердого сплава, тип 2 (ГОСТ 3231—71) $d = 32 \div 80$ мм; $d_1 = 13 \div 32$ мм; $L = 40 \div 65$ мм; $z = 4$	

диаметра (профили б и е) наклонена к ней под углом 10—15°. Профиль в кроме криволинейной спинки имеет ленточку. Высота ее та же, что у профиля а. Профили д и ж применяют у зенкоров, оснащенных пластинами твердого сплава, не имеющих ленточки на корпусе. Профиль з применяют у насадных зенкоров, также оснащенных пластинами твердого сплава; высота зуба $h = (0,1 \div 0,16) d$. Профиль г отличается наличием двух ленточек на каждом зубе, что позволяет получать отверстия качества точности Н8.

Предельные отклонения наружного диаметра зенкоров приведены в табл. 10.19. Наружный диаметр уменьшается по направ-

лению к хвостовику на 0,04—0,08 мм на 100 мм длины при $d \leq 18$ мм или на 0,05—0,1 мм на 100 мм длины при $d > 18$ мм.

Параметры шероховатости передней и задней поверхностей для быстрорежущих зенкоров — $R_z \leq 6,3$ мкм, $R_z \leq 3,2$ мкм;

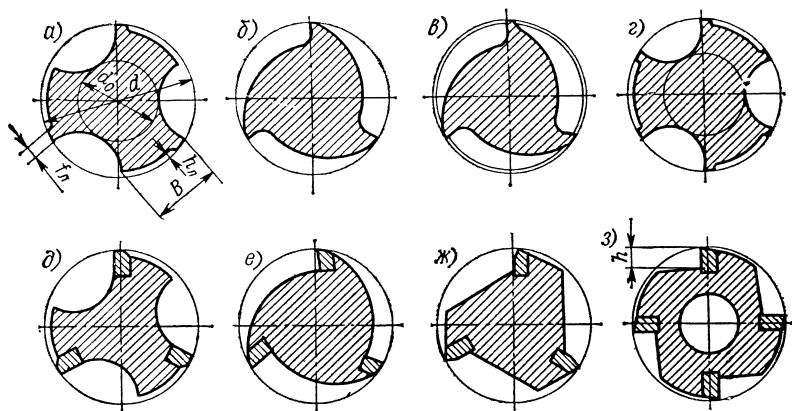


Рис. 10.21. Основные формы профиля поперечного сечения зенкоров

для зенкоров, оснащенных пластинами твердого сплава — $R_z \leq 1,6$ мкм. Допуск осевого биения главных режущих кромок — 0,04 мм при $d < 18$ мм; 0,05 мм при $d = 18 \div 30$ мм и 0,063 мм при $d > 30$ мм. Допуск радиального биения относительно оси зенкера: 0,032 мм при $d < 30$ мм и 0,04 мм при $d > 30$ мм.

10.19. Предельные отклонения наружного диаметра стандартных зенкоров

Диаметр зенкера, мм	Зенкер № 1		Зенкер № 2	
	Предельное отклонение, мкм			
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
10—18	—210	—245	+70	+36
18—30	—245	—290	+85	+40
30—50	—290	—340	+100	+50
50—80	—350	—410	+120	+60
80—100	—420	—490	+140	+70

Режимы резания, силы резания, мощность при зенкеровании. Геометрические параметры режущей части зенкоров приведены на рис. 10.22, а и изменяются в зависимости от условий обработки. Передний угол γ_N у быстрорежущих зенкоров зависит от угла наклона канавок ω и угла λ или угла λ_1 :

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \frac{\operatorname{tg} \omega - \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi}{\sin \varphi};$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \lambda_1 \sin \varphi.$$

Обычно $\lambda_1 = 0$, при этом $\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \omega / \sin \varphi$.

У зенкоров, оснащенных пластинами из твердого сплава, угол γ_N определяется углом врезания пластины, который обычно равен 10° , а $\lambda_1 > 0$. Углы ω и λ (λ_1) определяются конструкцией зенкера, а угол φ — заточкой его режущей части. У стандартных

зенкеров $\varphi = 60^\circ$, переходную кромку рационально затачивать под углом $\varphi_1 = 30^\circ$ (рис. 10.22, б).

При разработке конструкций зенкеров для определенных условий обработки следует назначать γ_N , φ , а затем ω . При обработке низколегированных малоуглеродистых сталей $\gamma_N = 15 \div 20^\circ$, конструкционных сталей средней твердости $\gamma_N = 8 \div 12^\circ$, чугуна средней твердости $\gamma_N = 6 \div 10^\circ$, сталей и чугунов повышенной твердости $\gamma_N = 0 \div 5^\circ$ и при обработке легких сплавов $\gamma_N = 25 \div 30^\circ$.

Задний угол режущей части α_N образуется заточкой или затыловкой; для стандартных зенкеров $\alpha_N = 6 \div 8^\circ$.

Длина режущей части $l_1 = (\Delta + t) \operatorname{ctg} \varphi$, где $\Delta = (0,5 \div 1,0)$ t ; $t = (d - d_0)/2$.

Ниже приведены значения припуска на обработку t в зависимости от диаметра d :

d , мм	До 18	18—30	30—50	50—80	80—100
$2t$, мм	2,5—3,5	4—4,5	5,5—8	7—10	8—12

Режимы резания определяют по нормативам [208] или рассчитывают по формулам. Подача, мм/об, равна $s_o = C_s d^{0,6}$.

Значения постоянной C_s для материалов различной твердости следующие: для чугуна твердостью ≤ 170 HB — 0,125—0,250, > 170 HB — 0,075—0,150; для сталей твердостью ≤ 160 HB — 0,095—0,19; 160—240 HB — 0,07—0,14; 240—300 HB — 0,052—0,105; > 300 HB — 0,042—0,085.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^{n_v} \text{HB}^{\pm n_v}}{T^m t^x s_o^y}.$$

Знак «плюс» у n_v — при обработке сталей твердостью ≤ 155 HB, а знак «минус» — при обработке сталей твердостью > 155 HB; $n_v = 0,9$ — при обработке сталей и $n_v = 1,3$ — при обработке чугунов. Значения показателей степени m ; x ; y ; q и значение C_v приведены в табл. 10.20 и 10.21. Средняя стойкость $T \approx (1,5 \div \div 1,8) d$, мин.

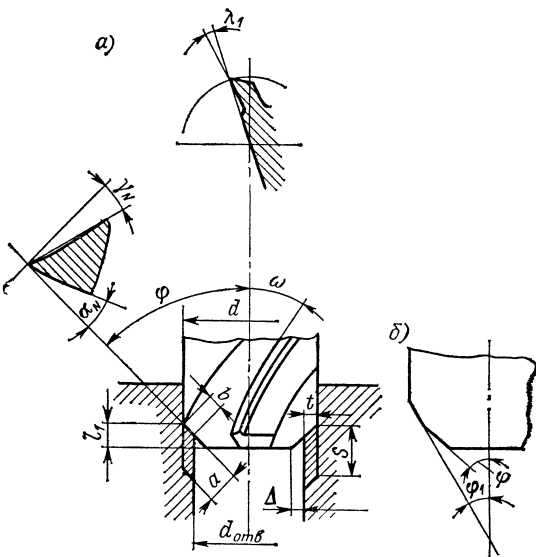


Рис. 10.22. Геометрические параметры режущей части зенкера

**10.20. Значения показателей степеней m , x , y , q
для определения скорости резания при зенкеровании и развертывании**

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части											
	зенкера								развертки			
	Инструментальная сталь				Твердый сплав				Быстрорежущая сталь			
	m	x	y	q	m	x	y	q	m	x	y	q
Сталь, цветные металлы, сплавы Чугун, бронза	0,3	0,2	0,5	0,3	—	—	—	—	0,4	0,2	0,65	0,3
	0,125	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,45	0,1	0,3	0,1	0,5	0,2

10.21. Значение коэффициента C_v при зенкеровании и развертывании

Обрабатываемый материал	Зенкер				Развертка быстроре- жущая
	быстрорежущий		твердосплавный		
	концевой	насадной	конце- вой	на- сад- ной	
Сталь конструкционная с $\sigma_B \leq 900$ МПа (≤ 155 НВ)	0,226	0,2	—	—	0,152
Сталь конструкционная и легированная с $\sigma_B =$ $= 900$ МПа (>150 НВ)	2 000	1 800	—	—	1,310
Сталь автоматная (140— 230 НВ)	3 000	2 700	—	—	1,960
Сталь инструментальная легированная (210— 240 НВ)	6,40	5,75	—	—	5,250
Сталь аустенитного клас- са (210—240 НВ)	6,40	5,75	—	—	5,250
Серый чугун (140— 240 НВ)	17 000	15 400	87 000	78 000	14 500
Ковкий чугун (120— 200 НВ)	21 400	19 000	108 700	97 900	18 100
Бронза средней твердо- сти	56	50	—	—	—
Алюминий и его сплавы	80	72	—	—	—
Латунь	48	53	—	—	—

Площадь сечения среза каждым зубом, мм^2 , $f_z = ab = s_z t$; площадь сечения среза всеми зубьями $f = s_0 t$.

В зависимости от значений s_0 и t по нормативам [208] рассчитывают силы резания, а в зависимости от сил и скорости — мощность резания.

Зенковки

Зенковки цилиндрические. Основные типы и размеры стандартных зенковок приведены в табл. 10.22.

Зенковки отличаются наличием направляющей цапфы с углом φ , равным 90° , четырьмя зубьями у всех типов. В остальном кон-

10.22. Основные типы и размеры цилиндрических зенковок для обработки опорных поверхностей под крепежные детали (ГОСТ 12876—67) с направляющими цапфами под сквозные отверстия (ГОСТ 11284—75)

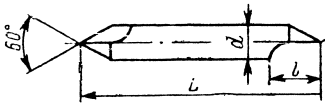
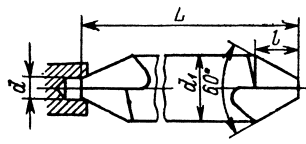
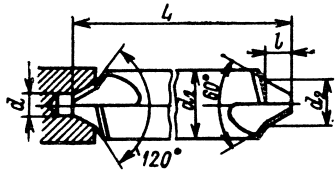
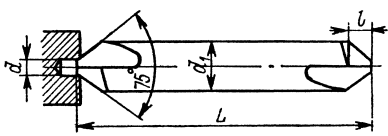
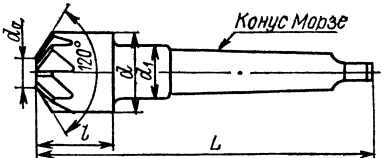
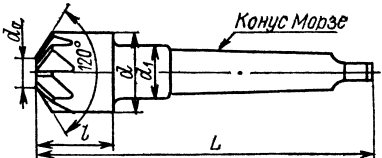
Тип и основные размеры	Эскиз
Тип 1, с постоянной направляющей цапфой и цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 15599—70) $d = 2,3 \div 14$ мм; $d_{ц} = 1,2 \div 8,4$ мм; $d_1 = 3 \div 14$ мм; $L = 40 \div 100$ мм; $l = 2,5 \div 7$ мм; $l_1 = 6 \div 20$ мм	
Тип 2, со сменной направляющей цапфой и коническим хвостовиком (ГОСТ 15599—70) $d = 11 \div 40$ мм; $L = 125 \div 250$ мм; $d_{ц} = 4 \div 10$ мм; конус Морзе № 1—4	
Тип 3, насадные (ГОСТ 15599—70) $d = 34 \div 63$ мм; $L = 40 \div 50$ мм; $d_1 = 10 \div 22$ мм	
Тип 4, со сменной направляющей цапфой и хвостовиком под штифтовый замок (ГОСТ 15599—70) $d = 11 \div 63$ мм; $L = 60 \div 110$ мм; $l = 25 \div 50$ мм; $d_{ц} = 4 \div 16$ мм; $d_6 = 10 \div 40$ мм	
Примечание. Цапфы направляющие к зенковкам — по ГОСТ 15601—70, винты — по ГОСТ 1477—75, оправки — по ГОСТ 15602—70.	

Структура зенковок аналогична конструкции зенкеров. Кроме стандартных, используют зенковки для станков с ЧПУ (ОСТ 2И-25-2—80) с цилиндрическим ($d = 15 \div 24$ мм) и коническим хвостовиком ($d = 15 \div 40$ мм), а также зенковки, оснащаемые твердосплавными пластинами. Угол наклона стружечных канавок зенковок из быстрорежущих сталей — 15° , зенковок, оснащенных твердым сплавом — 10° (совпадает с углом врезания пластины, т. е. $\gamma = 10^\circ$). Предельные отклонения диаметров стандартных зенковок приве-

10.23. Предельные отклонения диаметров зенковок

Диаметр зенковки, мм	Предельные отклонения, мкм	
	верхнее	нижнее
2,3—2,9	+180	+120
3,3—6,0	+240	+160
7,0—10,0	+300	+200
11,0—18,0	+360	+240
19,0—30,0	+420	+280
32,0—50,0	+500	+340
52,0—63,0	+600	+400

10.24. Основные типы и размеры конических зенковок (ГОСТ 14953—69)

Тип и основные размеры	Эскиз
Зенковки центровочные для центровых отверстий 60°, тип 1 $d = 5; 8 \text{ мм}; L = 50; 60 \text{ мм}; l = 10; 12 \text{ мм}$	
Зенковки центровочные для центровых отверстий 60° без предохранительного конуса, тип 2 $d = 2 \div 6,3 \text{ мм}; d_1 = 5 \div 16 \text{ мм}; L = 45 \div 71 \text{ мм}; l = 3 \div 9,5 \text{ мм}$	
Зенковки центровочные для центровых отверстий 60° с предохранительным конусом 120°, тип 3 $d = 0,8 \div 6,3 \text{ мм}; d_1 = 5 \div 25 \text{ мм}; d_2 = 1,55 \div 12,5 \text{ мм}; L = 35,5 \div 71 \text{ мм}; l = 0,82 \div 6,5 \text{ мм}$	
Зенковки центровочные для центровых отверстий 75° без предохранительного конуса, тип 4 $d = 2,0; 2,5 \text{ мм}; d_1 = 6,3; 8 \text{ мм}; L = 45; 50 \text{ мм}; l = 3,1; 3,9 \text{ мм}$	
Зенковки для центровых отверстий 60° с коническим хвостовиком, тип 5 $d = 16 \div 63 \text{ мм}; L = 110 \div 120 \text{ мм}; d_0 = 3 \div 12 \text{ мм}; d_1 = 14 \div 40 \text{ мм}; l = 30 \div 65 \text{ мм}; \text{конус Морзе № 1—4}$	
Зенковки для центровых отверстий 75° с коническим хвостовиком, тип 6 $d = 32 \div 63 \text{ мм}; L = 145 \div 200 \text{ мм}; d_0 = 6 \div 12 \text{ мм}; d_1 = 22 \div 40 \text{ мм}; l = 40 \div 55 \text{ мм}; \text{конус Морзе № 2—4}$	
Зенковки для центровых отверстий 120° с коническим хвостовиком, тип 7 $d = 16 \div 63 \text{ мм}; L = 100 \div 190 \text{ мм}; d_0 = 4 \div 16 \text{ мм}; d_1 = 14 \div 40 \text{ мм}; l = 20 \div 40 \text{ мм}; \text{конус Морзе № 1—4}$	

дены в табл. 10.23. Режимы обработки выбираются аналогично режимам обработки для зенкоров, но подача принимается в 2 раза меньшей.

Зенковки конические. Основные типы и размеры их (ГОСТ 14953—69) приведены в табл. 10.24. Они применяются для доработки центровых отверстий после сверления.

Материал зенковок с цилиндрической державкой — быстрорежущая сталь. Зенковки с коническим хвостовиком — сварные,

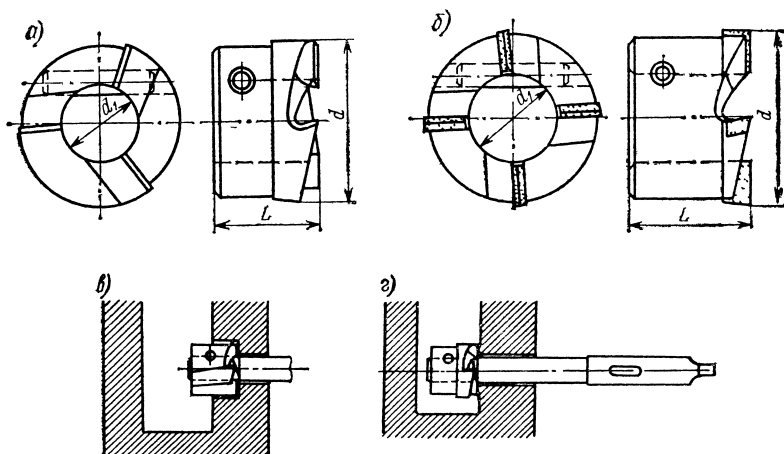


Рис. 10.23. Зенковки-подрезы обратные

рабочая часть из быстрорежущей стали приваривается к хвостовику из стали марки 45 или 40X. Твердость рабочей части зенковок составляет 61—64 HRC₃ ($d \leq 3,15$ мм) или 62—65 HRC₃ ($d > 3,15$ мм).

Передние углы режущей части зенковок всех типов и углы λ равны 0. Задние углы зенковок типов 1—4 равны задним углом центровых сверл, а у зенковок типов 5—7 $\alpha = 12^\circ$. Допуск биения режущих кромок зенковок типов 1—4 — 0,03 ($d \leq 3,15$ мм) или 0,04 мм ($d > 3,15$ мм). Допуск биения режущих кромок зенковок типов 5—7 — 0,05 мм.

Режимы резания выбираются по центровочным сверлам.

Зенковки-подрезы обратные. На рис. 10.23, а приведены зенковки-подрезы односторонние и двусторонние из быстрорежущих сталей (МН 727—60), а на рис. 10.23, б — оснащенные пластинами из твердых сплавов (МН 729—60).

Размеры зенковок-подрезов: рис. 10.23, а — $d = 25 \div 100$ мм; $d_1 = 10 \div 50$ мм; $L = 24 \div 55$ мм; рис. 10.23, б — $d = 25 \div 95$ мм; $d_1 = 11 \div 52$ мм; $L = 28 \div 70$ мм.

Зенковки предназначены для обработки торцовых поверхностей, приливов, бобышек, отверстий под головки винтов и т. д. (см. рис. 10.23, в, г).

10.9. Развертки

Развертки цилиндрические предназначены для чистовой обработки отверстий 6—10-го квалитетов точности с параметром шероховатости обработанной поверхности $R_a \leq 2,5$ мкм при обработке стальными и $R_a \leq 0,63$ мм при обработке твердосплавными развертками.

Развертки конические служат для образования конических отверстий под штифты, конусы и т. д.

Обозначение разверток по ОКП приведено в табл. 10.25.

Развертки состоят из рабочей части и корпуса (хвостовика).
Материал разверток:

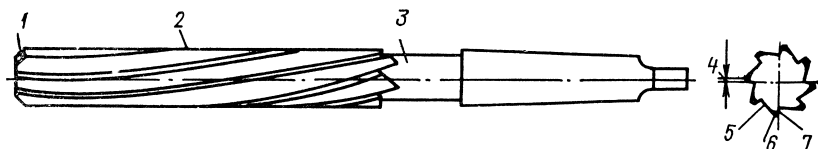


Рис. 10.24. Элементы конструкции разверток: 1, 2 — режущая и калибрующая части; 3 — корпус (хвостовик); 4 — ленточка; 5 — стружечная канавка; 6 — задняя поверхность зуба; 7 — передняя поверхность зуба

ручные цельные (корпус и рабочая часть из одного материала) — сталь марки 9ХС или быстрорежущая сталь (диаметр разверток до 13 мм), машинные цельные — быстрорежущая сталь (диаметр разверток до 10,0 мм);

ручные сварные и машинные сварные или напайные — рабочая часть — сталь 9ХС, быстрорежущая сталь, твердый сплав (машинные развертки), корпус — сталь 45 или 40Х;

сборные развертки; ножи — быстрорежущая сталь, корпус — стали марок У7 и У8.

Твердость рабочей части разверток: из стали 9ХС — 61—63 HRC₉ ($d < 8$ мм) или 62—64 HRC₉ ($d > 8$ мм), из быстрорежущей стали 61—63 HRC₉ ($d \leq 6$ мм) или 62—65 HRC₉ ($d > 6$ мм).

Твердость корпуса сварных разверток из стали 40Х — 35—45 HRC₉, сборных разверток 35—45 HRC₉, напайных разверток 30—40 HRC₉ (у концевых — на длине стружечных канавок, у насадных на всей длине корпуса).

Твердость квадратов хвостовиков лапок 30—45 HRC₉ или 35—55 HRC₉ (у цельных разверток).

Точность изготовления цилиндрических хвостовиков h7, конуса Морзе по АТ7 для цилиндрических машинных разверток и АТ8 — для остальных.

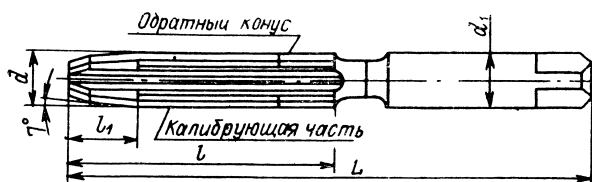
Развертки цилиндрические. Основные типы и размеры цилиндрических стандартных разверток приведены в табл. 10.26. Основные элементы разверток приведены на рис. 10.24. Рабочая часть имеет стружечные канавки — прямые ($\omega = 0$) или винтовые ($\omega = \pm 25^\circ$), разделяющие зубья разверток. Число зубьев (ка-

10.25. Обозначение разверток по ОКП

Группа 1700 Развертки	
Подгруппа	Вид
1710 — развертки из инструментальных сталей ручные	1711 — цельные с прямыми канавками 1712 — цельные с винтовыми канавками 1713 — разжимные 1714 — сборные регулируемые
1720 — развертки из быстрорежущей стали машинные с цилиндрическим и коническим хвостовиками	1721 — с цилиндрическим хвостовиком 1722 — с коническим хвостовиком цельные 1723 — с коническим хвостовиком сборные 1724 — с цилиндрическим хвостовиком и удлиненной рабочей частью 1725 — с коническим хвостовиком и удлиненной рабочей частью
1730 — развертки из быстрорежущей стали машинные насадные	1731 — цельные 1732 — сборные
1740 — развертки твердосплавные (кроме специальных и к станкам с ЧПУ)	1741 — с цилиндрическим хвостовиком цельные 1742 — с коническим хвостовиком цельные 1744 — с коническим хвостовиком с напайными пластинками 1745 — насадные с напаянными пластинками 1746 — насадные сборные с напаянными пластинками
1750 — развертки конические	1751 — с конусностью 1 : 50, 1 : 30, 1 : 20 1754 — под конусы Морзе 1755 — с конусностью 1 : 16 1756 — с другими конусностями
1760 — развертки котельные, однозубые, специальные	1761 — котельные 1762 — однозубые (однокромочные, однолезвийные одностороннего резания) твердосплавные 1768 — специальные из быстрорежущей стали 1769 — специальные твердосплавные
1790 — развертки для станков с ЧПУ	1791 — для станков с ЧПУ из быстрорежущей стали 1792 — для станков с ЧПУ твердосплавные

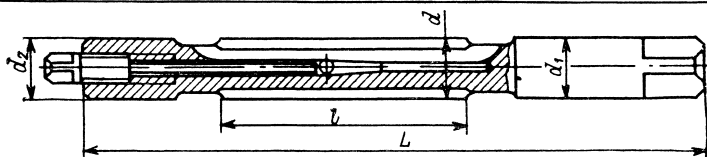
10.26. Основные типы и размеры цилиндрических разверток

Наименование, тип и основные размеры



Развертки ручные цилиндрические (ГОСТ 7722—77)

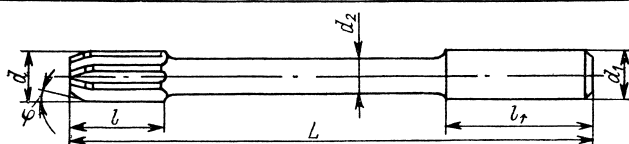
$d = 3 \div 40$ мм; $d_1 = 3 \div 40$ мм; $L = 62 \div 305$ мм; $l = 31 \div 152$ мм;
 $l_1 = 10 \div 42$ мм; $z = 6$ при $d \leq 10$ мм; $z = 8$ при $10 \text{ мм} < d < 30$ мм;
 $z = 10$ при $30 \text{ мм} < d < 35$ мм; $z = 12$ при $d \geq 35$ мм



Развертки ручные разжимные (ГОСТ 3509—71)

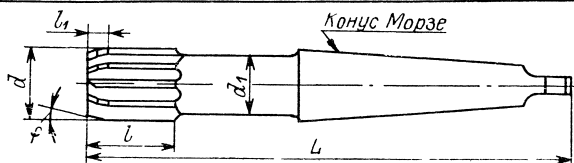
$d = 8 \div 50$ мм; $L = 110 \div 380$ мм; $d_1 = 8 \div 50$ мм; $d_2 = 7,7 \div 49,7$ мм;
 $z = 6$ при $d \leq 10$ мм; $z = 8$ при $10 \text{ мм} < d < 30$ мм; $z = 10$ при $30 \text{ мм} < d \leq 45$ мм;
 $z = 12$ при $d > 45$ мм

Регулирование по диаметру не менее 0,16 мм при $d = 8 \div 10$ мм; 0,25 мм при $d = 10 \div 20$ мм; 0,40 мм при $d = 20 \div 30$ мм; 0,5 мм при $d > 30$ мм



Развертки машинные цельные тип I (ГОСТ 1672—71)

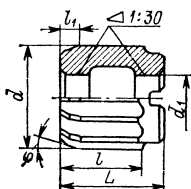
$d = 3,0 \div 9,0$ мм; $d_1 = 3,0 \div 9,0$ мм; $L = 60 \div 100$ мм; $l = 10,0 \div 16,0$ мм;
для $d \leq 8$ мм и $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 2,0$ мм; для $d \leq 8$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 1,0$ мм;
для $d = 9$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 4,5$ мм; для $d = 9$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 2,5$ мм



Развертки машинные цельные, тип II (ГОСТ 1672—71)

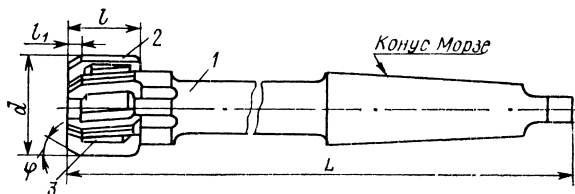
$d = 10 \div 32$ мм; $L = 140 \div 240$ мм; $d_1 = 8 \div 23$ мм; $l = 16 \div 25$ мм; конус Морзе № 1—3; $z = 6$ при $d = 10$ мм; $z = 8$ при $d \leq 28$ мм; $z = 10$ при $d \geq 30$ мм; для $d = 10 \div 30$ мм и $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 4,5$ мм; для $d > 30$ мм и $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 6,5$ мм; для $d = 10 \div 30$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 2,5$ мм; для $d > 30$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 3,5$ мм; для $d = 10 \div 30$ мм и $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 1,0$ мм; для $d > 30$ мм и $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 1,5$ мм

Наименование, тип и основные размеры



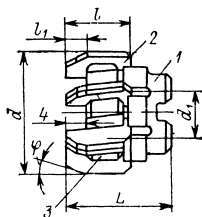
Развертки машинные цельные насадные, тип III (ГОСТ 1672—71)

$d = 25 \div 50$ мм; $d = 13 \div 22$ мм; $L = 30 \div 42$ мм; $l = 22 \div 30$ мм; $z = 8$ при $d \leq 30$ мм; $z = 10$ при $30 \text{ мм} \leq d \leq 35$ мм; $z = 12$ при $d \geq 35$ мм; $\varphi = 5; 15; 45^\circ$; значения l_1 те же, что в предыдущем случае



Развертки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали, тип I (ГОСТ 883—71); 1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

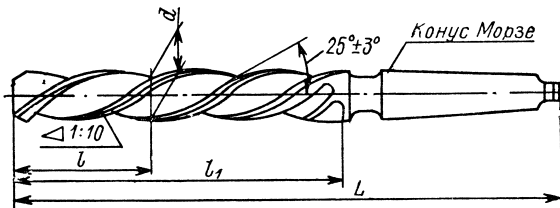
$d = 32 \div 50$ мм; $L = 243 \div 319$ мм; $l = 32 \div 50$ мм; $z = 6$; $\varphi = 5; 15; 45^\circ$; значения l_1 те же, что в предыдущем случае



Развертки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали, насадные, тип II (ГОСТ 883—71); 1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

$d = 40 \div 100$ мм; $L = 49 \div 74$ мм; $d_1 = 16 \div 40$ мм; $l = 28 \div 40$ мм; $z = 6$ для $d \leq 55$ мм; $z = 8$ для $d = 58 \div 78$ мм; $z = 10$ для $d > 78$ мм; $\varphi = 5; 15; 45^\circ$; для $d \leq 50$ мм l_1 те же, что в предыдущем случае; для $d > 50$ мм и $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 2$ мм; для $d > 50$ мм и $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 4,5 \div 5$ мм; для $d > 50$ мм и $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 8 \div 9$ мм

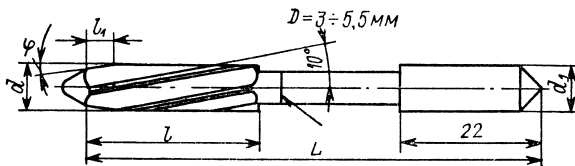
Наименование, тип и основные размеры



Развертки котельные машинные с левыми винтовыми канавками и коническим хвостовиком для обработки отверстий под заклепки для корабельных и мостовых работ (ГОСТ 18121—72)

$d = 6,4 \div 40,0$ мм; $L = 155 \div 375$ мм; $l = 30 \div 92$ мм; $l_1 = 75 \div 230$ мм; $z = 4$; конус Морзе № 1—4

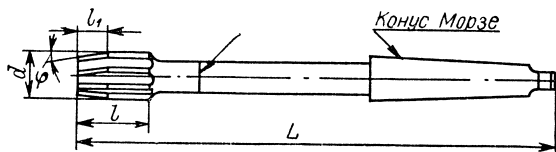
Тип 2



Развертки машинные цельные из твердого сплава с цилиндрическим хвостовиком с прямыми или винтовыми канавками (ГОСТ 16086—70)

$d = 3 \div 10$ мм; $L = 60 \div 100$ мм; $l = 12 \div 20$ мм; $d_1 = 3 \div 9$ мм; $l_1 = 1 \div 5,0$ мм; $\varphi = 5; 15; 45^\circ$; $z = 4; 6$

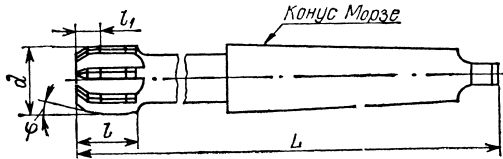
Тип 1



Развертки машинные цельные с коническим хвостовиком из твердого сплава с прямыми или винтовыми канавками (ГОСТ 16087—70)

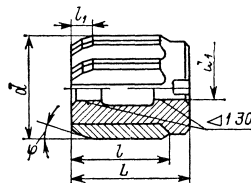
$d = 6,5 \div 12$ мм; $L = 120 \div 150$ мм; $l = 18 \div 22$ мм; $l_1 = 1 \div 5,0$; $z = 4; 6$; $\varphi = 5; 15; 45^\circ$

Наименование, тип и основные размеры



Развертки машинные, оснащенные пластинами из твердого сплава, с коническим хвостовиком, тип I (ГОСТ 11175—71)

$d = 10 \div 32,0$ мм; $L = 140 \div 240$ мм; $l = 16 \div 22$ мм; $z = 4$ для $d \leq 15$ мм; $z = 6$ для $d > 15$ мм; конус Морзе № 1—3; для $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 1$ мм; для $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 2,5$ мм; для $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 4,5$ мм



Развертки машинные, оснащенные пластинами из твердого сплава, насадные, тип II (ГОСТ 11175—71)

$d = 32 \div 50$ мм; $L = 40 \div 55$ мм; $d_1 = 13 \div 22$ мм; $l = 32$ мм; $z = 6$ для $d \leq 34$ мм; $z = 8$ для $d = 35 \div 40$ мм; $z = 10$ для $d > 40$ мм; для $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 1,5$ мм; для $\varphi = 15^\circ$ $l_1 = 3,5$ мм; для $\varphi = 5^\circ$ $l_1 = 6,5$ мм

навок) разверток зависит от их конструкции (для стандартных разверток оно приводится в таблице, для конструкций, аналогичных стандартным, число зубьев можно принять равным стандартному или определить по графикам на рис. 10.25).

Расположение зубьев по окружности может быть равномерным или неравномерным, различие значений центральных углов, ограничивающих зубья, может достигать 30° (у стандартных разверток $0,5-5^\circ$).

Форма зубьев в сечении, перпендикулярном к оси развертки, представлена на рис. 10.26. Передняя поверхность обычно прямолинейна ($\omega = 0$; $\gamma = 0$). Ленточка ($f = 0,05 \div 0,4$ мм) выполнена по цилиндру.

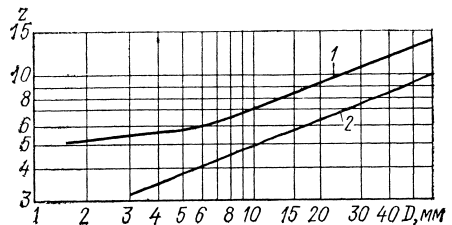


Рис. 10.25. Зависимость числа зубьев развертки от диаметра обработки: 1 — для разверток из быстрорежущей стали; 2 — для разверток, оснащенных твердым сплавом

Наружный диаметр, измеренный в начале калибрующей части, должен соответствовать диаметру обрабатываемого отверстия, расположение допусков и поле допуска на диаметр должны учитывать разбивку отверстия во время обработки, уменьшение размера при переточках и т. д. В связи с этим поле допуска на диа-

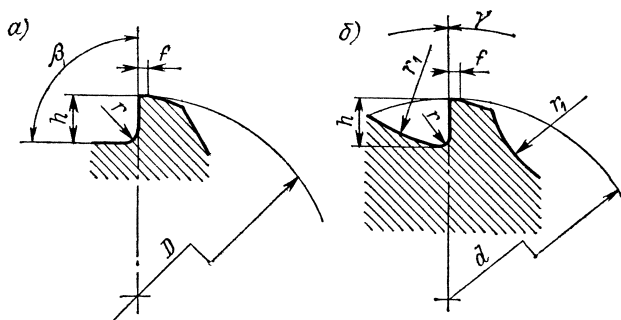


Рис. 10.26. Форма зуба разверток: а — ломаная, выпуклая; б — вогнутая

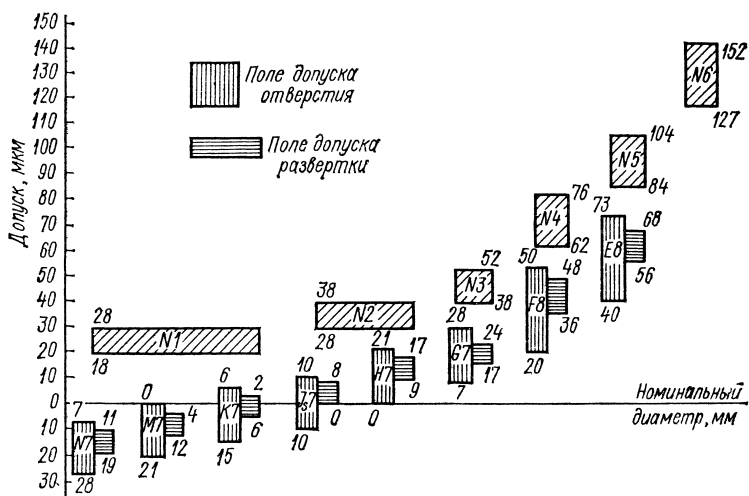


Рис. 10.27. Схема расположения допусков на отверстия и развертки для их обработки

метр развертки следует смещать к верхнему пределу поля допуска отверстия (оставляя запас на разбивку).

Допуски на диаметр доведенных разверток приведены в ГОСТ 13779—77, ГОСТ 7722—77, с припуском под доводку номеров 1—6 — в ГОСТ 11173—76.

Примеры значений полей допусков на развертки для отверстий под посадку Н различных квалитетов приведены в табл. 10.27.

Поля допусков разверток для отверстий с другими посадками одного качества точности остаются постоянными и равными табличным значениям. Положение полей допусков определяется следующей зависимостью: верхнее положение размера развертки должно отстоять от верхнего размера отверстия одного качества и посадки на 0,15 поля допуска отверстия. Поле допуска на развертку приблизительно равно 0,35 поля допуска отверстия (рис. 10.27).

По направлению к хвостовику наружный диаметр уменьшается не более чем на 0,5 допуска на диаметр.

Режущая часть разверток должна быть заточена. Параметры шероховатости поверхностей режущей и калибрующей частей разверток приведены в табл. 10.28.

Допуск биения зубьев режущей части приведен в табл. 10.29, допуск радиального биения зубьев калибрующей части — в табл. 10.30.

Режущая часть разверток имеет форму, зависящую от условий обработки. На рис. 10.28 приведены варианты заточки режущей части разверток. На рис. 10.28, а — наиболее простая форма,

10.27. Поля допусков на наружный диаметр разверток

Наружный диаметр, мм	Поле допуска (верхнее отклонение/нижнее отклонение), мкм						
	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
1—3	+5 +2	+8 +4	+11 +6	+21 +12	+34 +20	+51 +30	+85 +50
3—6	+6 +3	+10 +5	+15 +8	+25 +14	+40 +23	+63 +36	+102 +60
6—10	+7 +3	+12 +6	+18 +10	+30 +17	+49 +28	+76 +44	+127 +74
10—18	+9 +5	+15 +8	+22 +12	+36 +20	+59 +34	+97 +54	+153 +90
18—30	+11 +6	+17 +9	+28 +16	+44 +25	+71 +41	+110 +64	+178 +104
30—50	+13 +7	+21 +12	+33 +19	+52 +30	+85 +50	+136 +80	+212 +124
50—80	+16 +9	+25 +14	+39 +22	+62 +36	+102 +60	+161 +94	+255 +150
80—120	+18 +10	+29 +16	+45 +26	+73 +42	+119 +70	+187 +110	+277 +174

**10.28. Параметры шероховатости R_z , мкм,
поверхности режущей части разверток**

Поверхность	Чистовые развертки		Развертки с припуском под доводку	
	Квалитет отверстия		Номер развертки	
	6; 7— 9	10; 11	1— 3	4— 6
Передняя поверхность развертки или ножа	1,6	$\frac{3,2}{1,6}$	$\frac{1,6}{3,2}$	3,2
Задняя поверхность ре- жущей части и ленточка на калибрующей части	$\frac{1,6}{0,8; 1,6}$	3,2		
Задняя поверхность ка- либрующей части	6,3			

Пр и м е ч а н и е. В числителе приведены значения для разверток из быстрорежущих сталей, в знаменателе — значения для разверток, оснащенных твердым сплавом (если эти значения отличаются от первых).

10.29. Допуски биений зубьев режущей части разверток, мкм

Диаметр развертки, мм	Для разверток доведенных, класса точности/кавалитета				Для разверток с припуском под доводку номеров	
	1/6	2,2a/7; 8	3; 3a/9; 10	4/1	1—3	4—6
<i>Развертки стальные</i>						
3—10	10	12	16	20	16	20
10—30	12	16	20	25	20	25
Св. 30	16	20	25	32	25	32
<i>Развертки цельные твердосплавные</i>						
1—6	—	10	12	—	12	15
6—10	—	12	16	—	16	20
10—12	—	16	20	—	20	25

применяемая в стандартных развертках ($\varphi = 45^\circ$). Задняя поверхность затачивается наостро или с оставлением ленточки. Развертки с углом $\varphi < 45^\circ$ имеют дополнительную фаску $s \times 45^\circ$ (рис. 10.28, б). Получают распространение развертки с ломаной режущей кромкой (рис. 10.28, в) или с криволинейной кромкой (рис. 10.28, г). При обработке вязких материалов, в том числе коррозионно-стойких и жаропрочных сталей применяют кольцевую форму режущей части. Размеры $d_1 = d - 0,2$ мм; $d_2 = d - 0,5$ мм или устанавливаются опытным путем (рис. 10.28, д).

10.30. Допуски радиального биения зубьев калибрующей части, мкм

Диаметр развертки, мм	Для разверток доведенных, класса точности/качества				Для разверток с при- пуском под доводку номеров	
	1/6	2,2a/7; 8	3; 3a/9, 10	4/11	1—3	4—6
<i>Развертки стальные</i>						
3—10	6	8	10	12	10	12
10—30	8	10	12	16	12	16
Св. 30	10	12	16	20	16	20
<i>Развертки цельные твердосплавные</i>						
1—6	—	6	8	—	8	10
6—10	—	8	10	—	10	12
10—12	—	10	12	—	12	16

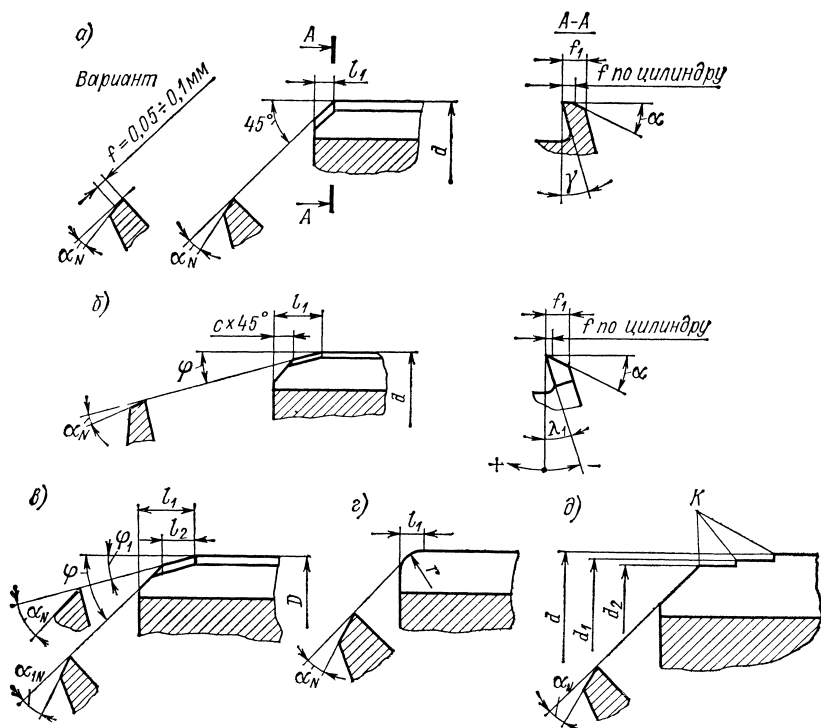


Рис. 10.28. Форма и геометрические параметры режущей части разверток

10.31. Значение коэффициента C_s

Обрабатываемый материал	Группа подач			Обрабатываемый материал	Группа подач		
	I	II	III		I	II	III
Сталь твердостью: < 160 НВ $160-240$ НВ > 240 НВ	0,20 0,16 0,12	0,15 0,12 0,09	0,10 0,08 0,06	Чугун твердостью > 170 НВ Цветные металлы: мягкие твердые	0,20 0,20 0,33	0,15 0,15 0,25	0,10 0,10 0,16
Пр и м е ч а н и е. I группа подач — предварительное развертывание после сверления или зенкерования; II группа — чистовое развертывание после черного развертывания или растачивания; III группа — чистовое развертывание под дальнейшую отделку или развертывание отверстий 8-го качества без предварительного развертывания.							

Углы в плане: $\varphi = 1^\circ$ для ручных разверток с прямыми канавками для сквозных отверстий, $\varphi = 6^\circ$ — для ручных разверток с винтовыми канавками, φ равно 5; 15 или 45° — для машинных разверток для хрупких, вязких материалов и работы в упор в глухих отверстиях соответственно. Передний угол в большинстве случаев $\gamma = 0$, при обработке вязких материалов $\gamma = 7 \div 10^\circ$.

Задние углы α , α_N , α_{1N} принимают значения от 6 до 15° . При обработке углеродистых и легированных сталей с $\sigma_B = 500$ МПа, а также при обработке титана $\alpha = 6 \div 10^\circ$, при обработке алюминиевых сплавов $\alpha = 10 \div 15^\circ$.

Процесс развертывания отличается рядом особенностей: уменьшенными припусками на обработку; увеличенным числом зубьев, участвующих одновременно в работе;

малой толщиной и большой шириной стружки, пониженными в этой связи нагрузками на каждую кромку;

надежным направлением развертки по отверстию за счет цилиндрической калибрующей части;

ориентацией развертки по отверстию при врезании режущей части (для обеспечения самоустановки развертки по отверстию применяют «плавающие» патроны, удлиненные оправки для крепления разверток и т. д.).

Режимы резания, силы резания и мощность при развертывании приведены в нормативах [210] или могут быть рассчитаны по формулам, приведенным ниже.

Подача, мм/об.,

$$s_0 = C_s d^{0,7},$$

где C_s — постоянная (определяется по табл. 10.31). Ориентировочно $s_0 = 0,5 \div 1,8$ мм/об. — при обработке стали развертками $d = 10 \div 100$ мм; $s_0 = 0,75 \div 2,7$ мм/об — при обработке чугуна.

**10.32. Режимы резания развертками цельными твердосплавными
при глубине развертывания $(1 \div 3) d$**

Обрабатываемый материал	Диаметр отверстия, мм	Скорость, м/мин	Подача на зуб, мм	Глубина, мм
Высокопрочная сталь с $\sigma_B = 1600 \div 2000$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	15—25 25—30 30—35	0,04	0,05 0,10 0,15
Жаропрочная и коррозионно-стойкая стали с $\sigma_B = 550 \div 600$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	15—20 20—25 25—35	0,06	0,05 0,10 0,15
Жаропрочные сплавы с $\sigma_B = 1000$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	10—15 15—20 20—30	0,05	0,05 0,10 0,15
Серый чугун (180—220 НВ)	От 1 до 6	25	0,06	0,05
	Св. 6 до 10 » 10 » 12	30	0,08	0,10 0,15

Припуск на обработку $t = 0,15 \div 0,5$ мм на сторону в зависимости от диаметра.

Скорость резания, м/мин

$$v = \frac{C_v d^q \text{HB}^{\pm n_v}}{T_m t^{x_v} s_o^{y_v}} k_v,$$

где $k_v = 1$ — для стали Р6М5; $k_v = 0,6$ — для стали 9ХС; $n_v = 0,9$ — при обработке сталей и $n_v = 1,3$ — при обработке чугунов. Значения C_v приведены в табл. 10.21, значения q, m, x_v, y_v — в табл. 10.20.

Значения средней стойкости, T , мин: $T \approx 2d$ — при обработке отверстий в стальных заготовках и $T \approx 3d$ — при обработке отверстий в чугуне.

Ориентировочные значения v , м/мин: $v = 4 \div 10$ — при работе стальными развертками и $v = 5 \div 12$ — при работе развертками с пластинами твердого сплава.

Ориентировочные режимы резания развертками цельными твердосплавными приведены в табл. 10.32.

Параметр шероховатости отверстий $R_a \leq 0,63$ мкм, точность отверстий до 7-го квалитета.

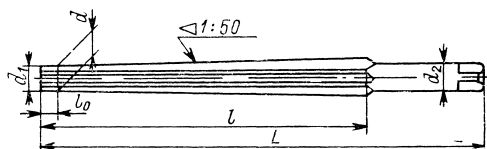
Силы резания, момент и мощность резания помимо нормативов могут быть ориентировочно рассчитаны через сечение среза одним зубом по формулам для резцов и пересчитаны на z зубьев.

Развертки конические. Основные типы и размеры конических стандартных разверток приведены в табл. 10.33. В зависимости

10.33. Основные типы и размеры конических разверток

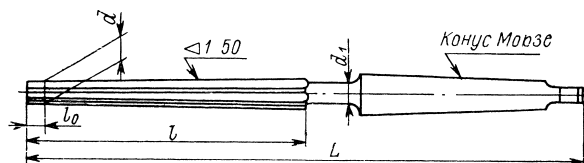
Наименование, тип, основные размеры, эскиз

Исполнение 1



Развертки конические конусностью 1 : 50 с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстия под конические штифты, исполнение 1 (ГОСТ 11177—71)

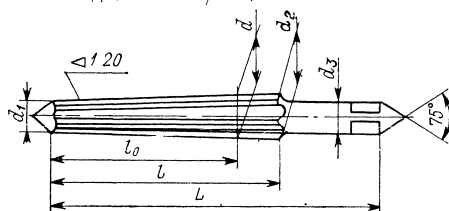
$d = 3 \div 20$ мм; $d_1 = 2,9 \div 19,9$ мм; $d_2 = 4,5 \div 22,4$ мм; $L = 65 \div 370$ мм; $l = 40 \div 320$ мм; $l_0 = 5$; $z = 5$ для $d \leq 6$ мм; $z = 7$ для $d > 6$ мм



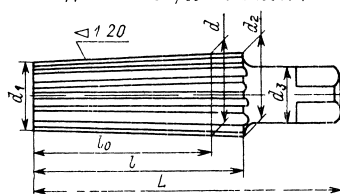
Развертки конические конусностью 1 : 50 с коническим хвостовиком для обработки отверстий под конические штифты, исполнение 1 (ГОСТ 10081—71)

$d = 6 \div 32$ мм; $d_1 = 7,0 \div 30$ мм; $L = 165 \div 385$ мм; $l = 85 \div 235$ мм; $l_0 = 5$ мм для $d \leq 20$ мм; $l_0 = 10$ мм для $d = 20$ мм; $z = 5$ для $d = 6$ мм; $z = 7$ для $d = 8 \div 25$ мм; $z = 9$ для $d = 32$ мм; конус Морзе № 1—4

Для диаметров 4 и 6 мм



Для диаметров 80 и 100 мм

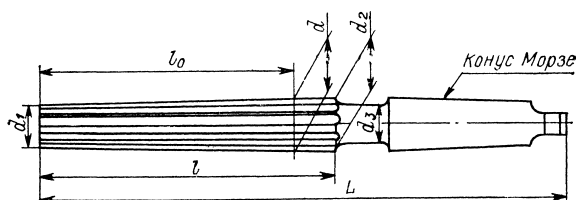


Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под метрические конусы конусностью 1 : 20, чистовые и предварительные (ГОСТ 11183—71)

Для метрических конусов	Размеры, мм							Число зубьев для разверток	
	d	d_1	d_2	d_3	L	l	l_0	предварительных	чистовых
4	4,0	2,9	4,5	4,0	50	32	22	5	6
6	6,0	4,5	6,6	5,0	65	42	30	5	6
80	80,0	70,9	82,0	56,0	340	222	182	13	14
100	100,0	89,3	102,3	71,0	385	260	214	13	16

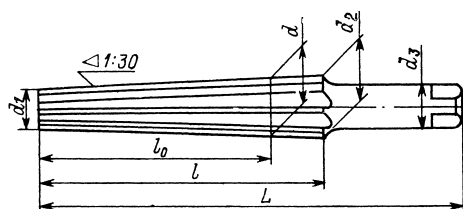
Наименование, тип, основные размеры, эскиз

Исполнение 1



Развертки конические с коническим хвостовиком с прямыми и винтовыми канавками для обработки отверстий под конусы Морзе, чистовые и предварительные (ГОСТ 10079—71)

Размеры см. для разверток по ГОСТ 11182—71, конусы Морзе № 1—5



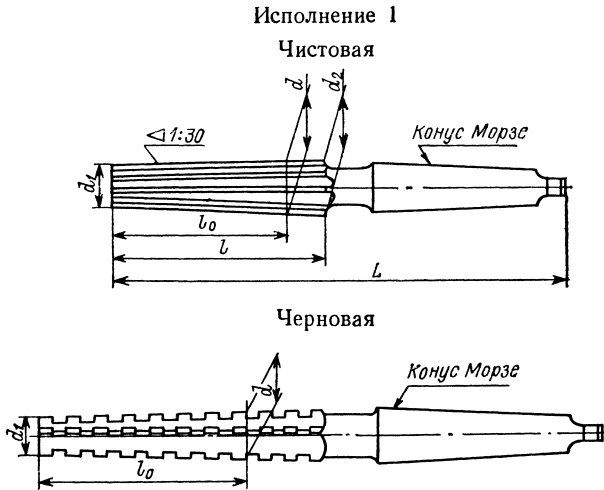
Развертки конические конусностью 1 : 30 с цилиндрическим хвостовиком для обработки посадочных отверстий насадных зенкеров и разверток (ГОСТ 11184—71)

$d = 13,0 \div 60,0$ мм; $d_1 = 10,9 \div 54,9$ мм; $d_2 = 13,6 \div 61$ мм; $d_3 = 11,2 \div 40,0$ мм; $L = 120 \div 270$ мм; $l = 80 \div 184$ мм; $l_0 = 62 \div 154$ мм; $z = 7 \div 13$

Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под конусы Морзе, чистовые и предварительные (ГОСТ 11182—71)

Для конусов Морзе	Размеры, мм							Число зубьев для разверток	
	d	d_1	d_2	d_4	L	l	l_0	предварительных	чистовых
0	9,045	6,547	9,878	8,0	95	64	48	5	6
1	12,065	9,571	12,913	10,0	100	67	50	5	7
2	17,780	14,733	18,729	14,0	125	80	61	5	7
3	23,825	20,010	24,879	20,0	150	97	76	7	9
4	31,267	26,229	32,462	25,0	180	120	97	7	9
5	44,399	37,873	45,767	35,5	230	150	124	9	11
6	63,348	54,380	65,069	45,0	310	205	172	11	13

Название, тип, основные размеры, эскиз



Развертки конические конусностью 1 : 30 с коническим хвостовиком для обработки посадочных отверстий насадных зенкеров и разверток (ГОСТ 10082—71)

$d = 13 \div 40$ мм; $d_1 = 10,9 \div 35,8$ мм; $d_2 = 13,6 \div 41,0$ мм; $L = 160 \div 300$ мм; $l = 80 \div 156$ мм; $l_0 = 62 \div 126$ мм; $z = 7 \div 11$; конус Морзе № 1—4

У черновой развертки направление стружкоразделительных канавок — левое

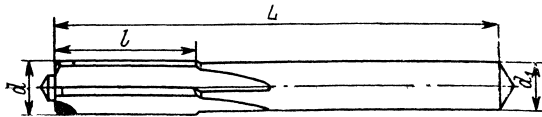


Рис. 10.29. Развертки цилиндрические твердосплавные фирмы «Хам» (ФРГ)

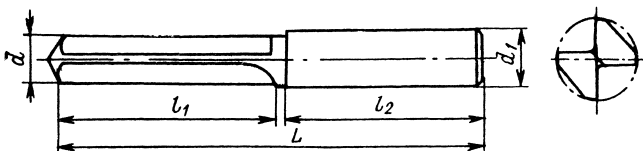


Рис. 10.30. Сверла-развертки

от угла и размеров конуса изменяется нагрузка на развертку, поэтому развертки выпускаются как одноштычными (конусность 1 : 50), так и комплектами из двух-трех штук.

Отличительными особенностями конических разверток являются отсутствие калибрующей цилиндрической части, удлиненная режущая часть с малыми углами φ (в соответствии с углом конуса), тонкие и очень широкие стружки при обработке отверстий. Для разделения стружек у черновых комплектных разверток режущие кромки выполняются прерывистыми.

Режущая часть разверток из-за очень тонких стружек должна быть острозаточенной. Параметр шероховатости передних и задних поверхностей режущей части $R_a \leq 0,63$ мкм — для шлифованных и $R_a \leq 0,32$ мкм — для доведенных разверток. Допуск радиального биения зубьев при проверке в центрах — 0,02 мм при $d < 20$ мм и 0,03 мм при $d > 20$ мм. На задней поверхности зубьев допускается ленточка шириной не более 0,05 мм.

Специальные конструкции разверток. *Развертки цилиндрические твердосплавные четырехзубые*, оснащенные пластинами из сверхтвердых материалов (рис. 10.29) фирмы «Хам» (ФРГ). Пластины закрепляются в уголках двух противоположных зубьев. Материал пластин — амборит или CBN. Диаметр разверток $d = 4 \div 20$ мм, длина $L = 60 \div 195$ мм. Развертки предназначены для обработки труднообрабатываемых материалов.

Сверла-развертки цельнотвердосплавные и с монолитной рабочей частью, припаянной к стальному хвостовику (рис. 10.30) рекомендуются для одновременного сверления и развертывания отверстий диаметром от 2 до 20 мм в деталях из чугуна или алюминиевых сплавов, выпускаются фирмой «Тангалой» (Япония). С их помощью можно получить поверхности с $R_a = 1 \div 2$ мкм — при обработке чугуна и $R_a = 1 \div 3$ мкм — при обработке алюминиевых сплавов.

Развертки регулируемые ручные (ТУ 2-035-478—76) предназначены для обработки предварительно подготовленных отверстий. Восемь разверток обеспечивают обработку отверстий в диапазоне диаметров 15,25—38,00 мм. Каждая развертка обрабатывает и регулируется в пределах от 2 до 4,5 мм. Общая длина разверток 170—310 мм.

РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЕ. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЯ

Изделия с резьбой отличаются большим многообразием. Инструменты для образования резьб также весьма разнообразны. Резьбу на изделиях получают с помощью метчиков, плашек, резцов, фрез, гребенок резьбонарезных, плашек резьбонакатных, головок резьбонакатных, протяжек, обкаточных резцов и других видов инструментов.

Процесс резьбонарезания характеризуется малыми сечениями среза, низкими скоростями резания, малыми задними углами профиля, а следовательно, повышенным трением и износом задних поверхностей.

Образование профиля резьбы резцами осуществляется на станках по различным схемам: с радиальной подачей S' — профильная схема (рис. 11.1, а); с подачей под углом (рис. 11.1, б); с комбинированной подачей (рис. 11.1, в), состоящей из подачи под углом для предварительной обработки и радиальной подачи — для окончательной. Конструкция, размеры и особенности эксплуатации резцов для образования резьбы приведены в гл. 8.

Рис. 11.1. Схемы образования профиля резьбы резцами:
 S' — радиальная подача; P — осевое перемещение резца

Фрезы для образования профиля резьбы делятся на дисковые (рис. 11.2, а) и гребенчатые (рис. 11.2, б). Резьбонарезание осуществляется на

специальных резьбофрезерных или модернизированных станках. При использовании дисковых фрез они устанавливаются под углом наклона профиля резьбы к оси заготовки, им придается главное движение — вращение вокруг собственной оси, а заготовке — винтовое движение относительно фрезы. При использовании гребенчатых фрез (для наружного или внутреннего фрезерования резьбы) с длиной, равной или превышающей длину нарезаемого участка заготовки, фрезе сообщается главное (вращательное) движение с подачей на врезание, равной глубине профиля резьбы, и последующим перемещением фрезы вдоль оси

заготовки на $1,25P$ (где P — шаг резьбы) за 1,25 оборота заготовки (0,25 оборота добавляется на доработку участка врезания фрезы на глубину профиля). Возможно перемещение вдоль оси и вращение заготовки при вращающейся фрезе. Инструмент для образования резьбы этими способами приведен в гл. 9.

Инструмент для протягивания резьбы, образования резьбы методом зубочечения и другими методами получил ограниченное распространение и в практике инструментального производства применяется редко.

Широко используется образование резьбы метчиками, плашками, гребенками, накатными головками. Указанные инструменты будут рассмотрены ниже.

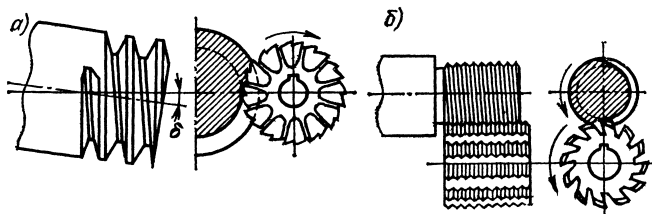


Рис. 11.2. Схемы образования профиля резьбы фрезами

11.1. Метчики

Метчики общего назначения. Для нарезания внутренних резьб в отверстиях диаметром до 50 мм (иногда до 80 мм) предназначены метчики. Обозначение метчиков по ОКП приведено в табл. 11.1

Основными элементами метчиков являются рабочая часть и хвостовик. Рабочая часть 1 (рис. 11.3) содержит режущую (заборную) часть 2, срезающую основной припуск, калибрующую часть 3, осуществляющую окончательную обработку резьбы, стружечные канавки 6, перья 5, сердцевину 7, придающие метчику достаточную для обработки прочность и жесткость. Хвостовая часть 4 служит для закрепления метчика во время обработки, придания ему требуемых перемещений. Хвостовик может иметь квадрат или лыску для передачи вращающегося момента, кольцевую канавку для закрепления его в патроне и передачи движения в осевом направлении. Хвостовик выполняется заодно с рабочей частью (у цельных метчиков) или соединяется с ней сваркой, пайкой или механическим креплением.

Материал рабочей части — инструментальные углеродистые стали марок У11, У11А, быстрорежущие стали или твердый сплав. Материал хвостовой части — инструментальные стали, быстрорежущие стали, твердые сплавы (у цельных метчиков) или конструкционные стали марок 45, 40Х (ГОСТ 1050—74**, ГОСТ 4543—71*).

Твердость рабочей части метчиков из инструментальных углеродистых сталей 61—63 HRC_a, из быстрорежущих сталей диаметром до 6 мм 62—64 HRC_a, диаметром более 6 мм 63—66 HRC, или 64—67 HRC_a при содержании кобальта более 5 % и ванадия свыше 3 %. Твердость хвостовиков не регламентируется, за исключением гаечных метчиков и участка в зоне квад-

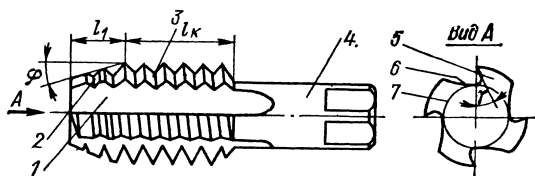


Рис. 11.3. Основные элементы метчика

11.1. Обозначение метчиков (группа 1300) по ОКП

Подгруппа	Вид
1310. Метчики из углеродистой стали ручные	1311. Для метрической резьбы 1312. Для цилиндрической трубной резьбы 1313. Для цилиндрической дюймовой резьбы
1330. Метчики из быстрорежущей стали машинно-ручные	1331. Для метрической резьбы 1332. Для цилиндрической трубной резьбы (муфтовые) 1333. Для цилиндрической дюймовой резьбы 1334. Для конической дюймовой резьбы 1335. Для конической трубной резьбы 1336. Для трапецеидальной резьбы (метчики-протяжки, метчики-прошивки) 1337. Для круглой резьбы
1320. Метчики из быстрорежущей стали гаечные	1321. Для метрической резьбы прямые 1322. Для метрической резьбы с изогнутым хвостовиком 1323. Для дюймовой резьбы прямые 1324. Для дюймовой резьбы с изогнутым хвостовиком
1340. Метчики из углеродистой стали	1341. Для метрической резьбы машинно-ручные
1350. Метчики твердосплавные	1351. Цельные 1352. С припаянными пластинками
1360. Метчики специальные	1361. Машинные с винтовыми канавками 1362. Машинные с укороченными канавками
1390. Метчики для станков с ЧПУ	1391. Для станков с ЧПУ машинные

рата и канавки (лыски), на котором твердость должна быть 35—50 HRC₃. У гаечных метчиков с изогнутым хвостовиком хвостовик на участке, отстоящем от рабочей части на 5—9 диаметров, также должен быть термообработан.

Рабочая часть характеризуется длиной, числом стружечных канавок (зубьев), формой и размерами поперечного сечения, формой и размерами режущих и калибрующих участков. Длина рабочей части $l = l_1 + l_k + (10 \div 20)$ мм. Число зубьев (стружеч-

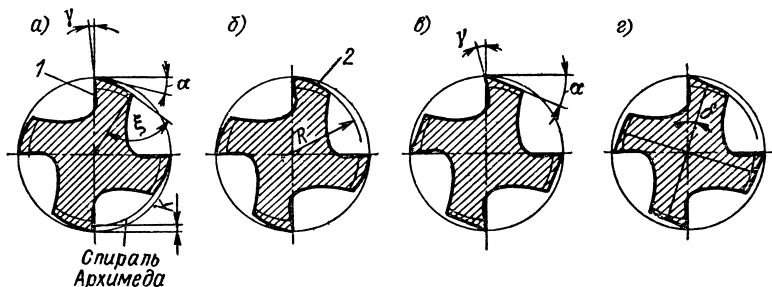


Рис. 11.4. Профили поперечного сечения режущей части метчиков: а — с задней поверхностью, затылованной по спирали Архимеда; б — с радиусной формой задней поверхности; в — с плоской задней поверхностью; г — с комбинированной задней поверхностью

ных канавок) z может в зависимости от диаметра метчика d быть выбрано в соответствии с рекомендациями к стандартам на метчики.

d , мм	2—6	8—14	16—20	22—24	27—36	39—52
Черные металлы	3	3	3	3—4	4	4—6
Легкие сплавы	2	2—3	3	3—4	4	4—6

Форма поперечного сечения рабочей части метчиков представлена на рис. 11.4 (сечение на участке перехода режущей части в калибрующую). Для метчиков, которые после обработки выворачиваются из отверстия, профиль стружечных канавок должен обеспечить создание угла ξ (рис. 11.4, а) на нерабочем участке спинки в целях предотвращения попадания корней стружки, образованных при нарезании резьбы, под заднюю поверхность зуба. Для метчиков, работающих на проход (гаечные метчики), форма профиля стружечных канавок упрощается (рис. 11.4, б, в). У метчиков для обработки высокопрочных материалов профиль поперечного сечения должен обладать повышенной жесткостью и прочностью, в этом случае рекомендуется применять профиль, представленный на рис. 11.4, г.

Передняя грань 1 может быть прямолинейной или криволинейной, ее сопряжение с радиусом дна канавки должно быть плавным. Передний угол γ выбирают в соответствии с данными табл. 11.2. Задняя поверхность 2 конической режущей части может выполняться по спирали Архимеда, дуге окружности ра-

11.2. Рекомендуемые значения передних и задних углов метчиков

Обрабатываемый материал и его характеристика	Передний угол $\gamma, ^\circ$	Задний угол $\alpha, ^\circ$	Обрабатываемый материал и его характеристика	Передний угол $\gamma, ^\circ$	Задний угол $\alpha, ^\circ$
Углеродистая сталь с σ_B , МПа:			Коррозионно-стойкие стали	6—12	6—8
до 400	12—15	10—12	Чугун серый:		
» 700	8—12	10—12	HB $\leq$ 180	2—3	5—7
» 900	6—8	10—12	HB $>$ 180	0—2	5—7
Стальное литье, поковки	6—10	5—7	Чугун ковкий	6—8	5—7
Легированные стали с σ_B , МПа:			Медь	15—20	16—20
до 900	6—9	5—7	Бронза	6—8	6—8
св. 900	3—6	5—7	Цинк	15—20	16—20
			Легкие сплавы	16	7
			Силумин	8—12	10—12

диуса R , плоскости или в виде комбинаций этих поверхностей при условии создания достаточного для резания заднего угла α (табл. 11.2).

Падение затылка задней поверхности режущей части при затыловке по спирали Архимеда определяют по формуле

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

Вдоль образующей заборного конуса угол α переменен. С приближением к оси метчика точек режущей части, в которых определяется задний угол (α_x), он равен $\operatorname{tg} \alpha_x = (d/d_x) \operatorname{tg} \alpha$.

Задний угол по профилю резьбы образуется затыловкой по архимедовой спирали профиля резьбы на всей ее длине, спад затылка выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для обычных конструкционных материалов его размер определяют из условия обеспечения задних углов на боковых сторонах профиля резьбы в пределах 15—20'. Кинематический задний угол режущей части α_K отличается от статического заднего угла:

$$\operatorname{tg} \alpha_K = \operatorname{tg} \alpha \mp \frac{P}{\pi d} \operatorname{tg} \varphi,$$

где P — шаг резьбы. Знак «—» относится к случаю нарезания резьбы, знак «+» — к случаю вывинчивания.

Ширину пера (зуба) b и диаметр сердцевины d_c определяют из соотношений, приведенных ниже.

z	...	3	4	6
b/d	...	0,3	0,2	0,16
d_c/d	...	0,3—0,4	0,4—0,45	0,5—0,55

Стружечные канавки на рабочей части выполняют обычно параллельно оси метчика. При обработке глухих отверстий в вязких материалах канавки наклоняют под углом $\omega < 20^\circ$. Обычно угол наклона правый, что способствует отводу стружки.

Режущая часть метчиков выполняется с генераторной (рис. 11.5, а) или профильной (рис. 11.5, б) схемами обработки. Форма образующей режущей части (заборного конуса) прямолинейная с углом наклона образующей φ или криволинейная (обычно тороидная). Длина режущей (заборной) части l_1 зависит от назначения метчиков.

По назначению метчики делятся на метчики для обработки сквозных отверстий и метчики для обработки глухих отверстий, к последним относятся и метчики с укороченной длиной заборного конуса, допускаемой по конструктивным соображениям в рез-

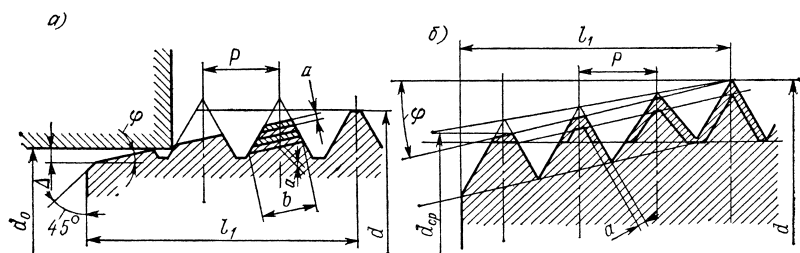


Рис. 11.5. Режущая часть метчика с генераторной (а) и профильной (б) схемами резания

бовом отверстии. Для облегчения нарезания резьбы метчики могут выпускаться комплектами из двух—четырёх штук.

Рекомендуемое стандартом DIN распределение нагрузки между метчиками комплекта (по объему снимаемого припуска и углу φ) приведено ниже.

	Комплект из двух штук	Комплект из трех штук
Черновой метчик . .	70 %, $\varphi = 7^\circ$	50 %, $\varphi = 4^\circ$
Средний метчик . .	—	30 %, $\varphi = 10^\circ$
Чистовой метчик . .	30 %, $\varphi = 20^\circ$	20 %, $\varphi = 20^\circ$

Наружный и средний диаметры метчиков комплекта различны. Наружный диаметр черногового метчика $d = d_0 - 0,52P$, среднего метчика $d = d_0 - 0,16P$, средний диаметр черногового метчика $d_{ср.ч} = d_{ср} - 0,067 \sqrt{P} - 2\Delta$, среднего метчика $d_{ср.с} = d_{ср} - 0,067 \sqrt{P} - \Delta$, где d_0 — диаметр отверстия под резьбу; Δ — допуск на неточность изготовления черногового и среднего метчиков. В зависимости от диаметра $\Delta = 0,07 \div 0,12$ мм.

Гаечные метчики имеют длину $(6 \div 12) P$; машинно-ручные для сквозных отверстий — $6P$; для глухих отверстий и чистовых комплектных — $2P$; для ручных комплектных из трех штук, чистовых — $1,5P$, средних — $2,5P$, черновых — $5P$; для комплектных из двух штук, чистовых — $2P$, черновых — $6P$, для одноштучных — $8P$.

Угол заборного конуса φ принимается равным для гаечных метчиков $3-5^\circ$, для черновых $4-7^\circ$, для средних (комплектных

из трех штук) 8—14°, для чистовых 18—23°. Для сквозных отверстий угол φ уменьшается, для глухих — увеличивается.

При выборе угла φ следует учитывать нагрузку на инструмент, определяемую толщиной среза a (в мм), снимаемого зубом режущей части:

$$a = \frac{P}{z} \operatorname{tg} \varphi.$$

Для твердосплавных метчиков $a_{\min} = 0,03 \div 0,04$ мм, для стальных метчиков $a_{\min} = 0,02$ мм, $a_{\max} = 0,15$ мм. Более точно толщина среза может быть найдена в направлении, перпендикулярном к режущей кромке; в этом случае $a = (P/z) \sin \varphi$, однако при небольших значениях угла толщину среза определяют в направлении, перпендикулярном к оси метчика.

Угол φ и длина l_1 связаны между собой зависимостью: $l_1 = (d - d_0 - \Delta)/(2 \operatorname{tg} \varphi)$, где $\Delta = 0,2 \div 1$ мм.

На метчиках для перемещения стружки в направлении от режущей части вперед при обработке сквозных отверстий режущая кромка наклоняется под углом λ , который может быть до -15° . Начало кромок располагается на расстоянии $l_1 = (2 \div 8)$ мм от начального торца метчика.

Калибрующая часть метчика обеспечивает получение резьбы требуемой точности с учетом запаса на переточки. Длина калибрующей части $(6 \div 12) P$. В целях исключения заклинивания имеется обратный конус по профилю (для ручных метчиков с накатанной резьбой — по внутреннему и среднему диаметрам). Обратная конусность составляет 0,05—0,1 мм на 100 мм длины, при обработке легких сплавов 0,2—0,3 мм на 100 мм длины.

Степень точности резьбы, выполняемой стандартными метчиками: машинно-ручными и гаечными для метрических резьб — Н1, Н2, Н3, С1, для дюймовых резьб — С и Д, для трубных резьб — А1 и А2; ручными для метрических резьб — Н4, С2, А2.

Исполнительные размеры рассматриваемых метчиков приведены в ГОСТ 17039—71*.

Поля допусков метчиков для нарезания резьб различных степеней точности различны. Так, поле допуска на средний диаметр резьбы метчика степени точности 6Н ($M22 \times 2$) равно 34 мкм, степени точности 7Н — 68 мкм.

В зарубежной практике поле допуска на средний диаметр резьбы метчиков принимается постоянным и не зависит от степени точности нарезаемой резьбы. Его размер составляет 0,2 поля допуска t резьбы гайки степени точности 5Н. В зависимости от класса резьбы поле допуска смещается относительно номинала на $0,1t$ для резьбы классов точности 4Н и 5Н; на $0,3t$ для классов точности 6Н, 4G и 5G; на $0,5t$ для классов точности 7Н, 8Н и 6G; на $0,7t$ для классов точности 7G и 8G.

Для получения требуемой точности и параметра шероховатости обрабатываемой метчиками поверхности необходимо, чтобы

параметр шероховатости передних и задних поверхностей метчиков не превышал $R_a = 0,63$ мкм, допуск биения режущих кромок относительно оси для ручных метчиков не был более 0,1 мм, для машинно-ручных метчиков лежал в пределах 0,03—0,04 мм (режущей части), 0,02—0,03 мм (калибрующей части), для гаечных метчиков — в пределах 0,05—0,06 мм (режущей части) и 0,03—0,04 мм (калибрующей части).

Допускаемые отклонения элементов профиля резьбы метчиков приведены в табл. 11.3, а определение отклонений и допусков среднего, наружного и внутреннего диаметров — в табл. 11.4 и на рис. 11.6. Рекомендации по назначению метчиков — в табл. 11.5 и 11.6.

Стружечные канавки стандартных метчиков должны быть полированы или гидрополированы. Рабочую часть метчиков для обработки легких сплавов обычно хромируют. В последнее время получают распространение пленочные покрытия карбидом и нитридом титана, что способствует повышению стойкости метчиков приблизительно в два раза.

В табл. 11.7 приведены основные типы и размеры стандартных метчиков. К ним относятся метчики ручные с накатанной резьбой, предназначенные для нарезания резьб вручную класса точности 4 и отличающиеся отсутствием затылованной резьбы и укороченным хвостовиком; метчики ручные с вышлифованным профилем резьбы, предназначенные для нарезания резьб класса точности В вручную и с затылованной резьбовой частью; метчики стандартного типа для нарезания на станках метрических, дюймовых, трубных цилиндрических и трубных конических резьб; метчики гаечные для нарезания метрических резьб; метчики для нарезания трубных резьб, оснащенные твердосплавной рабочей частью. К этой же группе метчиков можно отнести метчики для нарезания метрических резьб, оснащенные твердым сплавом (ТУ 2-035-416—83) и выполняемые цельными (до диаметра 8 мм); метчики с цельной твердосплавной рабочей частью (диаметром 8—12 мм); метчики, оснащаемые пластинками твердого сплава (диаметром 14—39 мм). Метчики машинно-ручные предназначены для нарезания резьб как на станках, так и вручную. Выпускаются комплектно или штучно. Гаечные метчики служат для нарезания сквозных резьб на станках за один проход.

Специальные метчики. Предназначены для определенных условий эксплуатации. На рис. 11.7 представлены некоторые кон-

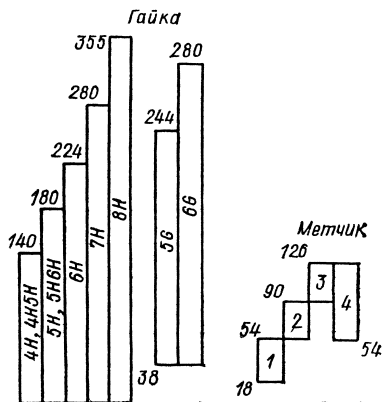


Рис. 11.6. Расположение полей допусков среднего диаметра резьбы метчиков

**11.3. Допускаемые отклонения элементов профиля резьбы метчиков
для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 16925—71*; СТ СЭВ 842—78)**

Номиналь- ный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы <i>P</i>	Предельные отклонения половины угла профиля $\alpha/2, ''$		Предельные отклонения шага резьбы $\frac{TR}{2}$				
				Класс точности				
		Класс точности		на длине				
				1, 2, 3	4	до 25 мм	до 10 вит- ков	до 10 мм
От 1,0 до 1,4	0,20; 0,25	±40	±80	±0,08	±0,015	±0,040	—	
Св. 1,4 до 2,8	0,30		±65					
	0,20; 0,25		±80					
	0,35		±65					
	0,40	±50						
Св. 2,8 до 5,6	0,45	±30			±0,020	±0,030		
	0,35	±40	±65	±0,015	±0,040			
	0,50; 0,60	±30	±50	±0,020	±0,030	±0,050		
0,70; 0,75; 0,80	±40		—					
Св. 5,6 до 11,2	0,50		±30	±50	±0,020		±0,030	—
	0,75	±40						
	1,00	±30		±35				
	1,25; 1,50		±50					
Св. 11,2 до 22,4	0,50	±25	±40	±0,010	—	±0,050		
	0,75		±35					
	1,00		±40					
	1,25	±35						
	1,50	±20	±25					
	1,75; 2,00; 2,50							
Св. 22,4 до 45	0,75	±30	±40	±0,012			—	±0,050
	1,00	±25	±35					
	1,50	±20	±25					
	2,00							
	3,00							
	3,50; 4,00; 4,50	±15	±20					
Св. 45 до 52	1,0	±25	±40	±0,010	±0,030			
	1,50	±35						
	2,0	±20	±25			±0,012		
	3,0	±15	±20					
	4,00; 5,00							

11.4. Определение отклонений и допусков среднего, наружного и внутреннего диаметров метчика

Средний диаметр			Нижнее отклонение наружного диаметра $ei d_N$	Верхнее отклонение внутреннего диаметра $es d_N$	Предельные размеры резьбы метчика		
Допуск Td_{2N}	Нижнее отклонение $ei d_{2N}$	Верхнее отклонение $es d_{2N}$			Средний диаметр d_{2N}	Наружный диаметр d_{2N}	Внутренний диаметр d_{1N}

D — наружный диаметр внутренней резьбы; D_1 — внутренний диаметр внутренней резьбы; D_2 — средний диаметр внутренней резьбы; d_N — номинальный наружный диаметр метчика; $es d_N$ — верхнее отклонение наружного диаметра метчика; $ei d_N$ — нижнее отклонение наружного диаметра метчика; d_{1N} — номинальный внутренний диаметр метчика; $es d_{1N}$ — верхнее отклонение внутреннего диаметра метчика; $ei d_{1N}$ — нижнее отклонение внутреннего диаметра метчика; d_{2N} — номинальный средний диаметр метчика; $es d_{2N}$ — верхнее отклонение среднего диаметра метчика; $ei d_{2N}$ — нижнее отклонение среднего диаметра метчика; $T d_{2N}$ — допуск на средний диаметр метчика

$0,2TD_2$	$+0,1TD_2$ — для метчиков класса 1 $+0,3TD_2$ — для метчиков класса 2 $+0,5TD_2$ — для метчиков класса 3 $+0,3TD_2$ — для метчиков класса 4	$ei d_{2N} + Td_{2N}$	$0,4TD_2$ Для метчиков класса 3 диаметрами до 10 мм — $0,6TD_2$	$es d_{1N} \leq 0$. Нижнее отклонение $ei d_N$ не устанавливается	$Dd_{2N} \max = D_2 + ei d_{2N} + Td_{2N}$ $d_{2N} \min = D_2 + ei d_{2N}$	$d_N \min = D + ei d_N$	$d_{1N} \max = D_1$
-----------	--	-----------------------	---	---	---	-------------------------	---------------------

Примечания: 1. Допуск Td_{2N} , нижнее отклонение среднего и наружного диаметров резьбы определяется в зависимости от установленного в ГОСТ 16093—81 допуска на средний диаметр резьбы TD_2 степени точности 5. 2. Дно впадины профиля резьбы может быть произвольной формы, но не должно заходить за линию номинального профиля резьбы.

**11.5. Рекомендации
по назначению метчиков
в зависимости от класса точности
нарезаемых трубных цилиндрических
резьб**

Класс точности метчика	Класс точности нарезаемой резьбы
A1	Допуски по ГОСТ 6211—81 при нарезании внутренней цилиндрической резьбы, предназначенной для соединения с трубной конической резьбой
A2; A3	Класс А (ГОСТ 6357—81)
B1	Класс В (ГОСТ 6357—81)

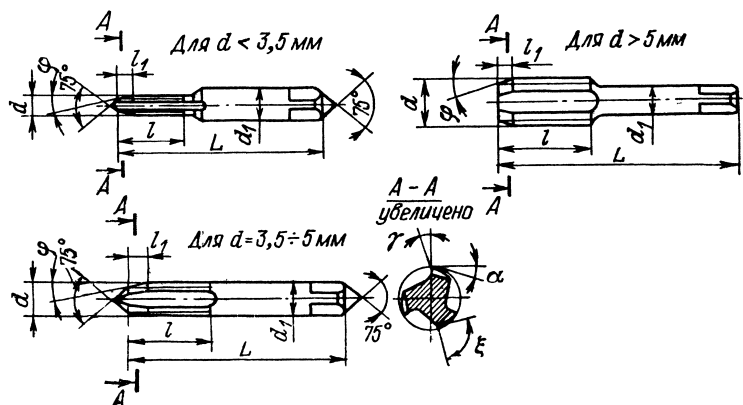
**11.6. Рекомендации
по назначению метчиков
в зависимости от полей допусков
нарезаемых метрических резьб**

Класс точности метчика	Поле допуска нарезаемой резьбы
1	4H, 4H5H, 5H
2	5G, 5H6H, 6H
3	6G, 6H, 7H, 8H
4	6H, 7H, 8H

Примечания. 1. Резьбу с полями допусков 6H, 7H и 8H можно нарезать метчиками классов точности 1 и 2. 2. Приведенные в таблице поля допусков нарезаемых резьб могут быть получены метчиками при эксплуатации их на станках, удовлетворяющих предъявляемым к ним нормам точности, с применением патронов, обеспечивающих самоустановление метчиков в радиальном направлении и компенсирующих несоосность отверстия и метчика. 3. В связи с тем что точность нарезания резьбы зависит также от обрабатываемого материала, скорости резания, СОЖ и других факторов, потребители могут выбирать другие классы метчиков, применение которых обеспечивает получение резьбы требуемой точности

11.7. Основные типы и размеры стандартных метчиков

Эскиз, наименование, тип, размеры



Метчики ручные с накатанной резьбой (ОСТ 2-Н50-1—73) из углеродистой стали для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9150—81). Комплект из двух штук

Эскиз, наименование, тип, размеры

$d = 1 \div 27$ мм, $P = 0,25 \div 3$ мм; $L = 25 \div 105$ мм; $l = 7 \div 45$ мм; $d_1 = 2,24 \div 20$ мм; $z = 3; 4$; $l_1 = 0,12 \div 18$ мм и $\varphi = 6 \div 7^\circ$ — черновой метчик; $l_1 = 0,5 \div 6$ мм и $\varphi = 16 \div 19^\circ$ — чистовой метчик

Метчики ручные с вышлифованным профилем резьбы (ТУ2-035-921—83) для нарезания трубной резьбы (ГОСТ 6357—81). Комплект из двух штук $d = 1/8 \div 1 1/2$ "; число шагов 28—11 на длине 25,4 мм; $L = 55 \div 105$ мм; $l = 18 \div 40$ мм; $d_1 = 8 \div 35,5$ мм; $z = 3; 4$; $l_1 = 5,5 \div 14$ мм и $\varphi = 5^\circ 30' \div 6^\circ 30'$ — черновой метчик; $l_1 = 1,8 \div 4,5$ и $\varphi = 18 \div 19^\circ$ — чистовой метчик

Метчики машинно-ручные (ГОСТ 3266—81) для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9150—81), одинарные и в комплекте из двух штук, для сквозных и глухих отверстий

$d = 1,6 \div 52$ мм; $P = 0,2 \div 5$ мм; $L = 40 \div 200$ мм; $l = 8 \div 70$ мм; $d_1 = 2,24 \div 35,5$ мм; $z = 3; 4$; $l_1 = 1,0 \div 30$ мм и $\varphi = 5^\circ 30' \div 18^\circ$ — черновой метчик; $l_1 = 0,7 \div 10$ мм и $\varphi = 17 \div 22^\circ$ — чистовой метчик

Метчики машинно-ручные для нарезания трубных резьб (ГОСТ 6357—81). Комплект из двух штук

$d = 1/2 - 2$ "; $L = 80 \div 195$ мм; $l = 18 \div 40$ мм; $d_1 = 8 \div 40$ мм; $z = 3; 4$; $l_1 = 5,5 \div 14$ мм и $\varphi = 5^\circ 30' - 6^\circ 30'$ — черновой метчик; $l_1 = 1,8 \div 4,5$ мм и $\varphi = 18 \div 19^\circ$ — чистовой метчик

Метчики (ГОСТ 14713—69*) для нарезания круглой резьбы (ГОСТ 13536—68)

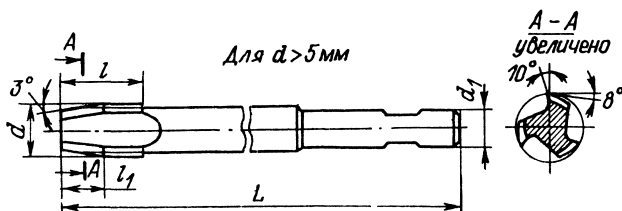
$d = 9$ мм; $L = 100$ мм; $l = 40$ мм; $l_1 = 7$ мм

Метчики машинно-ручные цельнотвердосплавные (ТУ2-035-446—76) одноштучные для нарезания метрических резьб (ГОСТ 9150—81)

$d = 6 \div 10$ мм; $L = 60$ мм; $l = 20 \div 25$ мм; $l_1 = 4,5 \div 9,0$ мм и $\varphi = 6^\circ$ — для сквозных отверстий; $l_1 = 2,2 \div 4,5$ мм и $\varphi = 12^\circ$ — для глухих отверстий

Метчики машинно-ручные с цельнотвердосплавной рабочей частью и стальным хвостовиком (ТУ2-035-446—76) для нарезания метрических резьб (ГОСТ 9150—81)

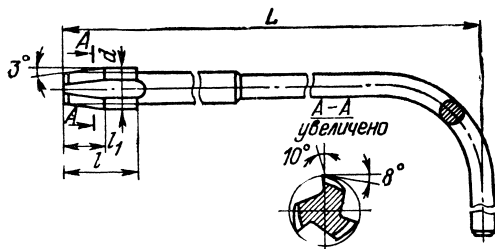
$d = 12 \div 16$ мм; $L = 80 \div 100$ мм; $l = 15 \div 20$ мм; $L = 3 \div 10$ мм; $\varphi = 6^\circ$ — для сквозных отверстий, $l_1 = 1,5 \div 6$; $\varphi = 12^\circ$ — для глухих отверстий



Метчики гаечные из быстрорежущей стали (ГОСТ 1604—71*) для нарезания гаек с метрической резьбой (ГОСТ 9150—81) короткие

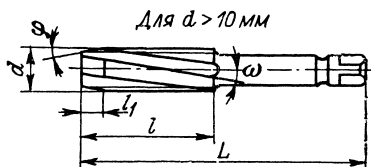
$d = 3 \div 30$ мм; $P = 0,35 \div 3,5$ мм; $z = 3; 4$; $L = 70 \div 280$ мм; $l = 10 \div 70$ мм; $d_1 = 2,24 \div 22,4$ мм

Эскиз, наименование, тип размеры



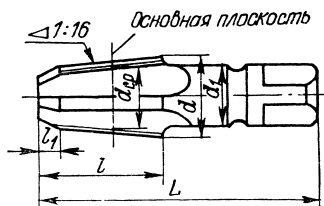
Метчики гаечные из быстрорежущей стали с изогнутым хвостовиком (ГОСТ 6951—71*) для нарезания гаек с метрической резьбой (ГОСТ 9150—81) короткие и длинные

$d = 3 \div 30$ мм; $P = 0,35 \div 3,5$ мм; $l = 7 \div 70$ мм; $l_1 = 4 \div 40$ мм; $L = 135 \div 340$ мм — короткие; $L = 140 \div 420$ мм — длинные



Метчики машинные из быстрорежущих сталей с винтовыми канарками (ГОСТ 17933—72*) для нарезания резьбы (ГОСТ 9150—81) в сквозных и глухих отверстиях

$d = 3 \div 12$ мм; $P = 0,35 \div 1,75$ мм; $L = 48 \div 90$ мм; $l = 12 \div 28$ мм; $z = 3$; $\omega = 10,30^\circ$; $\alpha = 4^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $l_1 = 2 \div 10,5$ мм; $\varphi = 6^\circ$ — для сквозных отверстий; $l_1 = 1 \div 5,2$ мм и $\varphi = 12^\circ \div 12'30''$ — для глухих отверстий

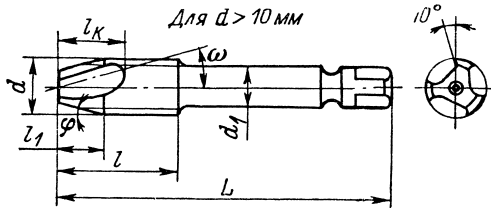


Метчики (ГОСТ 6227—80Е) для нарезания дюймовой конической резьбы с углом профиля 60° (ГОСТ 6111—52) и трубной конической резьбы (ГОСТ 6211—81)

Дюймовая коническая резьба: $K^{1/8} - K2''$; $d = 10,7 \div 61,2$ мм; $d_1 = 8 \div 45$ мм; $d_{cp} = 9,519 - 58,325$ мм; $l = 18 \div 45$ мм; $L = 55 \div 140$ мм; $l_1 = 2,8 \div 6,6$ мм

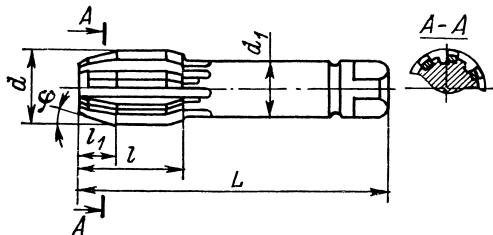
Трубная коническая резьба: $R_c^{1/8} - R_c2$; $d = 10,1 \div 60,0$ мм; $d_1 = 8 \div 45$ мм; $d_{cp} = 9,147 \div 58,135$ мм; $l = 18 \div 50$ мм; $L = 55 \div 140$ мм; $l_1 = 2,7 \div 7$ мм; $z = 3, 4, 6$

Эскиз, наименование, тип, размеры



Метчики машинные с укороченными канавками (ГОСТ 17931—72*) для нарезания резьбы (ГОСТ 9150—81) в сквозных отверстиях

$d = 3 \div 12$ мм; $L = 48 \div 90$ мм; $l = 12 \div 29$ мм; $l_1 = 1,5 \div 15$ мм; $d_1 = 8 \div 9$ мм; $\varphi = 6 \div 7^\circ$; $l_K = 4,2 \div 21$ мм; $\omega = -10^\circ$



Метчики машинные (ГОСТ 19879—74), оснащенные твердосплавными пластинками для нарезания трубных цилиндрических резьб (ГОСТ 6357—81) в глухих и сквозных отверстиях деталей из чугуна твердостью HB < 3000

Резьба $G1/2 - G2$; $d = 20,955 \div 59,614$ мм; число шагов 14—11 на длине 25,4 мм; $L = 125 \div 195$ мм; $l = 25 \div 40$ мм; $d_1 = 16 \div 40$ мм; $z = 4$ (до G1) и $z = 6$ (св. G1); $l_1 = 8 \div 9$ мм и $\varphi = 14^\circ$ — для сквозных отверстий; $l_1 = 5,0 \div 6,4$ мм и $\varphi = 19^\circ$ — для глухих отверстий

Метчики машинно-ручные, оснащенные твердосплавными пластинками (ТУ 2-035-446—76) для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9150—81)

$d = 14 \div 39$ мм; $L = 80 \div 170$ мм; $l = 16 \div 32$ мм; $d_1 = 11,2 \div 28$ мм; $z = 4$; $l_1 = 3 \div 18$ мм и $\varphi = 6^\circ - 6^\circ 30'$ — для сквозных отверстий; $l_1 = 1,5 \div 6$ мм и $\varphi = 15 \div 16$ — для глухих отверстий

струкции специальных метчиков. Метчик для обработки легких сплавов (рис. 11.7, а) отличается тем, что резьбовая его часть имеет выборки, расположенные в шахматном порядке, что снижает трение резьбы об обработанную поверхность, заборный конус выполнен со спадом затылка, в 2—3 раза превышающим спад затылка на стандартных метчиках, спад затылка на резьбе также увеличен. На рис. 11.7, б представлен метчик с тороидной режущей частью. При определенном соотношении размеров тора, диаметра метчика, шага резьбы метчик обладает повышенной стойкостью за счет равномерной нагрузки зубьев режущей части (у стандартных метчиков зубья нагружены неравномерно).

К специальным метчикам относятся метчики с профилем поперечного сечения, приведенным на рис. 11.7, в. Такие метчики под названием «Аллигатор» выпускаются одной из французских фирм.

Учитывая повышенную прочность и жесткость, метчики обрабатывают за один проход резьбы в материалах с $\sigma_B =$

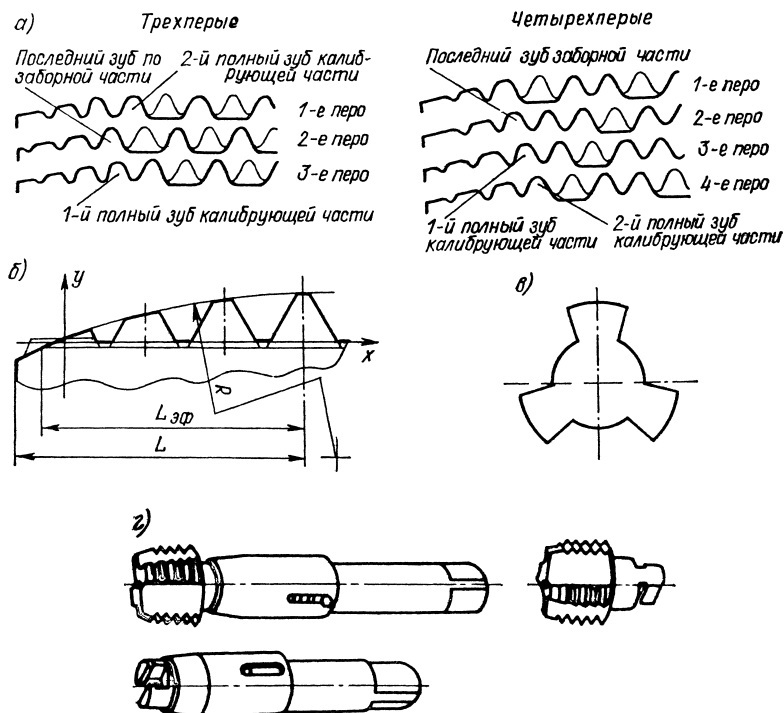


Рис. 11.7. Специальные метчики: а — для обработки легких сплавов с шахматным расположением резьбы; б — с торроидной режущей частью; в — фирмы «Аллигатор» (Франция); г — фирмы «Джаним» (Франция)

$= 1100$ МПа. На рис. 11.7, г представлен метчик с механическим соединением рабочей части и хвостовика, выпускаемый фирмой «Джаним» (Janim, Франция).

Эксплуатация метчиков. Существуют два способа подачи метчиков: подача принудительная, равная шагу резьбы, и подача с самозатягиванием.

При работе с принудительной подачей метчику, жестко закрепленному и ориентированному относительно обрабатываемой заготовки, сообщается подача на оборот, равная шагу нарезаемой резьбы P вдоль ее оси (иногда подается обрабатываемое изделие).

При подаче с самозатягиванием метчик крепится в плавающем патроне (рис. 11.8), предварительно поджимается к обрабатываемому изделию (или наоборот), а затем перемещается вдоль оси под действием усилий резания.

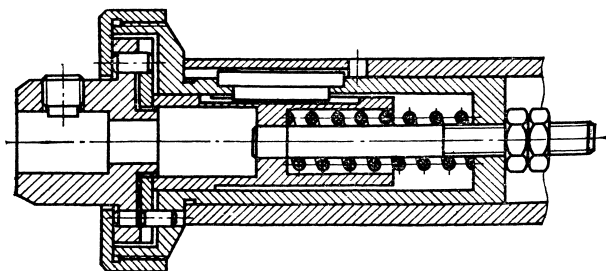


Рис. 11.8. Плавающий патрон

Скорость резания при нарезании резьбы метчиками из быстрорежущих сталей определяется зависимостью

$$v = \frac{C_v d^{q_v}}{T^m P^{y_v}} k_m$$

где d — номинальный диаметр метчика, мм; P — шаг нарезаемой резьбы, мм; T — стойкость между переточками, мин; C_v , k_m , q_v , y_v — коэффициенты и показатели степени, выбираемые из табл. 11.8.

Практически скорость резания для машинно-ручных и гаечных метчиков может быть выбрана по табл. 11.9. Скорость резания при нарезании резьбы твердосплавными метчиками в чугунных заготовках ($HB \leq 300$) — 15—25 м/мин.

11.8. Значения коэффициентов и показателей степени для расчета скорости резания, крутящего момента и мощности

Инструмент	Марка материала режущей части	Обрабатываемый материал	Скорость резания				Крутящий момент			Мощность			
			C_v	m	y_v	q_v	C_m	y_m	q_m	C_N	m	y_N	q_N
Гаечные метчики	P18; P6M5	Сталь 45 Силумин	53 20	0,9 0,8	0,5	1,2	0,41 0,22	1,5	1,7 1,8	0,1 0,019	0,9 0,8	1,0	1,9 2,0
Машинные метчики	P18; P6M5	Сталь 45 Чугун 140 HB	14,8 8,5	0,9 0,6	0,5 0,9	1,2	2,7 1,3	1,5	1,4	0,078 0,05	0,9 0,6	1,0 0,6	1,6
Плашки круглые	9ХС	Сталь 45	2,7	0,5	1,2	1,2	4,5	1,5	1,1	0,06	0,5	0,3	1,3

11.9. Рекомендуемые скорости резания и стойкость машинно-ручных и гаечных метчиков [230]

Метчики						Метчики					
d , мм						d , мм					
P , мин						P , мин					
v , м/мин						v , м/мин					
T , мин						T , мин					
Допустимый износ по задней грани h_3 , мм						Допустимый износ по задней грани h_3 , мм					
Метчики						Метчики					
d , мм						d , мм					
P , мин						P , мин					
v , м/мин						v , м/мин					
T , мин						T , мин					
Допустимый износ по задней грани h_3 , мм						Допустимый износ по задней грани h_3 , мм					

Машинно-ручные	2,0	0,4	3,7	15	0,1	Гаечные	3,0	0,5	40	40	0,5	
	2,2	0,45	3,7		0,1		4,0	0,7	12,0	40	0,6	
	2,5	0,45	4,6		0,2		5,0	0,8	12,0	50	0,8	
	3,0	0,5	5,0		0,2		6,0	1,0	12,0	50	0,9	
	4,0	0,7	5,4		0,3		8,0	1,25	12,0	60	1,2	
	5,0	0,8	6,0		0,4		10,0	1,5	12,0	60	1,6	
	6,0	1,0	6,0		0,5		12,0	1,75	12,0	60	1,9	
	8,0	1,25	6,0		0,7		14,0;	2,0	12,0	60	1,9	
	10,0	1,5	6,0		0,8		16,0	2,5	15,0	70	2,0	
	12,0	1,75	6,0		1,0		18,0—					
	14,0—	Крупные шаги	20		1,0—		22,0					
	52,0				2,2		24,0;	3,0	15,0	70	2,3	
							27,0	3,5	15,0	70	2,7	
							30,0					

Примечания: 1. Стойкость машинно-ручных метчиков приведена для длины режущей части, равной шести шагам. 2. Данные таблицы относятся к обработке стали 35 (≤ 190 НВ) и 45 (≤ 212 НВ).

11.10. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Гаечные метчики			Машинно-ручные и машинные метчики			Круглые плашки		
	k_M	k'_M	k''_M	k_M	k'_M	k''_M	k_M	k'_M	k''_M
Сталь марок:									
10	0,7	1,3	0,9	0,7	1,7	0,9	0,6	1,0	0,6
20	1,0	1,3	1,3	1,0	1,3	1,3	0,7	1,0	0,7
35	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40X	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	1,1	0,9
Чугун:									
серый	—	—	—	0,5	1,5	0,7	—	—	—
180—200 НВ	1,7	0,7	1,2	1,7	0,8	1,4	1,7	0,8	1,4
ковкий									

Крутящий момент $M_{кр}$ (Н·м) и эффективную мощность $N_{эф}$ (кВт) резбонарезания рассчитывают по формулам:

$$M_{кр} = C_M d^q P^y k'_M k_h;$$

$$N_{эф} = \frac{C_N d^q P^y}{T^m} k'_M k_h.$$

Коэффициенты C_M , C_N , а также показатели степеней q и y выбираются из табл. 11.8. Коэффициенты k_m , k'_m , k''_m , учитывающие влияние обрабатываемого материала на скорость резания, крутящий момент и эффективную мощность, определяются из табл. 11.10. Коэффициент k_n , учитывающий влияние затупления метчика, принимается равным 2,5—3.

Для резьб до М20 $M_{кр}$ должен быть меньше критического крутящего момента $M_{кр. крит}$, допускаемого прочностью корпуса метчика:

Резьба	М6	М8	М10	М12	М14	М18
$M_{кр. крит}, Н \cdot м$	4,6	11,4	23,0	40,0	64,0	161,0

Для повышения жесткости метчиков при скручивании целесообразно метчики выполнять с винтовыми стружечными канавками. При этом жесткость может быть повышена в 1,5 раза ($\omega = 40^\circ$).

11.11. Обозначение плашек резбонарезных (группа 1500) по ОКП

11.2. Плашки круглые

Конструктивные особенности плашек. Для нарезания наружных резьб диаметром от 1 до 52 мм (иногда до 135 мм) предназначены плашки круглые. Обозначения плашек резбонарезных по ОКП приведены в табл. 11.11.

Конструктивные элементы плашек следующие: корпус 1 (рис. 11.9) со стружечными отверстиями и крепежными элементами, режущая 3 и калибрующая 2 часть. Корпус служит для базирования и крепления плашки во время нарезания резьбы, при заточках и переточках. Корпус может быть выполнен заодно с режущей и калибрующей частями или соединяться с ними сваркой, пайкой и механическими способами.

Материал корпуса цельных плашек — инструментальная легированная сталь марок 9ХС, ХВСГ или быстрорежущая сталь по ГОСТ 19265—73*, ГОСТ 5950—73*. Твердость плашек 58—62 HRC, для плашек из сталей 9ХС и ХВСГ, 61—63 HRC, для плашек из быстрорежущих сталей. Для плашек из быстрорежу-

Подгруппа	Вид
1510. Плашки резбонарезные круглые	1511. Для метрической резьбы диаметром до 16 мм (включительно)
	1512. Для метрической резьбы диаметром свыше 16 мм
	1513. Для трубной цилиндрической резьбы
	1514. Для конической резьбы
	1515. Для круглой резьбы
	1516. Специальные
1520. Плашки резбонарезные плоские	1521. К трубным клуппам

ших сталей с содержанием ванадия более 3 % и кобальта более 5 % твердость повышается на 1—2 HRC₅.

Диаметр корпуса D выбирается из следующего ряда диаметров: 12; 16; 20; 25; 30; 38; 45; 55; 65; 75; 90 мм. Высота $H = (0,18 \div \div 0,4) D$; отношение $H/P = 6 \div 10$, иногда до 15 и должно соответствовать размерам ряда: 3; 5; 7; 9; 10; 11; 14; 16; 18; 20; 22;

25; 30; 36. Диаметр
выточки $D_B = 2r_2 + 2r_1 + (0,5 \div 1,0)$ мм.

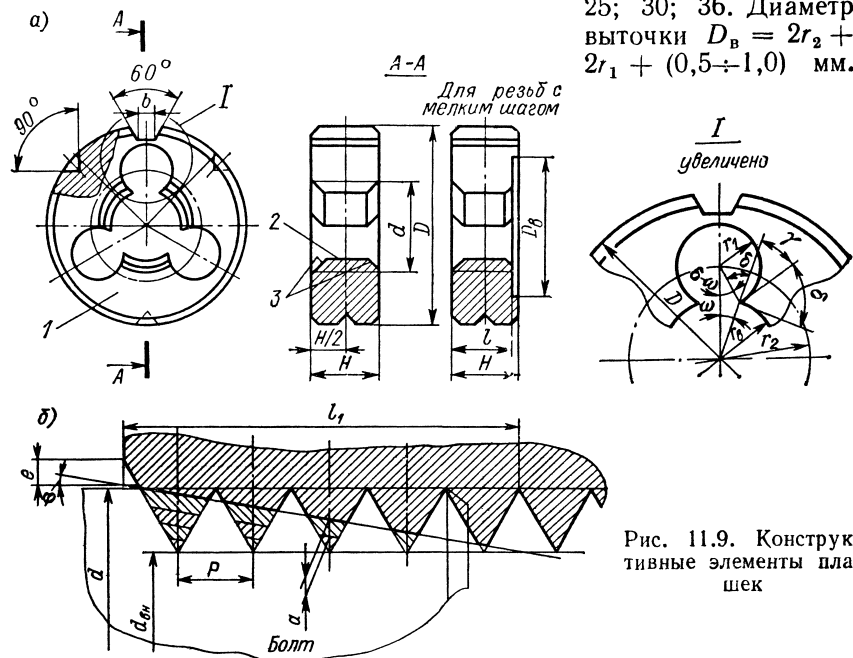


Рис. 11.9. Конструктивные элементы плашек

Корпус имеет паз с углом 60° , шириной $b = 3 \div 16$ мм, перемычка между дном паза и стружечным отверстием равна $0,5 \div \div 1,5$ мм. Паз предназначен для разрезания плашки после затупления. Диаметр резьбы определяется винтами, воздействующими на две зенковки с углом 90° , расположенные под углом 45° относительно паза, их диаметр $3,8—13$ мм, оси зенковок смещены относительно оси на $0,5—2,5$ мм. На корпусе имеются также две зенковки с углом 90° или 60° для крепления плашек в плашкодержателе, диаметр зенковок $3—12$ мм. В корпусе выполнены $3—8$ стружечных отверстия, число которых зависит от диаметра плашки D .

Стружечные канавки, как правило, — отверстия цилиндрической формы. Их размеры и расположение определяют жесткость корпуса, технологичность изготовления. Обычно, используя допущение, что плашка не затачивается, их рассчитывают по формулам:

$$r_1 = \frac{r_B \sin \omega}{\sin (\delta - \omega)}; \quad r_2 = r_B [\cos \omega + \sin \omega \cdot \operatorname{ctg} (\delta - \omega)],$$

где $\omega = 90 \text{ } k/z$ ($k = 1,0 \div 1,15$ в зависимости от принятого H ; z — число канавок плашки).

Размеры, полученные по приведенным формулам, определяют размеры заготовки без учета припуска на заточку, что следует принимать во внимание.

Режущая часть плашек осуществляет сьем основной массы металла резбы, формирует стружку, влияет на нагрузку и ее распределение вдоль режущей кромки плашки, создает усилия, перемещающие плашку вдоль оси заготовки при подаче с самозатягиванием. На рис. 11.9, а приведена наиболее распространенная конструкция плашек с двумя режущими частями. Однако существуют конструкции односторонних плашек с одной режущей частью.

Режущая часть (рис. 11.9, б) характеризуется длиной l_1 , углом в плане φ , передним γ и задним α углами в нормальном к оси плашки сечении, иногда режущая часть выполняется с углом наклона режущей кромки λ .

Длина режущей части (в мм)

$$l_1 = \frac{d - d_{\text{вн}} + 2e}{2 \operatorname{tg} \varphi},$$

где $d_{\text{вн}} = (d - 1,2269)$ мм; $e = 0,1 \div 0,3$ мм; $\varphi = 0,25 \div 30^\circ$. При нарезании резбы «в упор» $\varphi = 90^\circ$, толщина среза

$$a = (P/z) \operatorname{tg} \varphi.$$

Режущая часть плашки должна быть заточена по передней и задней поверхностям. Передний угол γ задается на внутреннем диаметре плашки и выбирается в зависимости от обрабатываемого материала: $\gamma = 18^\circ$ для стали с $\sigma_{\text{в}} < 500$ МПа; $\gamma = 12^\circ$ для стали с $\sigma_{\text{в}} \geq 500$ МПа; $\gamma = 6^\circ$ для чугуна; $\gamma = 23^\circ$ для меди; $\gamma = 25^\circ$ для легких сплавов, дающих длинную стружку; $\gamma = 12^\circ$ для легких сплавов, дающих короткую стружку. Стандартные плашки имеют угол $\gamma = 30^\circ \pm 10^\circ$ (диаметром до 6 мм), остальные — $\gamma = 25 \pm 10^\circ$.

Задний угол $\alpha = 6 \div 8^\circ$, он имеет переменное значение вдоль заборного конуса (режущей части), а падение затылка по спирали Архимед

$$K = \frac{\pi d_{\text{вн}}}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

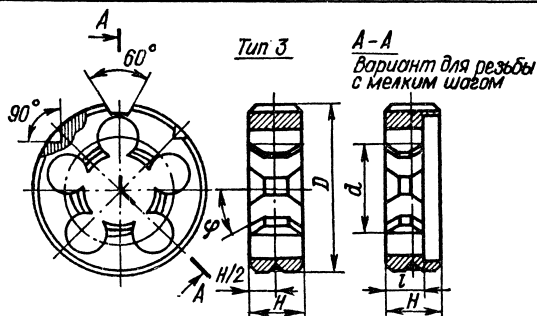
Кинематический задний угол $\alpha_{\text{к}}$, как и на метчиках, отличается от статического:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{к}} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{P}{\pi d} \operatorname{tg} \varphi.$$

Калибрующая часть плашек осуществляет калибровку резбы, служит направляющей при продольном перемещении плашки во время резбонарезания и свинчивания. Выполняется с полным профилем резбы, исполнительные размеры которой обеспечивают получение резбы требуемой точности. Стандартные плашки

11.12. Основные виды и размеры круглых плашек

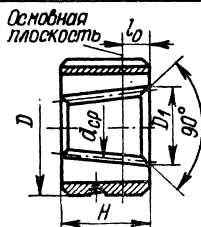
Эскиз, наименование, тип, основные размеры



Плашки круглые (ОСТ 2-11551—73 и ГОСТ 9740—71*) для нарезания метрических резьб (ГОСТ 9150—81)

$d = 1 \div 52$; $P = 0,2 \div 3,0$ мм; $H = 3 \div 46$ мм; $z = 3 \div 9$

Плашки круглые для нарезания трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357—81): резьба $G\ 1,8-G1\frac{1}{2}$; число шагов 28—11 на длине 25,4 мм; $D = 30 \div 90$ мм; $H = 8 \div 22$ мм; $z = 4 \div 7$

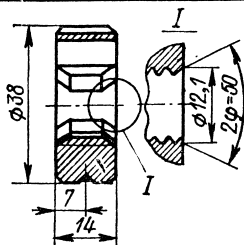


Плашки круглые (ГОСТ 6228—80Е) для нарезания конической дюймовой резьбы (ГОСТ 6111—52*)

Резьба $K\ 1/8''-K2''$; число шагов 27÷11 на длине 25,4 мм; $D = 30 \div 105$ мм; $H = 12 \div 32$ мм; $d_{cp} = 9,519 \div 58,325$ мм; $l_0 = 4,4 \div 12,4$ мм; $z = 4 \div 7$

Плашки круглые для нарезания трубной конической резьбы (ГОСТ 6211—81)

Резьба $R_c1/8-R_c2$, число ниток 28—11 на длине 25,4 мм; $D = 30 \div 105$ мм; $H = 12 \div 34$ мм; $d_{cp} = 9,147 \div 58,135$ мм; $l_0 = 4,2 \div 11,4$ мм; $z = 4 \div 7$



Плашки круглые (ГОСТ 14714—69*) для нарезания круглой резьбы (ГОСТ 13536—68) в изделиях санитарно-технической арматуры

нарезают резьбы с посадками скольжения квалитетов 6h; 8h; 6h; 8h и с посадками с зазором квалитетов 6g; 6e; 6d, а трубные резьбы — классов А или В.

Основные виды стандартных и некоторые виды специальных круглых плашек приведены в табл. 11.12.

Резьба калибрующей (как и режущей) части плашки не затылется и задние углы на калибрующей части равны 0. Накопленная ошибка шага резьбы составляет 0,008—0,01 мм на 25 мм длины. Предельное отклонение половины угла профиля $\pm(15 \div -55)'$ в зависимости от точности и размеров резьбы.

Резьба калибрующей части может иметь доводку по профилю ($R_a \leq 0,63$ мкм) или быть без доводки ($R_a \leq 1,25$ мкм).

Радиальное биение наружной цилиндрической поверхности плашки и биение торцов относительно резьбы не должно превышать: 0,05 мм при диаметре резьбы $d < 11$ мм; 0,06 мм при $d = 12 \div 20$ мм; 0,07 мм при $d = 22 \div 26$ мм; 0,1 мм при $d > 26$ мм.

Параметр шероховатости передней поверхности плашек на высоте не менее 1,5 высоты резьбы $R_a \leq 1,25$ мкм.

Эксплуатация плашек. Плашки стандартного типа работают с самозатягиванием, в связи с чем при закреплении их на станках необходимо использовать «плавающие» патроны, дающие возможность плашке самоустановиться на обрабатываемой заготовке. Скорость, крутящий момент и мощность резания определяются по той же формуле, что и для метчиков. При этом $k_h = 1,5 \div 2$, остальные постоянные и коэффициенты приведены в табл. 11.5 и 11.6.

11.3. Гребенки разьбонарезные плоские

Конструктивные особенности гребенок. Для нарезания резьбы на болторезных станках в специальных патронах предназначены гребенки разьбонарезные плоские. Выпускаются комплектами из четырех штук. Гребенки типа А имеют крепежную часть в виде «ласточкина» хвоста, типа В — трапециевидное сечение (табл. 11.13).

Форма заточки I — заточка режущей части (калибрующая часть не заточена), форма заточки II — заточка по всей рабочей части (рабочей и калибрующей).

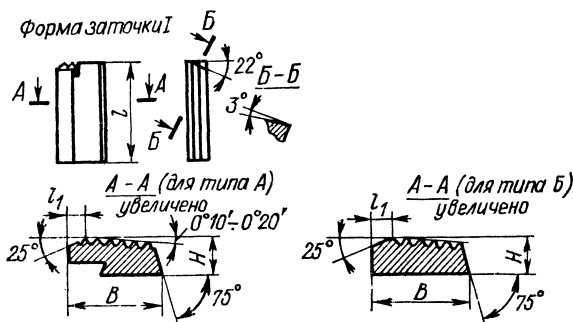
Материал гребенок — быстрорежущая сталь твердостью 62—64 HRC_a, быстрорежущая сталь с содержанием ванадия более 3 % и кобальта более 5 % твердостью 63—66 HRC_a, твердый сплав группы ВК.

Режущая часть выполняется с углом $\varphi = 25^\circ$, длиной $l_1 = 2,15 \times (h_{1\max} + h_{2\max} + 1)$ мм, где $h_{1\max}$ — наибольшая высота головки резьбы; $h_{2\max}$ — наибольшая высота ножи резьбы.

Углы заточки гребенок — статические; при установке гребенок в патроне они изменяются; так, угол α создается установкой

11.13. Основные типы и размеры резьбонарезных гребенок

Эскиз наименование тип и основные размеры



Гребенки резьбонарезные плоские (ГОСТ 2287—61*, ТУ-2-035-475—83)
 Резьба метрическая, $P = 1 \div 6$; резьба трубная с числом шагов 11—19 на длине 25,4 мм; резьба дюймовая с числом шагов 4—20 на длине 25,4 мм;
 $H = 7,5 \div 18$ мм; $B = 19,5 \div 48$ мм; $L = 40—130$ мм

гребенки (рис. 11.10), в связи с чем передний угол $\gamma = \gamma_{ст} - \alpha$, где $\gamma_{ст} = 22^\circ$ — угол заточки гребенки.

Размеры профиля резьбы метрической с шагом $P = (1 \div 6)$ мм следующие: $h_{1\min} = 0,288 \div 1,728$ мм, $h_{1\max} = 0,32 \div 1,786$ мм, $h_{2\min} = 0,325 \div 1,950$ мм; размеры профиля резьбы дюймовой с шагом $P = 1,27 \div 6,35$ мм (4—20 ниток на 1"): $h_{1\min} = 0,44 \div 2,18$ мм, $h_{1\max} = 0,48 \div 2,33$ мм, $h_{2\min} = 0,407 \div 2,033$ мм; размеры профиля резьбы трубной (ГОСТ 6357—73) с шагом $P = 1,337 \div 2,309$ мм (11—19 ниток на 1"): $h_{1\min} = 0,47 \div 0,8$ мм, $h_{1\max} = 0,51 \div 0,87$ мм, $h_{2\min} = 0,34 \div 0,63$ мм.

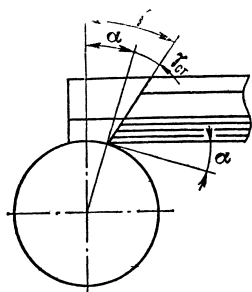


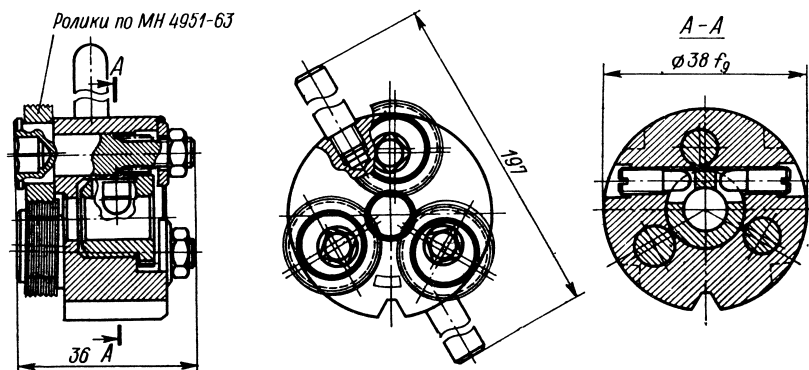
Рис. 11.10. Углы заточки гребенок

Радиус скругления профиля резьбы $R = 0,12 \div 0,144$ мм. Предельное отклонение шага на длине 26 мм — не более $\pm 0,03$ мм, предельное отклонение половины угла профиля резьбы — от $\pm 15'$ до $\pm 35'$; параметр шероховатости поверхности резьбы — $R_a \leq 1,25$ мкм, для гребенок твердосплавных $R_a \leq 0,63$ мкм. Параметр шероховатости передней поверхности $R_a \leq 0,63$ мкм.

Резьба гребенок одного комплекта должна быть смещена у гребенки каждого номера последовательно на $\frac{1}{4}P$. Колебания размера H гребенок одного комплекта не более 0,05 мм, гребенок одного комплекта с вышлифованным профилем — не более 0,05 мм для любой гребенки.

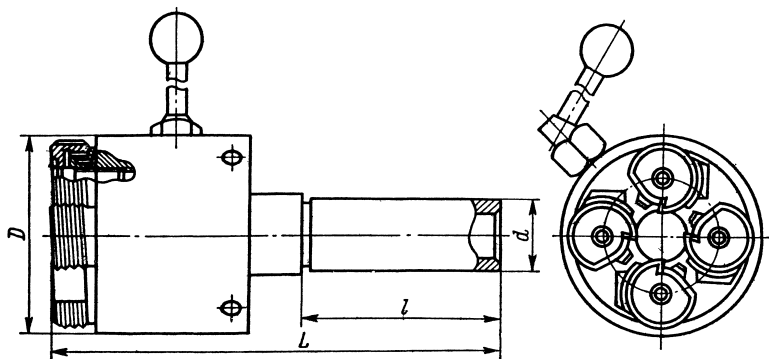
11.14. Некоторые виды прочего резьбообразующего инструмента

Эскиз, наименование, размер



Плашки резьбонакатные регулируемые для накатывания метрических наружных резьб (МН 4947—63—МН 4950—63)

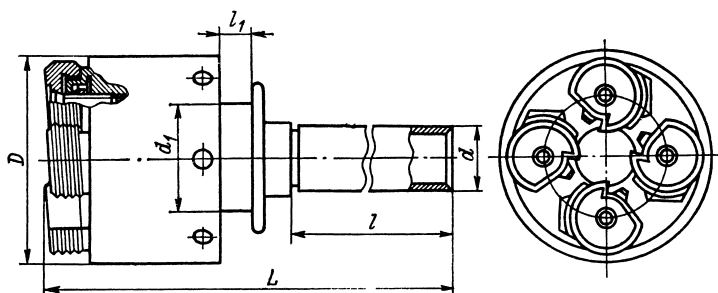
Тип	НП-1	НП-2	НП-3	НП-4
D	4—14	8—16	17—24	25—33
P	0,5—1	1—2	1—2	1—2



Головки винторезные самооткрывающиеся с круглыми гребенками (ГОСТ 21760—76*) для нарезания резьбы на revolverных и токарных станках невращающиеся

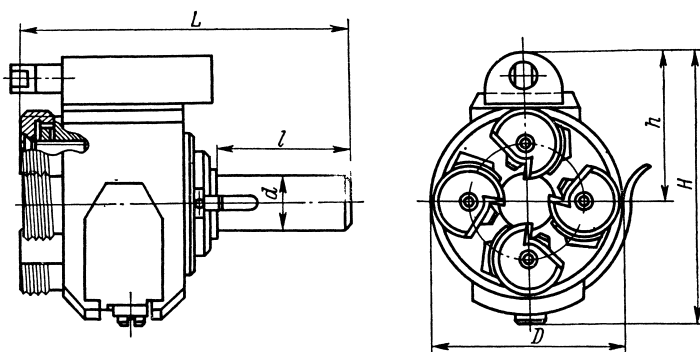
Тип 1	1К-20 1К-25	2К-25 2К-30	3К-30 3К-38	4К-45 4К-70	5К-45 5К-70
Диаметр резьбы	4—10	6—14	9—24	12—42	24—60
Диаметр хвостовика	20; 25	25; 30	30; 38	45; 70	45; 70

Эскиз, наименование, размер



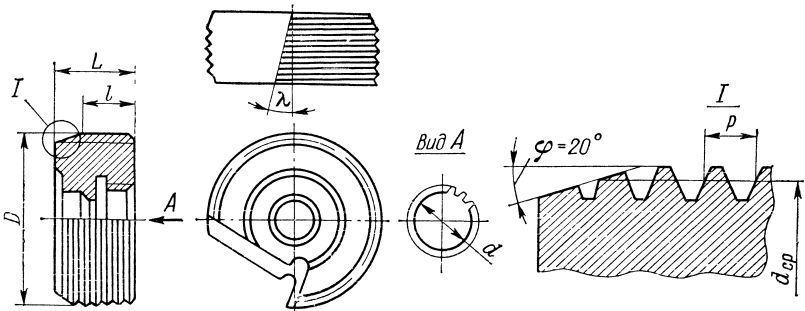
Головки винтовые самооткрывающиеся с круглыми гребенками (ГОСТ 21760—76*) для нарезания резьбы на револьверных станках и токарных станках

Тип 2	1КА-25	2КА-30	3КА-30 3КА-40	4КА-45 4КА-70	5КА-45 5КА-70
Диаметр резьбы	4—10	6—14	9—24	12—42	24—60
Диаметр хвостовика	25	30	30; 40	45; 70	45—70



Головки винтовые самооткрывающиеся с круглыми гребенками (ГОСТ 21760—76*) для нарезания резьб на автоматах типов 1124 и 1136
Тип 1КИ-19МА, 1КН-25А. Диаметр резьбы 4—10 мм, диаметр хвостовика 25 мм

Эскиз, наименование, размер



Гребенки круглые к винторезным самооткрывающимся головкам типов К; КА; КИ (ГОСТ 21761—76*)

Тип	1К; 1КИ; 1КА	2К; 2КА	3К; 3КА	4К; 4КА	5К; 5КА
Шаг резьбы, мм	0,5—1,5	0,5—2	0,75—3	1—3	1—4

11.15. Возможные неполадки при резьбонарезании метчиками и круглыми плашками, пути их устранения

Вид неполадки	Причина неполадки, рекомендации по устранению
Разбивка отверстия или сьем большего припуска с болта, перекося инструмента	Неправильное направление инструмента в работе, перекося осей инструмента и заготовки Неточное, с биением изготовление заборного конуса относительно оси резьбы калибрующей части Неправильная подача (при принудительной подаче), использование патронов без «плавления» в осевом направлении при нарезании без принудительной подачи
Низкая чистота нарезаемой резьбы	Неправильный выбор типа и размера инструмента Неправильный выбор инструмента Затупление инструмента Неправильная заточка (уменьшены задние углы по профилю у метчиков)
Выкрашивание зубьев	Недостаточно или неверно подобрана смазка Неправильное направление инструмента в работе, перекося осей инструмента и заготовки Неправильная заточка (уменьшены задние углы по профилю у метчиков, но увеличены передний угол канавки и углы заготовки) Упор метчика в дно глухого отверстия Обработка наклепанной поверхности (при подготовке под резьбонарезание), неправильный подбор размера заготовки под резьбонарезание

Вид неполадки	Причина неполадки, рекомендации по устранению
Чрезмерный износ	Неправильный выбор типа и размера инструмента Недостаточно или неверно подобрана смазка Слишком высокая скорость резания Обработка наклепанной поверхности (при подготовке под резбонарезание), неправильный подбор размера заготовки под резбонарезание
Поломка	Неправильное направление инструмента в работе, перекос осей инструмента и заготовки Неправильный выбор типа и размера инструмента Затупление инструмента

Эксплуатация гребенок. Режимы обработки и нормы стойкости гребенок из быстрорежущих сталей выбираются по нормативам ЦБПНТ. Ориентировочные значения скорости резания при обработке конструкционных сталей — 3—8 м/мин; автоматных сталей 7—12 м/мин; бронзы, латуни — 15—25 м/мин; хромомолибденовых сталей — 2—4 м/мин

Крутящий момент и эффективная мощность ориентировочно подсчитываются по формулам:

$$M_{кр} = 4,6 d^{1,1} P^{1,5} \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad N_{эф} = 0,111 d^{1,3} P^{0,3} / T^{0,5} \text{ кВт},$$

где d — наружный диаметр болта; T — стойкость гребенки, мин.

Некоторые виды прочего резьбообразующего инструмента приведены в табл. 11.14.

Возможные неполадки при резбонарезании метчиками и круглыми плашками и способы их устранения приведены в таблице 11.15.

ПРОТЯГИВАНИЕ. ПРОШИВКА

Протягивание — высокопроизводительный процесс обработки, обеспечивающий получение изделий высокой точности (до 6-го качества) с высоким качеством обработанной поверхности (R_a до 0,32 мкм). Особенности процесса протягивания следующие:

1) наличие только одного главного движения; отсутствующее движение подачи компенсируется ступенчатым расположением режущих зубьев (каждый последующий зуб выступает над предыдущим), разница в их положении и является подачей на зуб, она достигает 0,5 мм;

2) малая толщина и большая (до 15 мм и выше) ширина обрабатываемой при протягивании стружки;

3) одновременное участие в резании большого числа зубьев;

4) совмещение черновой, чистовой и отделочной обработки (калибрование размеров и пластическая деформация поверхности);

5) точность обработки определяется точностью исполнения инструмента (протяжки, прошивки);

6) припуск при протягивании ограничен длиной протяжки и ее размерами; при недостаточных длине протяжки и величине хода обработка осуществляется комплектом протяжек в несколько проходов.

Протягивание может быть внутренним (обработка отверстий, пазов, прямых и винтовых канавок) или наружным (обработка наружных поверхностей).

Разновидностью протягивания является прошивка (инструмент работает на сжатие и продольный изгиб в отличие от протяжки, работающей на растяжение) отверстий, пазов и других поверхностей и деформирующая обработка (вместо срезания припуска осуществляется пластическая его деформация деформирующими протяжками). Иногда комбинируют резание и последующее пластическое деформирование металла. Обозначение протяжек и прошивок по ОКП приведено в табл. 12.1.

12.1. Обозначение протяжек и прошивок по ОКП

Группа 2300. Протяжки	
Подгруппа	Вид
2310 — протяжки круглые	2311 — из стали цельные с одним хвостовиком 2312 — из стали цельные с двумя хвостовиками 2313 — из стали сборные с одним хвостовиком 2314 — из стали сборные с двумя хвостовиками 2315 — твердосплавные с одним хвостовиком 2316 — твердосплавные с двумя хвостовиками
2320 — протяжки для отверстий нецилиндрических	2321 — для трехгранных отверстий 2322 — для четырехгранных отверстий 2323 — для пятигранных отверстий 2324 — для шестигранных отверстий 2325 — для восьмигранных отверстий 2326 — для фасонных отверстий
2330 — протяжки шлицевые прямо-боочные	2331 — из стали с центрированием по наружному диаметру, цельные с одним хвостовиком 2332 — то же с двумя хвостовиками 2333 — то же сборные с одним хвостовиком 2334 — то же сборные с двумя хвостовиками 2335 — из стали с центрированием по внутреннему диаметру цельные 2336 — то же цельные с двумя хвостовиками 2337 — то же сборные с одним хвостовиком 2338 — то же сборные с двумя хвостовиками 2339 — твердосплавные
2340 — протяжки из стали шлицевые с эвольвентным, треугольным и другими профилями	2341 — с эвольвентным профилем с центрированием по профилю зубьев цельные 2342 — то же сборные 2343 — с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру цельные 2344 — то же сборные 2345 — с треугольным профилем
2350 — протяжки шпоночные	2351 — из стали для прямобоочных пазов 2352 — из стали для пазов с фасками 2353 — твердосплавные
2360 — протяжки плоские	2361 — для обработки плоскостей из стали 2362 — для обработки плоскостей твердосплавные 2363 — для обработки шлицевых валов из стали 2364 — для обработки шлицевых валов твердосплавные
2370 — прошивки	2371 — круглые из стали 2372 — круглые твердосплавные 2373 — шлицевые из стали 2374 — шлицевые твердосплавные

12.1. Методы протягивания

Метод *свободного протягивания* заключается в том, что обрабатываемое изделие в процессе обработки не фиксируется жестко относительно базовых поверхностей, а точным получается лишь контур обработанной поверхности и его размеры. Центрирование и направление изделия осуществляются за счет равновесия сил.

Метод *координатного протягивания* предусматривает точное взаимное расположение протяжки и обрабатываемого изделия, за счет чего обеспечивается как заданная форма и размеры обрабатываемой поверхности, так и точное ее расположение относительно базовых поверхностей. Метод требует специальных приспособлений для ориентирования и направления протяжки. Точность расположения обработанных поверхностей относительно баз достигает 0,02—0,03 мм.

Метод протягивания поверхностей вращения совмещает традиционную обработку точением и растачиванием с протягиванием, имеет следующие разновидности:

главное движение — вращение обрабатываемой заготовки, движение подачи перпендикулярно к оси вращения (тангенциально) осуществляется протяжкой;

главное движение — вращение обрабатываемой заготовки при вращательном движении протяжки (за один ее оборот); протяжка при этом аналогична как бы цилиндрической фрезе с зубьями, расположенными на разном расстоянии от оси вращения.

12.2. Виды протягивания

Основные виды внутреннего протягивания приведены на рис. 12.1, *а—е* (1 — изделие; 2 — протяжка; 3 — слой срезаемого металла). Протягивание в горизонтальном направлении неподвижного изделия (рис. 12.1, *а, б*) осуществляется на горизонтально-протяжных станках (v_p и v_x — скорости рабочего и холостого хода).

Протягивание сверху вниз (рис. 12.1, *в*) или снизу вверх (рис. 12.2, *г*) неподвижного изделия осуществляется на вертикально-протяжных станках. Преимуществами вертикального протягивания являются улучшение стружкоотвода и подвода СОЖ, исключение влияния массы протяжки на точность обработки и стойкость, меньшая площадь, занимаемая станком, недостатки — большая высота станков, сложность обслуживания.

Протягивание с вращением изделия или протяжки (рис. 12.1, *б*), как правило, применяется для обработки винтовых пазов.

Прошивка неподвижного изделия сверху вниз (рис. 12.1, *д*) не требует специального оборудования, однако небольшая длина инструмента (до 15 диаметров) не позволяет снимать достаточно большие припуски, что ограничивает область применения.

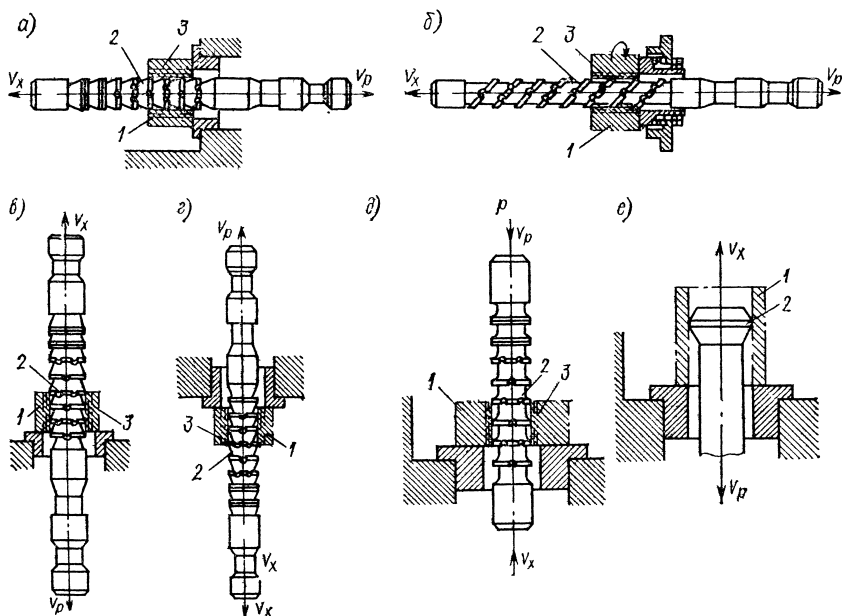


Рис. 12.1. Виды внутреннего протягивания (H — длина хода инструмента (изделия); v_d — рабочий ход; v_x — холостой ход):
 1 — изделие; 2 — протяжка; 3 — слой срезаемого металла

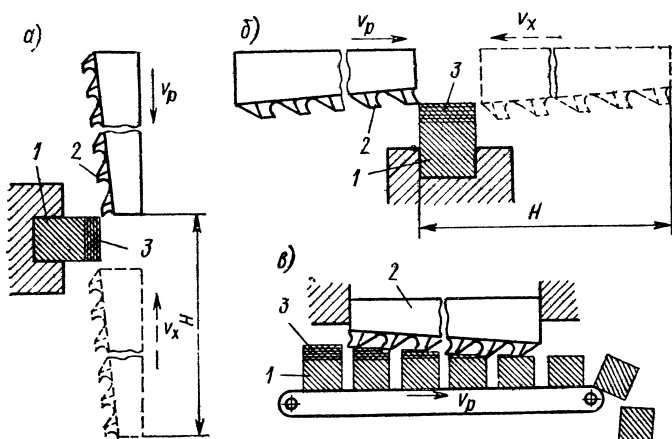


Рис. 12.2. Виды наружного протягивания (обозначения см. рис. 12.1)

Обработка деформирующей протяжкой, прошивкой (рис. 12.1, е) может осуществляться как отделочная операция после предварительной обработки, как подготовительная перед протягиванием операция, исправляющая форму и размеры отверстия, или в комбинациях: режуще-деформирующее протягивание (срезание основного припуска регулирующей частью протяжки, отделка деформирующей частью), деформирующе-режуще-деформирующее протягивание (подготовка отверстия деформирующей частью протяжки, срезание припуска режущей частью, отделка деформирующей частью); протягивание с нарезанием резьбы (метчик-протяжка).

Основные виды наружного протягивания приведены на рис. 12.2, а—в. Протягивание с возвратно-поступательным перемещением протяжки в вертикальном (рис. 12.2, а) или горизонтальном (рис. 12.2, б) направлениях. Непрерывное протягивание (рис. 12.2, в) неподвижной протяжкой перемещающихся заготовок или протягивание неподвижных заготовок перемещающимися по замкнутому контуру протяжками.

12.3. Схемы резания при протягивании

Схемы резания при протягивании определяются формой, расположением зубьев протяжки и последовательностью их работы. Выделяют следующие схемы протягивания (табл. 12.2):

профильная — весь припуск снимается слоями, по всему профилю конфигурация слоев соответствует конфигурации готового профиля; схема применяется как окончательная, недостаток ее — сложность изготовления, заточки и переточки протяжки;

генераторная — припуск снимается плоскими параллельными или дугообразными слоями;

групповая (переменного резания) — каждый зуб срезает только часть ширины слоя, приходящегося на группу зубьев за счет укорочения длины регулирующих кромок зубьев; что снижает нагрузки на зуб, позволяет работать с большими толщинами среза при той же нагрузке.

Обычно протяжки (особенно круглые) имеют группы зубьев с различными схемами резания, причем чистовые и калибрующие участки выполняют по профильной схеме резания; комбинированные схемы применяют и при использовании комплектных протяжек (протяжки 1-го прохода, снимающие основной слой металла по групповой схеме, 2-го прохода — по генераторной или профильной схеме).

12.4. Конструкции протяжек

Конструкции протяжек весьма разнообразны. Основные типы стандартизованных протяжек и их назначение приведены в табл. 12.3.

12.2. Схемы резания при протягивании

Операции протягивания	Схемы резания		
	профильная	генераторная	групповая переменного резания (разновидность генераторной)
Протягивание плоскости			
Протягивание цилиндрического отверстия			
Протягивание фасонной поверхности			

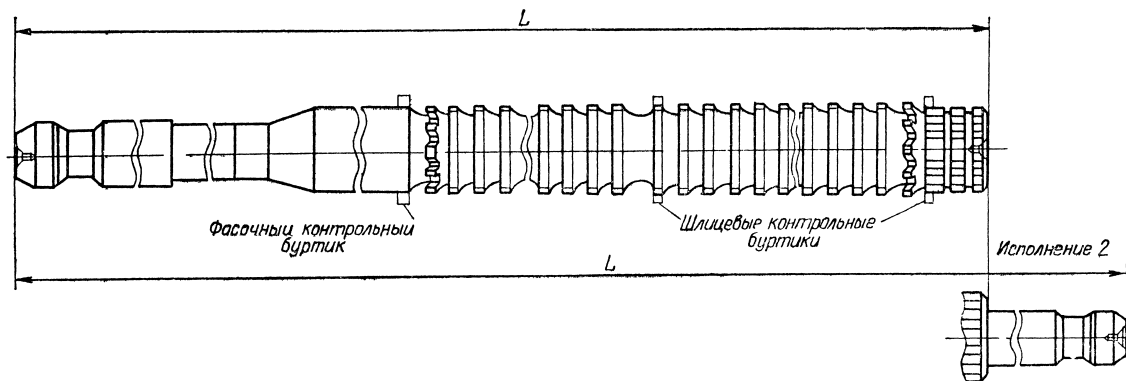
Операции протягивания	Схемы резания		
	профильная	генераторная	групповая переменного резания (разновидность генераторной)
Протягивание шлицевого отверстия			
Протягивание квадратного отверстия			

Примечание. На рисунках: *I* — протяжка; *II* — изделие; s_z — подача на зуб; *A* — припуск на протягивание, *B* — ширина срезаемого слоя металла; 1 — металл, срезаемый первым зубом всех секций групповых протяжек или каждым зубом обычных протяжек; 2 — металл, срезаемый вторым зубом всех секций.

12.3. Основные типы стандартизованных протяжек

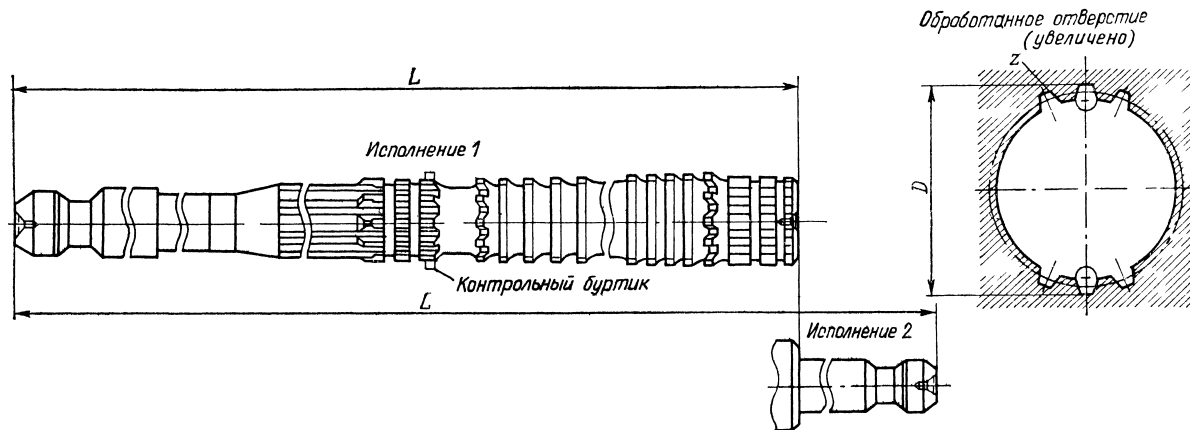
Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжка 1-го прохода



Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжка 2-го прохода



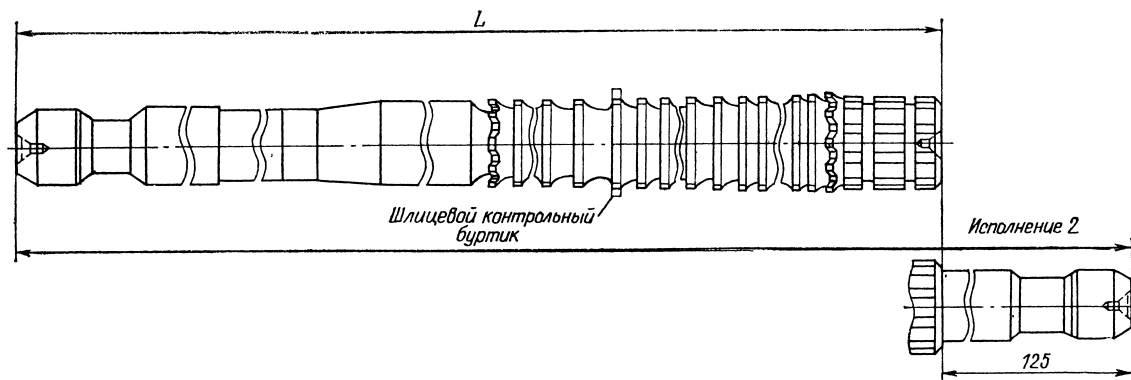
Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру, двухпроходные с сочетанием полей допусков на D и e — Н7—9Н и Н8—11Н

ГОСТ 25157—82: $D = 12; 14$ мм; $L = 400$ мм; $m = 1$ мм; $z = 10; 12$; $l_{CT} = 15 \div 23$ мм; $l_{ЧУГ} = 15 \div 28; 70 \div 190; 70 \div 210$ мм — длины протягивания по стали и чугуну

ГОСТ 25159—82: $D = 15 \div 20$ и 90 мм; $L = 500 \div 650; 1300; 1425$ мм; $m = 1 \div 1,5$ и $2,5$ мм; $z = 12 \div 16; 34$; $l_{CT} = 20 \div 43$ мм; $l_{ЧУГ} = 20 \div 550$ мм

ГОСТ 25161—82: $D = 70 \div 90$ мм; $L = 1325 \div 1500$ мм; $m = 3,5 \div 5$ мм; $z = 12 \div 24$; $l_{CT} = 45 \div 157$ мм; $l_{ЧУГ} = 45 \div 190$ мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



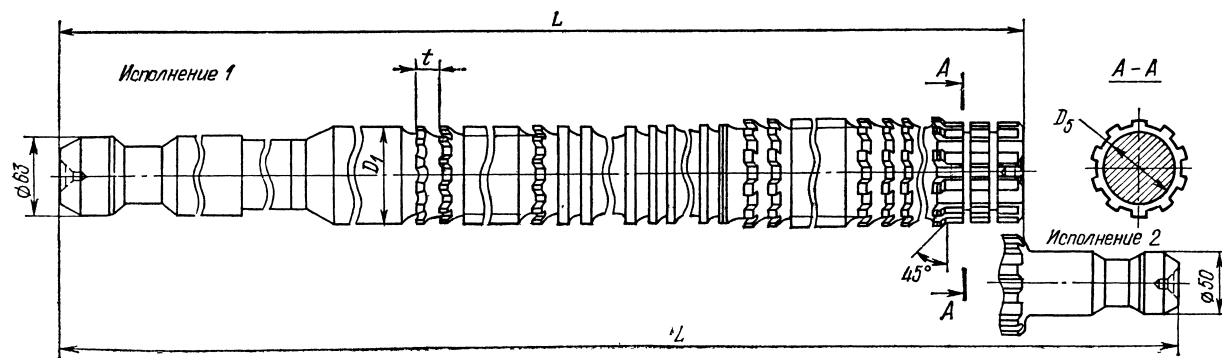
Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру, однопроходные с сочетанием полей допусков на D и e — H7—9H и H8—11H

ГОСТ 25158—82: $D = 15 \div 90$ мм; $L = 500 \div 1375$ мм; $m = 1 \div 2,5$ мм; $z = 12 \div 38$; $l_{\text{с.т.}} = 16 \div 150$ мм; $l_{\text{ч.уг.}} = 16 \div 180$ мм

ГОСТ 25160—82: $D = 45 \div 90$ мм; $L = 1175 \div 1500$ мм; $m = 3 \div 5$ мм; $z = 12 \div 28$; $l_{\text{с.т.}} = 30 \div 157$ мм; $l_{\text{ч.уг.}} = 30 \div 190$ мм

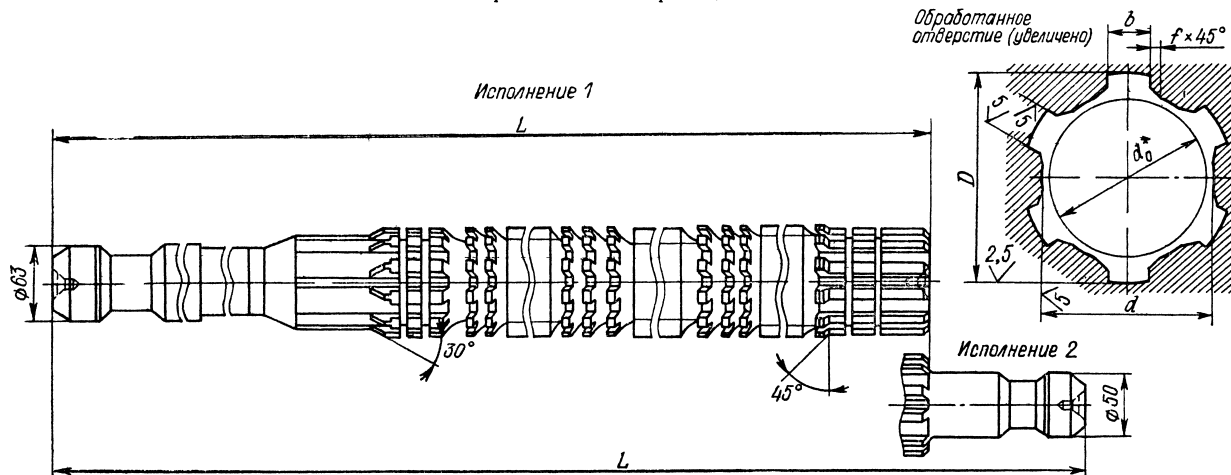
Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжка 1-го прохода



Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжка 2-го прохода



Протяжки для шлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру, комбинированные, переменного резания двухпроходные, с сочетанием полей допусков на D и b — H7—D9, H7—F10; H8—F8, H8—D9

ГОСТ 24819—81: $D = 14 \div 22$ мм; $d = 11 \div 18$ мм; $b = 3,0 \div 5$ мм; $z = 6$; $d_0 = 11,0 \div 17,65$ мм; $l = 12 \div 42$ мм

ГОСТ 24819—81: $D = 25 \div 34$ мм; $d = 21 \div 28$ мм; $b = 5 \div 7$ мм; $z = 6$; $d_0 = 20,65 \div 27,5$ мм; $l = 32 \div 80$ мм

ГОСТ 24821—81: $D = 38 \div 72$ мм; $d = 32 \div 62$ мм; $b = 6 \div 12$ мм; $z = 8$; $d_0 = 31,5 \div 61,5$ мм; $l_{\text{сг}} = 45 \div 140$ мм; $l_{\text{чг}} = 45 \div 190$ мм

ГОСТ 24823—81: $D = 78 \div 92$ мм; $d = 72 \div 82$ мм; $b = 12$ мм; $d_0 = 71,5 \div 81,5$ мм; $z = 10$; $l_{\text{сг}} = 50 \div 150$ мм; $l_{\text{чг}} = 50 \div 200$ мм

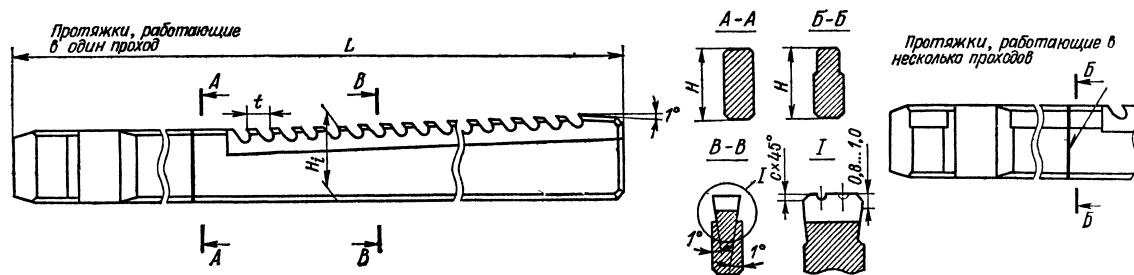
Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжки для шлицевых отверстий с прямоблочным профилем с центрированием по наружному диаметру, комбинированные, переменного резания, однопроходные, с сочетанием полей допусков на D и b — H7—D9, H7—F10, H8—F8, H8—D9

ГОСТ 24818—81: $D = 25 \div 34$ мм; $L = 750 \div 1125$ мм; $d = 21 \div 28$ мм; $b = 5 \div 7$ мм; $z = 6$; $d_0 = 20,65 \div 27,5$ мм; $l = 23 \div 55$ мм

ГОСТ 24820—81: $D = 36 \div 68$ мм; $L = 925 \div 1625$ мм; $d = 32 \div 62$ мм; $b = 6 \div 12$ мм; $z = 8$; $d_0 = 31,5 \div 61,5$ мм; $l_{\text{ст}} = 30 \div 124$ мм; $l_{\text{чуг}} = 30 \div 149$ мм

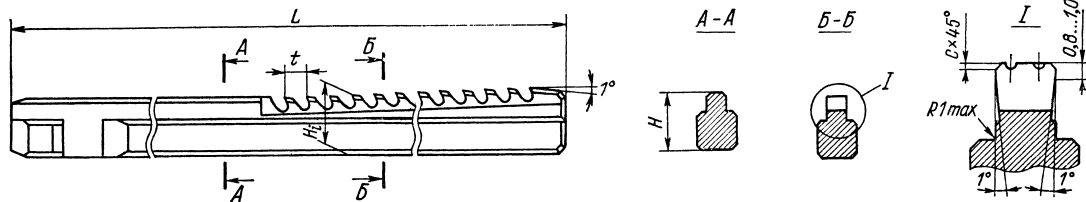
ГОСТ 24822—81: $D = 78; 88$ мм; $L = 1325 \div 1525$ мм; $d = 72; 82$ мм; $b = 12$ мм; $z = 10$; $d_0 = 71,5; 81,5$ мм; $l_{\text{ст}} = 45 \div 105$ мм; $l_{\text{чуг}} = 45 \div 130$ мм



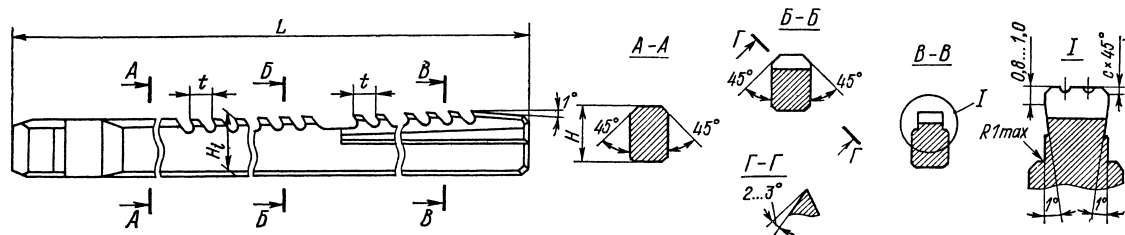
Протяжки шпоночные для обработки шпоночных пазов с полями допусков $j_s9; D10$

ГОСТ 18127—80: $b = 6 \div 50$ мм; $H = 15 \div 60$ мм; $L = 565 \div 1550$ мм; $A = 3,58 \div 21,09$ мм — максимальный припуск на протягивание; $d = 18 \div 230$ мм; $\Delta = 0,3 \div 0,7$ мм — припуск на шлифование отверстия; $s = 1,17 \div 18,23$ мм — толщина подкладки; $t_{\text{max}} = 2,8 \div 17,4$ мм; $l_{\text{ст}} = 20 \div 260$ мм; $l_{\text{чуг}} = 20 \div 340$ мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



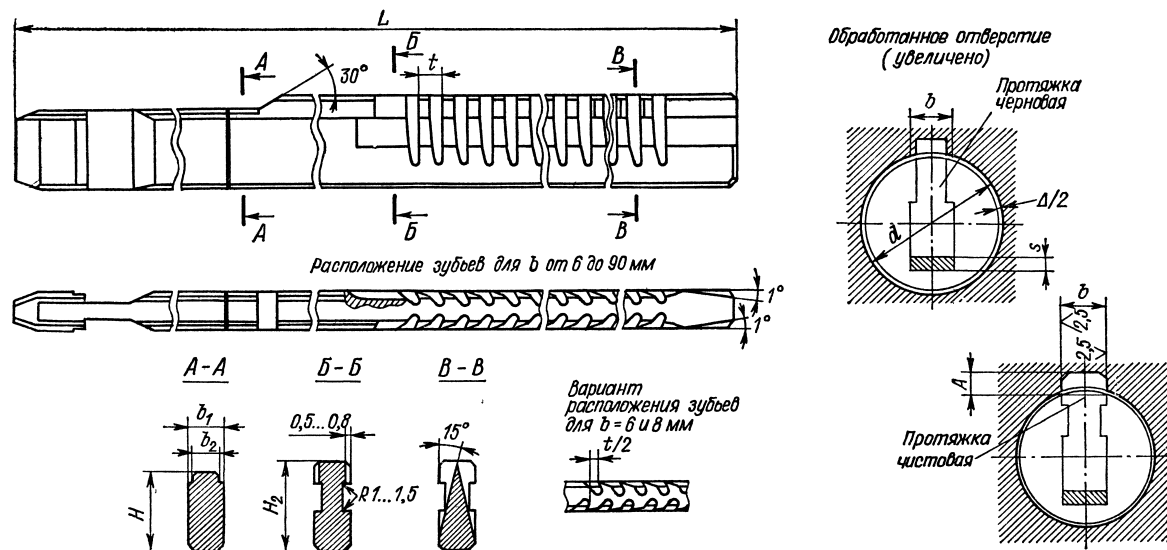
Протяжки шпоночные с утолщенным телом для обработки за один проход шпоночных пазов с полями допусков j_s9 ; D10
 ГОСТ 18218—80: $b = 3 \div 10$ мм; $H = 6 \div 22$ мм; $b_2 = 4 \div 15$ мм; $L = 475 \div 1150$ мм; $d = 8,5 \div 38,0$ мм; $A = 1,89 \div 5,07$ мм; $\Delta = 0,2 \div 0,4$ мм; $t_{\max} = 1,4 \div 3,8$ мм; $l_{\text{сг}} = 11 \div 115$ мм; $l_{\text{чг}} = 11 \div 160$ мм



Протяжки шпоночные с фасочными зубьями для обработки шпоночных пазов со снятием заусенцев и с полями допусков j_s9 ; D10

ГОСТ 18129—80: $b = 3 \div 10$ мм; $H = 6 \div 22,0$ мм; $L = 495 \div 1255$ мм; $d = 8,5 \div 38,0$ мм; $A = 2,04 \div 5,42$ мм; $\Delta = 0,2 \div 0,4$ мм; $t_{\max} = 1,4 \div 3,8$ мм; $l_{\text{сг}} = 11 \div 115$ мм; $l_{\text{чг}} = 11 \div 160$ мм; $f = 0,15 \div 0,5$ мм

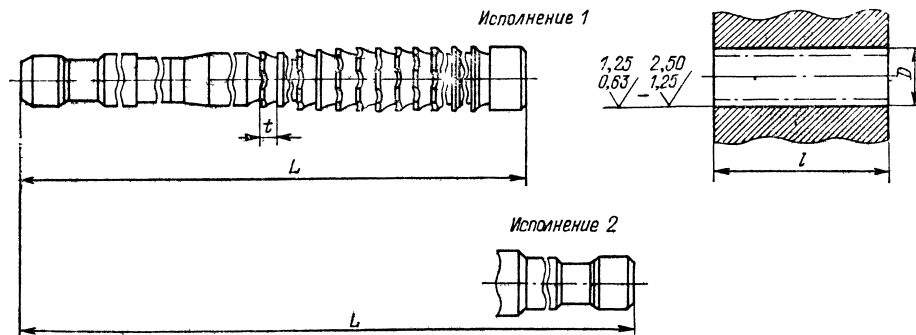
Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



Протяжки шпоночные для пазов повышенной чистоты

ГОСТ 18220—80: тип 1 — черновые — $b = 6 \div 50$ мм; $H = 15 \div 60$ мм; $L = 565 \div 1550$ мм; тип 2 — чистовые — $b = 6 \div 50$ мм; $H = 15 \div 60$ мм; $H_2 = 16,26 \div 62,82$ мм; $L = 475$ мм; $d = 18 \div 230$ мм; $A = 3,58 \div 21,09$ мм; $\Delta = 0,3 \div 0,7$ мм; $t_1 \text{ наиб} = 2,8 \div 17,4$ мм; $s = 1,17 \div 18,23$ мм; $l_{от} = 20 \div 260$ мм; $l_{чур} = 20 \div 340$ мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



Протяжки круглые переменного резания универсальные для обработки цилиндрических отверстий с полями допусков Н7; Н8; Н9

ГОСТ 20364—74*: $D = 10 \div 13$ мм; $L = 360 \div 430$ мм; $\Delta = 0,6 \div 0,16$ мм; $l_{\text{сг}} = 10,5 \div 34$ мм; $l_{\text{чуг}} = 10,5 \div 40$ мм

ГОСТ 20365—74*: $D = 14 \div 90$ мм; $L = 460 \div 1380$ мм; $l_{\text{сг}} = 15 \div 230$ мм; $l_{\text{чуг}} = 15 \div 250$ мм

D , мм	14—18	18—20	20—30	30—40	40—50	50—75	75—90
Δ , мм	0,6—0,66	0,9—0,92	1,1—1,12	1,16—1,2	1,26—1,3	1,4	1,5

Примечание. Δ — припуск на протягивание, l — длина изделия

На рис. 12.3 представлены основные элементы протяжек и прошивок. В некоторых случаях, чтобы легче было извлечь прогашку из зоны резания, хвостовик выполняется и со стороны калибрующей части (задняя хвостовая часть), а при необходимости ориентации протяжки относительно обрабатываемой заготовки на хвостовой и задней хвостовой частях выполняются ориентирующие элементы.

Технические условия на протяжки как стандартные, так и специальные, изготавливаемые централизованно, приведены в ГОСТ 9126—76* (протяжки для цилиндрических отверстий),

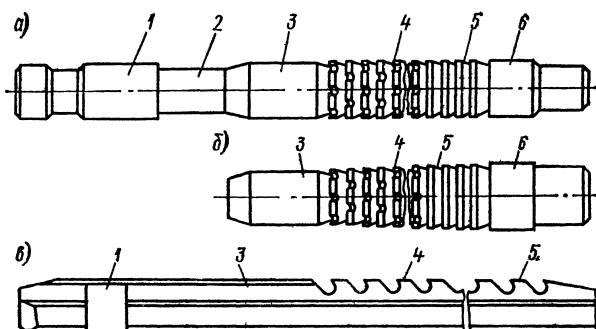


Рис. 12.3. Основные элементы протяжек и прошивок: а — круглая протяжка; б — круглая прошивка; в — шпоночная протяжка;

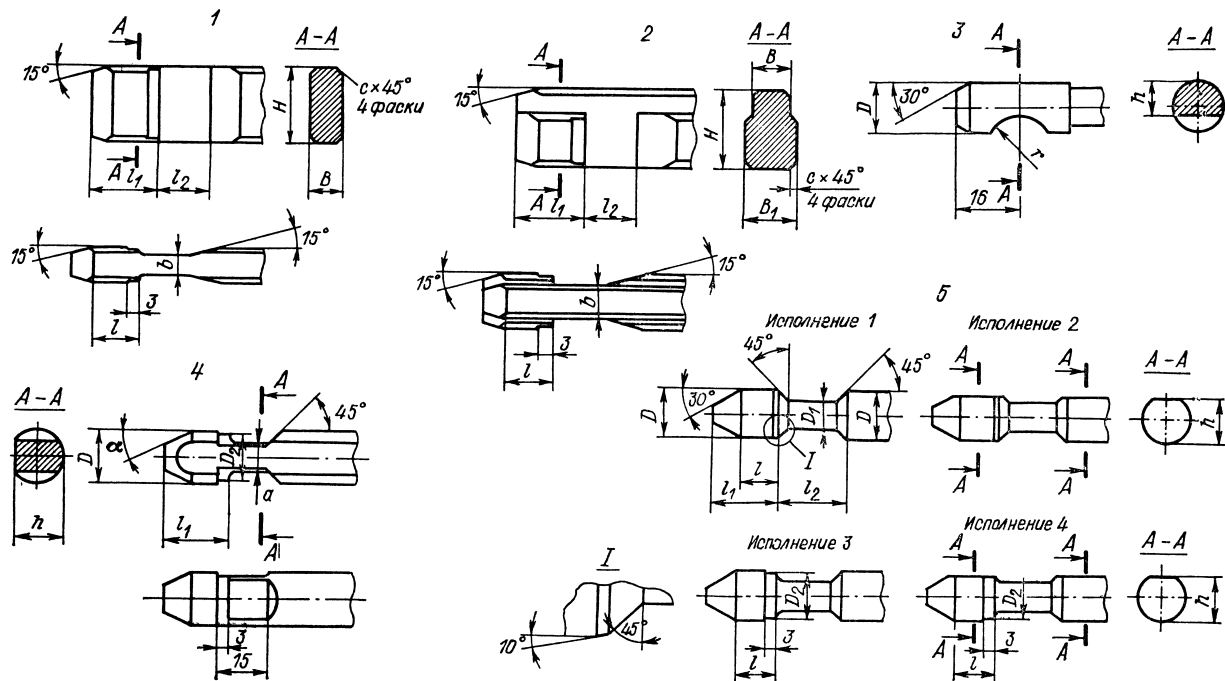
1 — хвостовик; 2 — шейка; 3 — передняя направляющая часть; 4 — режущая часть; 5 — калибрующая часть; 6 — задняя направляющая часть

ГОСТ 16491—80* Е (протяжки шпоночные), ГОСТ 16492—70* (протяжки для гранных отверстий), ГОСТ 6767—79* (протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем), ГОСТ 7943—78* (протяжки для шлицевых отверстий с прямоугольным профилем).

Типы и основные размеры хвостовиков протяжек приведены в табл. 12.4. Хвостовики (передние и задние) могут выполняться заодно с протяжкой (цельные протяжки), привариваться к ней (сварные протяжки) или крепиться механически. Цельными выполняются протяжки из стали ХВГ и быстрорежущей стали для цилиндрических шлицевых отверстий диаметром до 18 мм, для гранных отверстий с диаметром описанной окружности до 18 мм, шпоночные — шириной до 20 мм. Допускается протяжка из быстрорежущей стали для цилиндрических и шлицевых отверстий диаметром свыше 60 мм и протяжки для заготовок массового производства также выполнять цельными.

Материал хвостовика сварных протяжек — сталь 40Х, материал хвостовика протяжек с механическим креплением хвостовика — конструкционная сталь по ГОСТ 4543—71* или инструментальная сталь по ГОСТ 5950—73*. Твердость замковой части

12.4. Основные размеры хвостовиков протяжек, мм



Тип, основные размеры хвостовика																									
1. Хвостовики плоские типа 1 (ГОСТ 4043—70 *)																									
<i>B</i>	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	28	32	36	40	45	50					
<i>b</i>	2,4	3,2	4	4,5	5	7	8	10	12	13	15	16,5	18	19	21	24	28	32	36	40					
<i>H</i>	7	11	15	16	18	22	28	30	36	40	45		50		55	60									
<i>l</i>	14						17						20						28						
<i>l</i> ₁	20						25						30						40						
<i>l</i> ₂	16						18			22				28				36							
2. Хвостовики плоские типа 2 (ГОСТ 4043—70 *)																									
<i>B</i>	2		(2,5) 3				4		5		6		7		8		10								
<i>B</i> ₁	3		4				6		8		10				12		15								
<i>b</i>	1,5		2,5				4		5		6		7		8		10								
<i>H</i>	4		5		6		7		11		15		16		18		22								
<i>l</i>	14																								
<i>l</i> ₁	20																								
<i>l</i> ₂	16																								
3. Хвостовики круглые типа 1 (ГОСТ 4044—70 *)																									
<i>D</i>	5		5,5			6			7			8			9			10			11				
<i>d</i>	3,4		3,8			4,0			4,7			5,4			6,0			6,8			7,5				
<i>r</i>	3								4								5			6			8		
<i>F</i> , мм ²	14,3		17,6			20,1			27,6			36,3			45,3			57,2			69,4				

Тип, основные размеры хвостовика																						
4. Хвостовики круглые типа 2 (ГОСТ 4044—70 *)																						
D	4	5	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18											
D_2	3,8	4,8	5,3	5,8	6,8	7,8	9,8	11,7	13,7	15,7	17,7											
a	2	3	3,3	4	4,2	5	6	8	8	10	12											
d	3,7	4,6	5,1	5,6	6,5	7,5	9,5	11,5	13,5	15,5	17,5											
l_1	16						20															
F , мм ²	6,6	13,2	15,8	20,9	23,8	35,4	61,5	85,2	96,1	145	193											
5. Хвостовики круглые типа 3 (ГОСТ 4044—70 *)																						
D	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	(55)	56	(60)	63	70	80	90	100	
D_1	8	9,5	11	13	15	17	19	22	25	28	32	34	38	42	42	45	48	53	60	70	75	
l	12				16				20				25				32					
l_1	17				21				32				40				50					
l_2	20				25				32				40				50					
h					10,5	12,5	14,0	16,0	17,0	19,0	21,5	24,0	27,5	31,0	34,5	39,0						
F , мм ²					50,3	70,9	95,0	132,7	176,7	227,0	283,5	380,1	490,9	615,7	804,2	907,9						
h					43,5	48,5	48,5	55,0	55,0	61,0	69,5	78,5	87,0									
F , мм ²					1134,1	1385,4	1385,4	1590,4	1809,6	2206,2	2827,4	3848,4	4417,9									

переднего хвостовика цельных протяжек из быстрорежущей стали 42—56 HRC₉ (у протяжек для обработки заготовок массового производства 50—56 HRC₉), твердость замковой части переднего хвостовика сварных протяжек 42—50 HRC₉, протяжек с механическим креплением 42—56 HRC₉.

Параметр шероховатости верхней и боковых поверхностей хвостовика (у шлицевых протяжек), цилиндрической части хвостовика и конической поверхности под кулачки — $R_a \leq 1,25$ мкм.

Шейка 2 (см. рис. 12.3) выполняется диаметром на 0,5—1 мм меньше диаметра хвостовика и служит для облегчения установки протяжки при закреплении ее в тяговом патроне. Длина шейки при протягивании с применением приспособлений для закрепления заготовок на предметном столе должна быть на 10—15 мм больше суммы размеров толщины предметного стола и высоты приспособления (у специальных протяжек). При протягивании без использования приспособления длина шейки на 10—15 мм превышает толщину предметного стола. На шейке располагается маркировка протяжки, в зоне шейки у сварных протяжек находится сварной шов.

Рабочая часть протяжки состоит из направляющих (передней и задней), режущей и калибрующей частей, а у протяжек режуще-деформирующих — деформирующей части (или частей). Рабочая часть выполняется из стали ХВГ (ГОСТ 5950—73*), быстрорежущих сталей по ГОСТ 19265—73*, твердых сплавов. У сборных протяжек из перечисленных материалов выполняются режущие, калибрующие и деформирующие элементы, а у специальных протяжек, оснащаемых режущими пластинами, последние могут выполняться из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, минералокерамики и сверхтвердых материалов.

Твердость зубьев и задней направляющей из быстрорежущих сталей 62—65 HRC₉, зубьев из стали ХВГ 61—64 HRC₉, передней направляющей из быстрорежущей стали 60—65 HRC₉, передней и задней направляющих из стали ХВГ 56—64 HRC₉.

Передняя направляющая часть 3 служит для направления и центрирования протяжки во время начала протягивания. Переходный конический участок облегчает центрирование протяжки при ее продевании через заготовку во время установки и закреплении. Двойной угол конуса переходного участка равен 20—90°.

Длина передней направляющей (от начала конуса на шейке до первого зуба) на 0,5 шага зуба превышает длину протягивания (для специальных протяжек). Для стандартных протяжек это соотношение не соблюдается в связи с большими пределами значений длины протягивания и неопределенными условиями эксплуатации

Форма направляющей соответствует форме обрабатываемой поверхности. Для цилиндрических протяжек направляющие — цилиндрические, для шлицевых и гранных протяжки 1-го прохода — цилиндрические (отверстие в заготовке цилиндрическое),

у протяжки 2-го прохода — шлицевые (или гранные), у плоских протяжки — плоские.

Диаметр передней цилиндрической направляющей принимается равным диаметру отверстия в заготовке. Диаметр передней шлицевой (2-го и последующих проходов) направляющей принимается на 0,1—0,3 мм меньше наружного диаметра калибрующих зубьев 1-й протяжки. Ширина шлицев передней направляющей на 0,05—0,1 мм меньше ширины калибрующего шлица 1-й протяжки.

Рабочая часть протяжки предназначена для съема всего припуска (при обработке одной протяжкой). При обработке комплектом протяжек припуск соответственно распределяется. Число зубьев режущей и калибрующей частей протяжек рассчитывают по формулам:

$$z = z_1 + z_2 + z_3; \quad z_1 = \frac{A_1}{a_1}; \quad z_2 = \frac{A_2}{a_2}; \quad z_3 = 4 \div 8;$$

$$z = \frac{A_1}{s_{z_1}} + \frac{A_2}{s_{z_2}} + (4 \div 8),$$

где A_1 и A_2 — припуски на черновое и чистовое протягивание соответственно; z_3 — число калибрующих зубьев; s_{z_1} и s_{z_2} — толщина срезаемого слоя (условная подача за зуб) при черновом и чистовом протягивании соответственно.

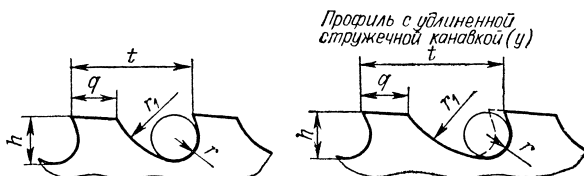
При генераторной, прогрессивной и комбинированной схемах протягивания число зубьев протяжки определяется суммой зубьев каждой группы (секции). Для обеспечения запаса на переточку затупившихся зубьев предусматриваются резервные 1—3 зуба, которые после переточек становятся основными. Общая длина режущей и калибрующей частей $l_p = z_1 t + (z_2 + z_3) t_1$.

У протяжек свободного протягивания число зубьев, одновременно участвующих в обработке, должно быть не меньше 2, т. е. $l_n/t \geq 2$. Шаг между зубьями, выполняющими однотипные операции (черновые, чистовые, калибрующие), определяется из отношения $t = (1,25 \div 1,5) \sqrt{l_n}$. Для чистовых и калибрующих зубьев его значения уменьшаются, а для зубьев протяжек, обрабатывающих заготовки с длиной l_n , больших $5H$ ($5d$), увеличиваются (удлиненные профили).

Профиль стружечных канавок обеспечивает размещение стружки при обработке, оказывает влияние на прочность протяжки и характеризуется высотой зуба h , шириной спинки q , формой и размерами переходных участков. Высота зуба $h = (0,3 \div 0,6) t$; радиус закругления впадины зуба со стороны передней поверхности $r = 0,5h$, со стороны спинки $r_1 = (0,65 \div 0,8) t$. Ширина спинки зуба $q = (0,2 \div 0,35) t$. У протяжек для глубоких отверстий $l_n/d \geq 5$; $h = (0,15 \div 0,2) d$; $r = (0,5 \div 0,55) h$; $q = (1,5 \div 1,6) \sqrt[3]{d}$;

Стандартные профили зубьев протяжек приведены в табл. 12.5, 12.6 (круглые протяжки), табл. 12.7 (шпоночные протяжки).

12.5. Форма и размеры профиля зубьев круглых протяжек, мм



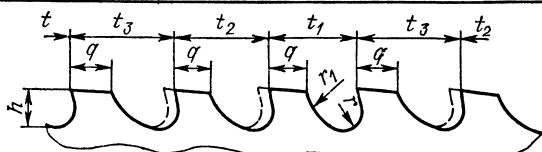
Номер профиля	t	h	r	q	r_1	Активная площадь, мм ²
1	4,0	1,6	0,8	1,5	2,5	1,77
2		1,8	0,9	1,2	2,8	2,54
1	4,5	1,6	0,8	2,0	2,5	1,77
2		1,8	0,9	1,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	1,5	3,0	3,14
1У	5,0	1,6	0,8	2,2	2,5	1,77
2		1,8	0,9		2,8	2,54
3		2,0	1,0	2,0	3,0	3,14
1У	5,5	1,6	0,8	2,5	2,5	1,77
2		1,8	0,9	2,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	2,5	3,0	3,14
2У	6,0	1,8	0,9	2,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	3,0	3,0	3,14
4		2,5	1,3	2,0	4,0	4,90
3У	7,0	2,0	1,0	3,5	3,0	3,14
4		2,5	1,3	3,0	4,0	4,90
5		3,0	1,5	2,3	5,0	7,10
4	8,0	2,5	1,3	4,0	4,0	4,90
5		3,0	1,5	3,3	5,0	7,10
6		3,6	1,8	2,5	5,5	9,60
4У	9	2,5	1,3	4,0	4,0	4,9
5		3,0	1,5	4,3	5,0	7,1
6		3,6	1,8	3,5	5,5	6,6
5У	10	3,0	1,5	4,3	5,0	7,1
6		3,6	1,8	4,5	5,5	9,6
7		4,0	2,0	3,5	6,0	12,6

Номер профиля	t	h	r	q	r_1	Активная площадь, мм ²
6У	11	3,6	1,8	4,5	5,5	9,6
7		4,0	2,0		6,0	12,6
8		4,5	2,3	4,0	7,0	15,9
7	12	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6
8		4,5	2,3	5,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	4,0	8,0	19,6
7У	13	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6
8		4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	5,0	8,0	19,6
8У	14	4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5		8,0	19,6
10		6,0	3,0	4,5	10,0	28,3
8У	15	4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	5,5	10,0	28,3
9У	16	5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	6,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	5,0	11,0	38,5
9У	17	5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	7,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	6,0	11,0	38,5
10	18	6,0	3,0	8,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	7,0	11,0	38,5
12		8,0	4,0	6,0	12,0	50,3
10У	19	6	3,0	8,5	10	28,3
11		7	3,5	8,0	11	38,5
12		8	4,0	7,0	12	50,3
11	20	7	3,5	9,0	11	38,5
12		8	4,0	8,0	12	50,3
13		9	4,5	6,0	14	63,6
11У	21	7	3,5	9,0	11	38,5

Номер профиля	t	h	r	q	r_1	Активная площадь, мм ²
12	21	8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	7,0	14	63,6
11У	22	7	3,5	9,0	11	38,5
12У		8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	8,0	14	63,6
12У	24	8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	8,5	16	78,5
12У	25	8	4,0	10,0	12	50,3
13У		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	9,5	16	78,5
12У	26	8	4,0	10,5	12	50,3
13У		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	10,5	16	78,5
13У	28	9	4,5	10,5	14	63,6
14У		10	5,0	10,5	16	78,5
15		12	6,0	9,5	20	113,0
13У	30	9	4,5	12	14	63,6
14У		10	5,0		16	78,5
15		12	6,0	11,5	20	113,1
13У	32	9	4,5	12,0	14	63,6
14У		10	5,0		16	78,5
15У		12	6,0		20	113,1

Примечания: 1. Удлиненная форма профиля У выполняется тем же резцом при его продольном перемещении. 2. Шаги чистовых и калибрующих зубьев (t_1 , t_2 , t_3) неравномерные и устанавливаются в соответствии с табл. 12.6.

12.6. Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев круглых протяжек, мм



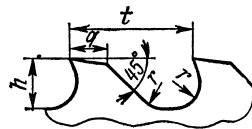
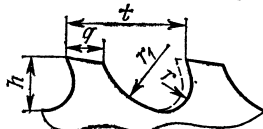
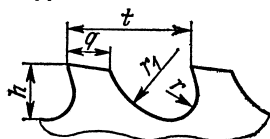
t	t_1	t_2	t_3	t	t_1	t_2	t_3	t	t_1	t_2	t_3
4,0	4,0	—	—	9,0	6,0	t_1+1	t_1+2	18,0	13,0		
4,5	4,0			10,0	7,0			19,0	14,0		
5,0	4,0			11,0				20,0	14,0		
				12,0	8,0			21,0	15,0		
				13,0	9,0			22,0	16,0		
				14,0	10,0			24,0	17,0		
5,5	4,0	$t+0,5$	t_1+1	15,0	11,0			25,0	18,0		
6,0	4,5			16,0	11,0			26,0	19,0		
7,0	5,0			17,0	12,0			28,0			
8,0	5,5							30,0	20,0	t_1+2	t_1+4
								32,0	22,0		

Примечания: 1. Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев h , q , r , r_1 устанавливаются в зависимости от шага t для всех трех шагов одинаковые. 2. Форма профиля зубьев протяжек для шагов t_2 и t_3 удлиненная.

12.7. Форма и размеры профиля зубьев шпоночных протяжек, мм

Форма 1. Профиль с удлиненной стружечной канавкой (У)

Форма 2



Номер про- филя	t	h	q	r	r_1	Активная площадь F_a , мм ²	Номер про- филя	t	h	q	r	r_1	Активная площадь F_a , мм ²
1	4,5	2,0	1,5	1,0	3	3,1	8	12,0	5,0	4,0	2,5	8	19,
1У	5,0		1,2				8У	14,0					
			1,7				9	6,0					
2	6,0	2,5	2,0	1,3	4	4,9	10	16,0	7,0	5,0	3,5	11	38,5
3	7,0	3,0	2,2	1,5	5	7,1	10У	18,0	8,0	4,5	4,0	12	50,3
4	8,0	2,7	3,0				5,7						
5	9,0	4,0	2,5	2,0	6	12,6	11У	20,0	9,0	5,0	4,5	14	63,6
5У			2,5				11			5,0	16	78,5	
6	10,0	3,5	3,0	2,3	7	15,9	12	24,0	10,0	7,0	5,0	16	78,5
		4,5	2,5				13	26,0	12,0	6,5	6,0	18	113,1
7		4,5	2,5				14	32,0	14,0	9,0	7,0	22	153,9

Площадь активного сечения профиля F_a , приведенная в таблице, соответствует площади окружности с радиусом, равным радиусу закругления впадины зуба r . Значение F_a должно быть достаточным для размещения стружки, т. е. $F_a \geq F_c$. Площадь, занимаемая стружкой, $F_c = l_n s_z k$. Учитывая, что $h = 2r$, $F_a = \pi h^2/4$, условие размещения стружки может быть выражено через h :

$$h \geq \sqrt{\frac{l_n s_z k}{\pi}} \quad \text{или} \quad h \geq 1,13 \sqrt{l_n s_z k}.$$

В зарубежных справочниках условие размещения стружки выражается через t : $t \geq 2,5 \sqrt{l_n s_z k}$, где k — минимально допустимый коэффициент размещения стружки, $k = 4,0$ для вязких сталей, $k = 3,5$ для сталей средней твердости, $k = 3,0$ для сталей повышенной твердости и $k = 1,3$ для чугунов.

При использовании стандартных профилей (что целесообразно с точки зрения унификации инструмента 2-го порядка, оснастки, шаблонов, контрольно-измерительных приборов) с определенными значениями t , h и z из условия размещения стружки можно определить подачу на зуб

$$s_z = \frac{\pi h^2}{4 l_n k} \quad \text{или} \quad s_z = \frac{\pi r^2}{l_n k}.$$

Для протяжек с удлиненным профилем ($t_y > t$) при постоянных значениях h , r , q активная площадь $F_{a.y} = F_a + \Delta t h$ ($\Delta t = t_y - t$);

$$s_z = \frac{\pi h^2/4 + \Delta t h}{l_n k} \quad \text{или} \quad s_z = \frac{\pi r^2 + \Delta t h}{l_n k}.$$

Значение s_z можно определять по номограммам, приведенным на рис. 12.4, *a* — для сливных стружек (сталь, алюминий и т. д.) и рис. 12.4, *б* — для стружек надлома (чугун, бронза). В зависимости от определяемой величины обозначены три пути выбора: *I* — выбор s_z при известных l_n , k и h , *II* — выбор h при заданных l_n , k и s_z и *III* — проверка по k при заданных l_n , s_z и h .

Значение s_{zq} для чистовых зубьев круглых протяжек выбирается в зависимости от группы качества и числа секций (0,02; 0,01 и 0,005 мм). Для получения поверхности 1-й группы качества рекомендуется следующая разбивка: две секции из двух зубьев с $s_{zq} = 0,02$ мм; две секции из двух зубьев с $s_{zq} = 0,01$ мм и две секции из двух зубьев с $s_{zq} = 0,005$ мм; для получения поверхности 2-й группы число секций с $s_{zq} = 0,02$ мм сокращается до 1; для получения поверхности 3-й группы исключаются еще и секции с $s_{zq} = 0,005$ мм, а 4-й группы — число секций по одной с $s_{zq} = 0,02$ мм и $s_{zq} = 0,01$ мм.

Существуют следующие группы качества обработанной поверхности: 1 — $R_a < 1,25$ мкм, квалитет точности не ниже 5; 2 — $R_a \leq 2,5$ мкм, квалитеты 7, 8; 3 — $R_a \leq 20$ мкм, квалитет 9; 4 — $R_a > 40$ мкм, квалитет 11 и ниже.

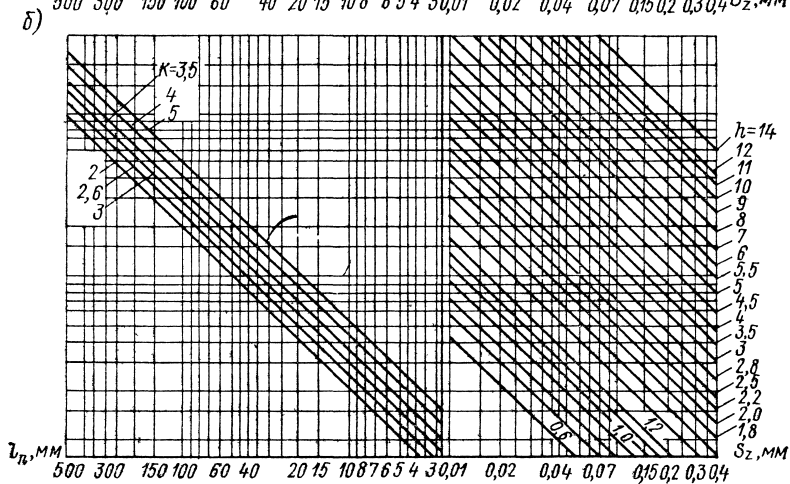
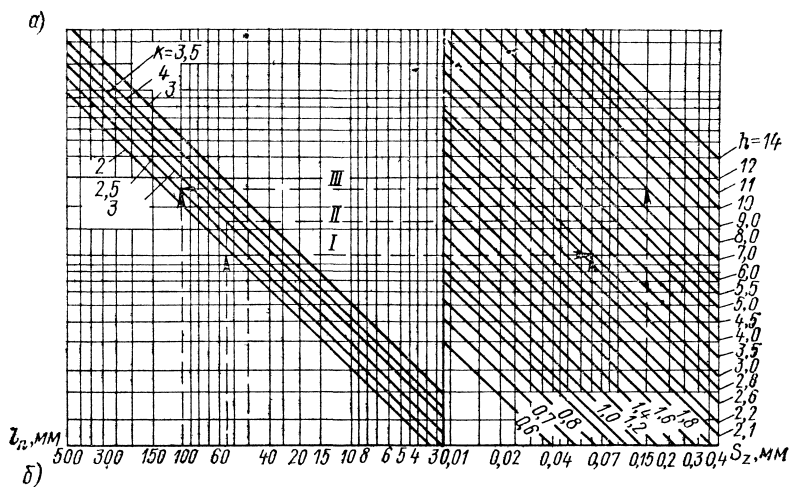


Рис. 12.4. Номограммы зависимости S_z от l_n , k и h

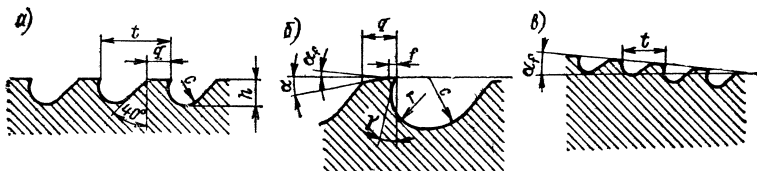


Рис. 12.5. Профили канавок протяжек фирмы «Клингельберг» (ФРГ)

В зарубежной практике применяют отличные от стандартных отечественных профили канавок как по форме (рис. 12.5), так и по размерам (рис. 12.6 и табл. 12.8). Основные размеры профиля и активная площадь построены на рядах чисел $R\ 20$ (множитель 1,12) — для размеров профиля и $R\ 40$ (множитель 1,06) — для активной площади. Соотношения между размерами профиля по табл. 12.8 и рис. 12.6 (линия 1): $h = 0,355t$; $r = 0,224t$; $q = 0,315t$; размер принимается ближайший из ряда. Профили отличаются большими значениями r в сравнении со стандартными, меньшими значениями q и h . С помощью графика можно определить параметры профиля t , h и F_a для протяжек с удлиненным профилем канавок (линии 2—4).

Форма передней грани зубьев протяжек и группа их заточки приведены в табл. 12.9. Размер заднего угла у черновых и переходных зубьев — $3^\circ \pm 30'$, у чистовых — $2^\circ \pm 30'$, у калибрующих — $1^\circ \pm 15'$. Ширина зубьев b без дополнительных конструктивных решений может быть достаточно большой и стружка при внутреннем протягивании примет форму сплошного «чулка», завивание которого затруднено. Для создания стружки рациональной формы на поверхности кольцевых зубьев выполняют стружкоразделительные канавки, выкружки или используют схемы обработки,

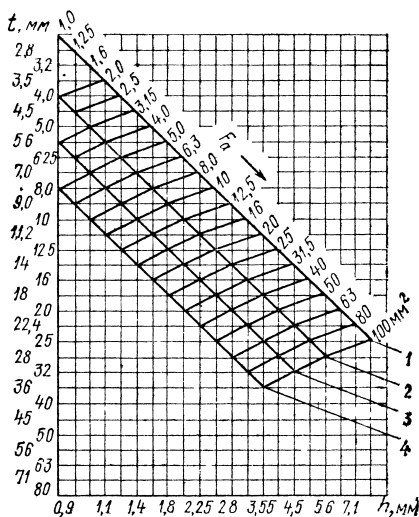
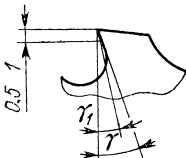
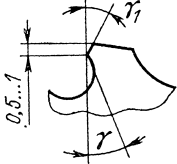


Рис. 12.6. Графики зависимости размеров F_a , h и t , рекомендуемые фирмой «Клингельберг» (ФРГ)

12.8. Размеры профиля зубьев протяжек, мм

F_a , мм ²	t	h	q	r	F_a , мм ²	t	h	q	r
1	2,5	0,9	0,8	0,56	12,5	9,0	3,15	2,8	2,0
1,25	2,8	1,0	0,9	0,63	16,0	10,0	3,55	3,15	2,25
1,6	3,2	1,1	1,0	0,7	20,0	11,2	4,0	3,55	2,5
2,0	3,5	1,25	1,1	0,8	25,0	12,5	4,5	4,0	2,8
2,5	4,0	1,4	1,25	0,9	31,5	14,0	5,0	4,5	3,15
3,15	4,5	1,6	1,4	1,0	40,0	16,0	5,6	5,0	3,55
4,0	5,0	1,8	1,6	1,1	50,0	18,0	6,3	5,6	4,0
5,0	5,6	2,0	1,8	1,25	63,0	20,0	7,1	6,3	4,5
6,3	6,25	2,25	2,0	1,4	80,0	22,4	8,0	7,1	5,0
8,0	7,0	2,5	2,25	1,6	100,0	25,0	9,0	8,0	5,6
10,0	8,0	2,8	2,5	1,8					

12.9. Группы заточки и форма передней грани зубьев протяжек

Форма А  Форма Б  Форма В 					
Группа заточки	Передний угол γ				Рекомендуемые материалы по группам обрабатываемости
	черновых и переходных зубьев		чистовых и калибрующих зубьев		
	Форма	Значение, °	Форма	Значение, °	
I	А	20	А	20	Стали I группы обрабатываемости, алюминиевые сплавы X группы обрабатываемости
II		15		18	Стали II и III групп обрабатываемости
III		10	10	Стали IV и V групп обрабатываемости	
IV		10	Б	10	Чугун ковкий VI и VII групп обрабатываемости
V		10	В	10	Чугун серый VI и VII групп обрабатываемости, бронза, латунь VIII и IX групп обрабатываемости
Примечание. Для IV и V групп заточки $\gamma_1 = 0 \div 5^\circ$.					

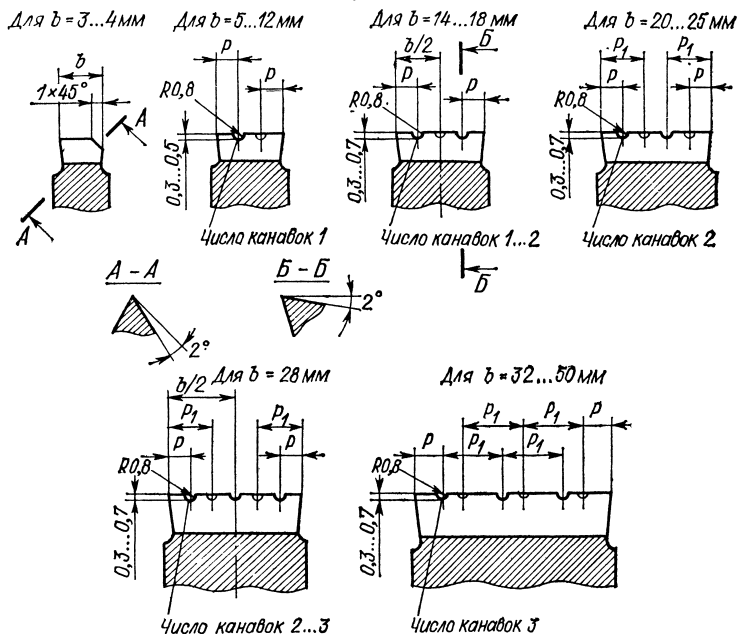
обеспечивающие разделение стружки по ширине. Наибольшая допустимая ширина стружки (длина дуги у круглых протяжек) не должна превышать 10—15 мм. Форма и размеры стружкоразделительных канавок и фасок на шпоночных протяжках приведены в табл. 12.10. Ширина срезаемого слоя может быть определена также по формуле $b = (1+1,5)\sqrt{D}$ при $D < 100$ мм.

Форма и размеры зубьев стандартных комбинированных протяжек и их секций приведены в табл. 12.11. Комбинируя расположение секций, создают различные схемы протягивания, что особенно целесообразно при обработке шлицевых отверстий с пря-

12.10. Форма и размеры стружкоразделительных канавок и фасок на шпоночных протяжках, мм

Вид поотжки, форма и размеры канавок и фасок

Протяжки общего назначения и черновые протяжки для пазов с малой шероховатостью

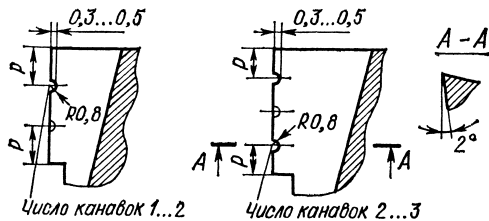


Номиналь- ная ширина паза	5; 6	8	10	12	14	16; 18	20; 22	25	28	32	36	40	45	50
P	1,5	2	3	4	3	4	4	5	4	5	6	6,5	8	
P_t							8	10	9	10	12	13	14	

Чистовые протяжки для пазов с малой шероховатостью

Для $b = 14 \dots 25$ мм

Для $b = 28 \dots 50$ мм



Номинальная ширина паза b	6; 8; 10; 12	14; 16	18	20	22	25	28	32	36	40; 45	50
P	—	2,5	3	3,5	4	4,5	3,5	4,0	4,5	5	6

Примечание. Канавки и фаски на режущих зубьях следует выполнять в шахматном порядке.

12.11. Форма и размеры зубьев стандартных протяжек, мм

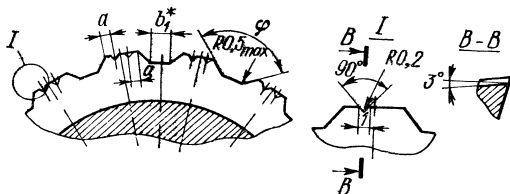
Вид протяжки, ее размеры, эскиз

Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем
с центрированием по наружному диаметру

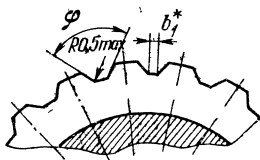
Фасочные зубья

Для протяжек с модулем > 3 мм $a = 1,5 \div 3$ мм;

$b_1 = 1,33 \div 2,48$ мм; $\varphi = 93 \div 120^\circ$



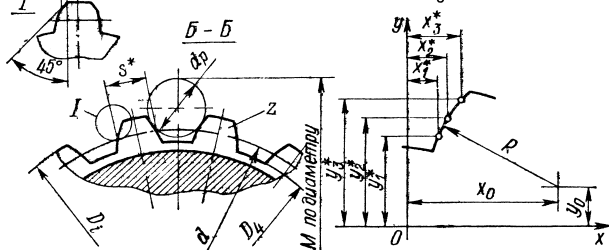
Для протяжек с модулем < 3 мм $b_1 = 0,08 \pm 1,55$ мм; $\varphi = 92 \div 120^\circ$



Шлицевые зубья

$F = 0,08$ мм

Размеры профиля протяжки
на зубе № 1

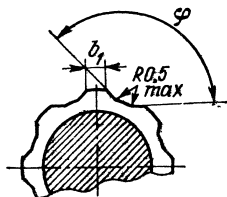
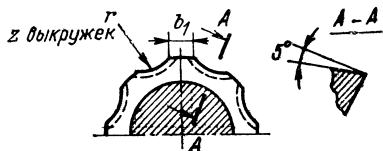


Протяжки для шлицевых отверстий с прямобочным профилем
с центрированием по наружному диаметру

Фасочные зубья

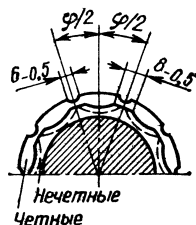
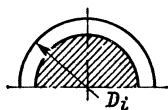
Нечетные $b_1 = 2 \div 8$ мм

Четные $\varphi = 108; 120; 135^\circ$



Вид протяжки, ее размеры, эскиз

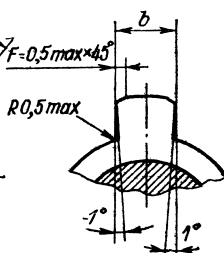
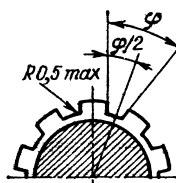
Круглые зубья

Тип 1 и калибрующие $D_i = 22,5 \div 85$ ммТип 2 $b_1 = b - (1 \div 4)$ мм;
 $\varphi = 36; 43; 45^\circ$ 

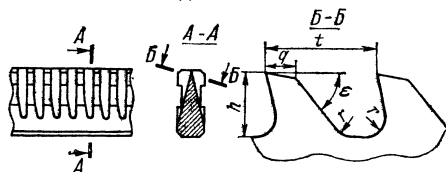
Шлицевые зубья

 $\varphi = 58; 60^\circ$ Первые зубья
секций

Вариант 1 (с боковой ленточкой)

Вторые зубья
секций и несекцион-
ный до зуба № jВторые зубья
секций с зуба № j
и несекционные
зубья

Протяжки шпоночные для пазов повышенной чистоты



t	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
h	2,5	3,5	5	5,5	6	7	9	7,5	9,5	12
q		3		3,5		4		5		6
r	1,3	1,8		2	2,3	2	2,5		3,5	
$\epsilon, ^\circ$		45		50		55		45	55	
$F_{a, \text{мм}^2}$	4,9	9,6	19,6	23,7	28,3	38,5	63,6	44,2	63	113,1

Вид протяжки, ее размеры, эскиз

Протяжки круглые переменного резания

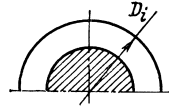
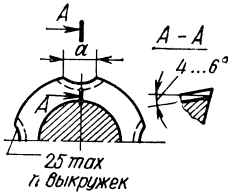
Форма зубьев

Нечетных черновых

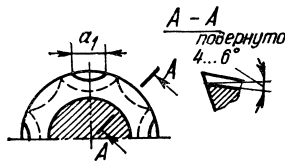
$$a = 4 \div 10$$

Четных черновых и калибрующих

$$a_1 = a - (0,5 \div 2); D_i = 22,5; 25$$



Переходных и чистовых



мобочным профилем. Так, однопроходные протяжки для обработки таких отверстий и протяжки 1-го прохода строятся по схеме Ф—К—Ш (фасочные — круглые — шлицевые зубья), протяжки малых размеров — по схеме Ш (шлицевые), протяжки 2-го прохода — по схеме Ш_б — Ш_д (шлицевые калибрующие по ширине, шлицевые калибрующие по диаметру), по схеме Ш_б — Ш_д — К—Ф и по схеме Ш_б — Ш_д — Ф. Секции стандартных протяжек двухзубые! На комбинированных протяжках с выкружками на всех круглых зубьях последующий зуб должен перекрывать выкружки предыдущего зуба не менее, чем на 0,5 мм с каждой стороны.

Шпоночные протяжки обычно строятся по генераторной схеме и могут работать в один, два или три прохода. В последних двух случаях после каждого прохода под протяжки устанавливают подкладку определенной толщины s .

Стандартные протяжки для получения точных пазов выполняются комплектами: 1-го прохода и чистовые. Повысить качество поверхности паза можно с помощью «бреющих» (с большими значениями углов λ) зубьев или «выглаживателей» — участков с деформирующими зубьями.

Калибрующие зубья предназначены для окончательной отделки поверхности, обеспечения стабильности размеров и резерва для переточки. Размер калибрующих зубьев стандартных протяжек соответствует наибольшему размеру калибруемой поверхности (диаметру, ширине). Иногда этот размер выполняется с учетом

деформации δ . Так, для круглых протяжек $D = D_{\max} \pm \delta$. Значения δ при обработке толстостенных изделий следующие: $-(0,005 \div 0,01)$ мм при длине протяжки до 800 мм и $-(0,01 \div 0,015)$ мм при длине более 800 мм (знак «—» означает разбивку отверстий, знак «+» — их усадку). При обработке тонкостенных деталей из обычных углеродистых сталей $\delta = +(0,3D - 1,4 s)$ мкм, где D — диаметр, мм; s — толщина стенки, мм. Калибрующие зубья со стороны задней поверхности могут иметь фаски $0,2-1$ мм с $\alpha = 0$.

Задний хвостовик стандартных протяжек имеет диаметр $D_{\text{х.п}} = D_{\text{х.з}}$ ($0,9 \div 1$) и длиной 125 мм. Рекомендуемые соотношения диаметра и длины, мм, заднего хвостовика для специальных протяжек $D_{\text{х.з}} = 12 \div 22$, $l_{\text{х.з}} = 100$; $D_{\text{х.з}} = 25 \div 50$, $l_{\text{х.з}} = 125$; $D_{\text{х.з}} = 63 \div 70$, $l_{\text{х.з}} = 140$.

Параметры шероховатости поверхностей протяжек должны быть не более, мкм: передних и задних поверхностей, ленточек, зубьев $R_z = 1,6$; радиуса округления дна канавки $R_z = 3,2$, спинки зубьев $R_z = 6,3$; передней и задней направляющих $R_a = 0,63$.

Предельные отклонения диаметров черновых и переходных зубьев: диаметром (высотой) до 50 мм при подъеме на зуб ($0,02 \div 0,08$) — 0,01 мм; ($0,08 \div 0,16$) — 0,016 мм; св. 0,16 — 0,02 мм; диаметром (высотой) 50—120 мм при подъеме на зуб ($0,02 \div 0,08$) — 0,016 мм; св. 0,08 — 0,02 мм.

Предельные отклонения передней цилиндрической части круглых и шлицевых протяжек — по е8, гладкой задней направляющей — по f7.

Предельные отклонения диаметров чистовых и калибрующих зубьев для полей допусков Н7: диаметр до 30 мм — 0,005 мм; диаметр от 30 до 50 — 0,007 мм; диаметр от 50 до 80 — 0,008 мм; диаметр от 80 до 150 — 0,01 мм.

Предельные отклонения размеров шпоночных протяжек: высоты режущей части чистовых протяжек для пазов с малой шероховатостью — 0,02 мм, расстояния от опорной поверхности до режущей кромки зуба, не более: при подъеме на зуб до 0,05 мм — 0,01 мм; $0,05 \div 0,1$ — 0,015 мм; св. 0,1 мм — 0,02 мм.

Предельные отклонения ширины зубьев протяжек с подъемом на зуб на две стороны 0,05 мм и менее и калибрующих зубьев чистовых протяжек для полей допусков Р9 и j_s9 — не менее — 0,01 мм при $b = 3 \div 18$ мм и — 0,015 мм при $b = 20 \div 50$ мм.

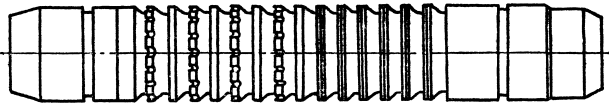
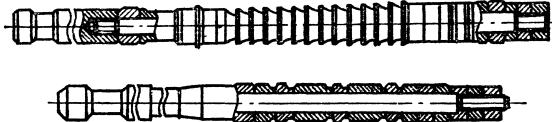
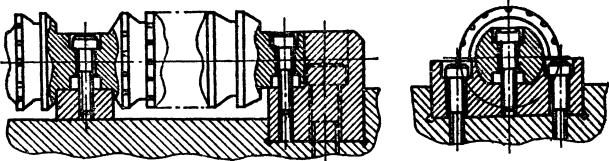
Допуск радиального биения относительно оси центров чистовых ($s_z \leq 0,02$ мм) и калибрующих зубьев не должен превышать допусков на диаметр; остальных зубьев, хвостовиков и направляющих 0,004—0,005 мм на 100 мм длины. У протяжек с механическим креплением хвостовика радиальное биение проверяется без хвостовика. Допуск биения конической поверхности под кулачки в нормальном к ней направлении относительно оси — 0,1 мм.

Централизованно выпускаемые протяжки должны иметь маркировку на хвостовике, содержащую товарный знак изготовителя, обозначение протяжки, номер протяжки или номер прохода (если она входит в комплект), пределы длин протягивания, размеры, ширину паза для шпоночных протяжек, диаметр и обозначение поля допуска отверстия, марку материала рабочей части.

12.5. Протяжки и прошивки специальные

В табл. 12.12 приведены примеры типовых специальных протяжек и прошивок. Основные элементы спиральных шлицевых протяжек целесообразно выбирать по аналогии со стандартными.

12.12. Специальные конструкции протяжек и прошивок

Вид протяжки, назначение. эскиз
Протяжка спиральная шлицевая для обработки шлицевых пазов, идущих по винтовой линии 
Прошивка цилиндрическая для калибровки и устранения деформаций отверстий 
Деформирующе-режуще-деформирующая протяжка для обработки необработанных предварительно трубных заготовок за один проход с обеспечением точности 7—8-го квалитета 
Протяжка для наружного протягивания радиусных вогнутых поверхностей, обработки вогнутых поверхностей с радиусом 15 мм. После затупления одной стороны протяжка может быть повернута на 180° 

Протяжки для винтовых пазов с углом наклона до 15° могут иметь кольцевые стружечные канавки, как наиболее технологичные. При увеличении угла наклона винтовых канавок и кольцевой форме зубьев происходит, с одной стороны, ослабление зуба, с другой — ухудшение условий резания, перемещение и поджим стружки к одной стороне канавки. Для устранения этих недостатков у протяжек для винтовых пазов с углом наклона свыше 15° стружечные канавки располагаются по винтовой линии. Работают такие протяжки при свободном (за счет сил резания и трения) или принудительном провороте заготовки (или протяжки). Для получения точных пазов целесообразно принудительное вращение.

Прошивки цилиндрические содержат те же основные элементы, что и протяжки, отличаются формой хвостовика и уменьшенной длиной, что связано с необходимостью повышения жесткости на продольный изгиб. Уменьшенная длина прошивки ограничивает размер снимаемого припуска.

Режуще-деформирующие (деформирующе-режуще-деформирующие) протяжки кроме элементов рабочей части стандартных протяжек содержат деформирующие элементы. На рис. 12.7 представлен один из вариантов профиля конусного деформирующего элемента. Размеры элементов профиля (D_v — диаметр выглаживающего зуба): $D_v = d_{oi} + a_n + \delta$; $l_p = 2c + (a_n + \delta)/(2 \operatorname{tg} \alpha) + 2b_\phi$; $b_\phi = 0,5 \div 2$ мм; $c \geq 1,0$ мм при $D_v < 45$ мм; $c \geq 1,5$ мм при $45 < D_v < 120$ мм и $c \geq 2$ при $D_v > 120$ мм. Здесь d_{oi} — диаметр отверстия под выглаживание (для каждого зуба изменяется на величину деформации отверстия предыдущим зубом); a_n — номинальный натяг на деформирующий элемент (разность между наружными диаметрами последующего и предыдущего деформирующих элементов), мм; при деформировании $a_n = 0,05 \div 1,6$, при тонком поверхностном деформировании $a_n = 4K_1 R_a + K_2 \sigma_{вр} d_0 / E$, где $K_1 = 2,2 \div 1,2$; $K_2 = 1,6 \div 0,5$ — при уменьшении параметра R_a на один класс; $K_1 = 2,6 \div 1,4$; $K_2 = 2,9 \div 0,9$ — при уменьшении R_a на два класса; δ — усадка отверстия после прохода предыдущего деформирующего элемента, определяется опытным путем; $\alpha = 3 \div 5^\circ$; $b_\phi = 1,5 \div 3$ мм при обработке тонкостенных деталей из конструкционных и малолегированных сталей; $b_\phi = 0,3 \div 0,5$ мм при обработке толстостенных ($l_n > 0,3 D_v$) заготовок из этих же материалов; $b_\phi = 0,5 \div 1,0$ мм при обработке тонкостенных заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов (стали 30ХГСА, 40ХНМА, 38ХНМ10А, 12Х18Н10Т, титана, ниобия), сплавов на основе цветных металлов; $b_\phi = 0,1 \div 0,3$ мм при обработке толстостенных заготовок из этих же материалов.

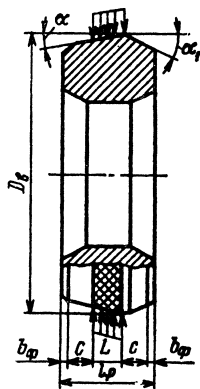
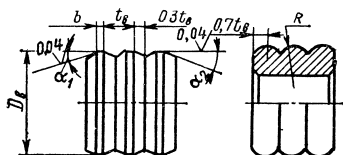


Рис. 12.7. Профиль конусного деформирующего элемента

Деформирующие элементы могут быть собраны в виде блоков, содержащих от двух до пяти элементов. В этом случае полный натяг a_n разделяется между зубьями блока неравномерно: первые зубья загружаются в большей мере, чем последние.

Выглаживающий блок со сферическими выглаживающими элементами приведен на рис. 12.8. Размеры элементов блока: $R = (80 \div 70) a_n$, $t_b = (70 \div 50) a_n$ для $D_b < 30$ мм и $R = (70 \div 60) a_n$, $t_b = (50 \div 40) a_n$ при $D_b > 30$ мм. Материал выглаживающих элементов — твердый сплав марок ВК8, ВК6М, ВК10М, ВК15, ВК20, ВК25. Все специальные протяжки необходимо проверять на прочность на растяжение по формуле



$$[\sigma_b] \geq \frac{P_z}{F_0}, \text{ МПа.}$$

Рис. 12.8. Конструктивные элементы выглаживающего блока

Для протяжек из быстрорежущих сталей $[\sigma_b] = 250 \div 300$ МПа;

P_z — осевое усилие, возникающее

при резании, Н; F_0 — площадь опасного сечения протяжки, мм² (обычно это площадь сечения по дну канавки 1-го и 2-го зубьев режущей части протяжки).

При использовании профилей стружечных канавок и длин протягивания, отличных от стандартных, протяжки проверяются на условие размещения стружки по формулам, приведенным выше.

Протяжки для наружного протягивания предназначены для координатного протягивания плоских или фасонных наружных поверхностей. Они выполняются цельными из быстрорежущих или легированных инструментальных сталей (закрепляются на ползуне станка) или сборными, состоящими из секций или зубьев (с механически закрепляемыми пластинами) и корпуса, который крепится на ползуне. Варианты крепления режущих элементов сборных плоских протяжек приведены на рис. 12.9.

Протяжки для наружного протягивания работают в более благоприятных условиях, чем протяжки для внутреннего протягивания, поэтому геометрические параметры режущей части могут быть близкими к оптимальным. Так, задние углы режущих зубьев увеличиваются до $10\text{—}12^\circ$, задние углы калибрующих зубьев до $5\text{—}10^\circ$, для обеспечения плавной работы за счет увеличения коэффициента перекрытия зубьев вводится угол наклона зубьев λ , достигающий значений $15\text{—}30^\circ$. Профиль и размеры стружечных канавок цельных наружных протяжек соответствуют профилю стандартных протяжек.

В связи с повышенными требованиями к точности и расположению протягиваемого профиля при наружном протягивании в конструкции крепежной части протяжки вводятся элементы регулировки, позволяющие обеспечить обработку профиля с заданной точностью.

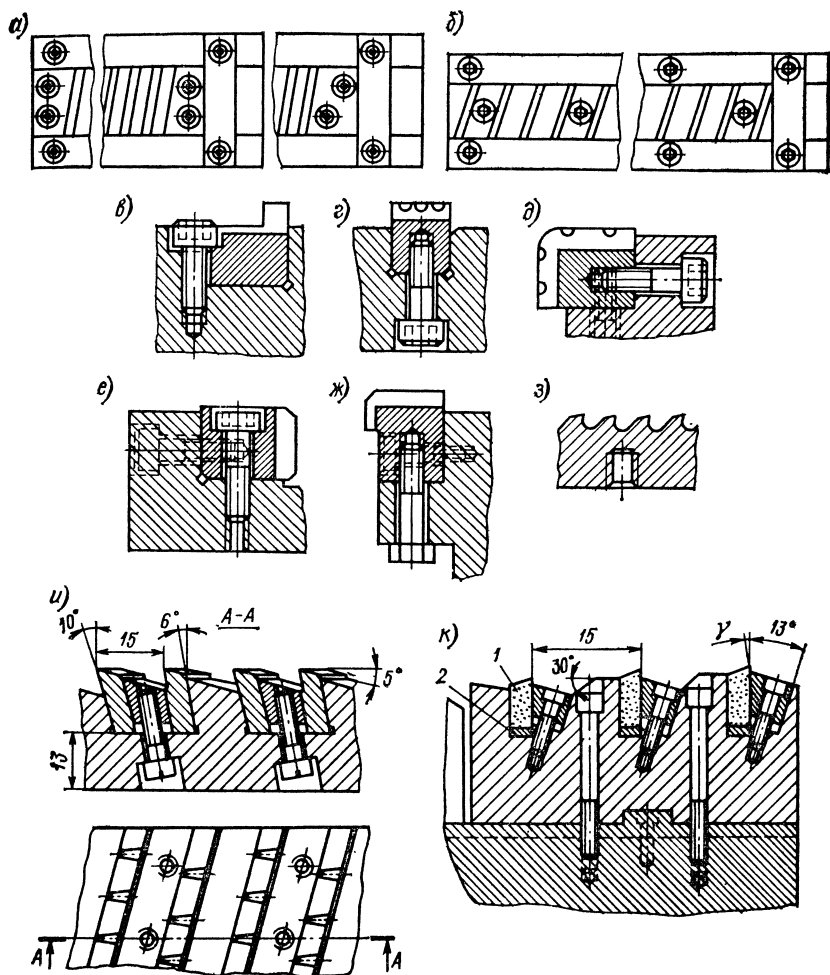


Рис. 12.9. Варианты крепления режущих элементов сборных плоских протяжек: а — винтами сверху по концам секций; б — то же, вдоль секций; в — краем головок винтов; г — винтом снизу; д—ж — одновременно с двух сторон; з — резьбовое отверстие с плоским дном; и — одновременное крепление двух твердосплавных пластин; к — крепление по одной твердосплавной пластине

12.6. Эксплуатация протяжек

Протягивание (прошивка) может осуществляться как на протяжных станках (вертикальных, горизонтальных, специальных непрерывного действия), так и на волочильных станах, прессах и другом оборудовании (табл. 12.13, 12.14).

Режим работы протяжек (скорость резания, подача) должен быть согласован с их конструкцией по следующим причинам:

12.13. Основные характеристики универсальных протяжных станков для внутреннего протягивания

Параметр	Модель станка							
	горизонтально-протяжного				вертикально-протяжного			
	7Б54	7Б55, 7Б55У	7Б56, 7Б56У	7Б57	7Б64, 7Б64У	7Б65	7Б66	7Б67
Номинальное тяговое усилие, кН	49	98	196	392	49	98	196	392
Наибольшая длина хода салазок (ползуна), мм	1000	1250	1600	2000	1000	1250	1250	1600
Рабочая поверхность опорной плиты, мм	360× ×360	450× ×450	450× ×450	560× ×560	320	450	450	710

12.14. Основные характеристики вертикально-протяжных станков для наружного протягивания

Параметр	Модель станка					
	7Б1	774/7Б74	775/7Б75	776/7Б76	7Б77	7А720
Наибольшее тяговое усилие, кН	69	49	98	196	392	196
Рабочий ход ползуна (каретки), мм	1000	800/1000	1000/1250	1250	1600	1250
Скорость рабочего хода, м/мин	0—7,0	1,5— 11,0/1,5	1,5— 9,0/1,5	1,5— 8,5/1,5	1,0—5,0	1,5—11,0
Мощность привода главного движения, кВт	10	11,5 10/11	11,4 17/22	13 22/30	40	20
Масса, т	3,0	3,5/4,75	6,5/7,5	9/10	16	—

1) подача на зуб протяжки s_z задается конструкцией и не может изменяться при эксплуатации;

2) стойкость (наработка на отказ) чистовых и черновых зубьев различна и зависит как от конструкции (соотношение $s_{z \text{ чист}}$ и $s_{z \text{ черн}}$), так и от режимов обработки (v);

3) стойкость, мин, подача на зуб и скорость резания связаны зависимостью

$$T = \frac{C_T}{v^n s_z^y}.$$

Значения коэффициента C_T и показателей степени n и y приведены в табл. 12.15.

12.15. Значения коэффициента C_T и показателей степени n и y

Обрабатываемый материал	Группа обрабатываемости	Вид зубьев	Подача s , мм	Охлаждение	C_T	n	y
Сталь	I	Чистовые	До 0,025	С охлаждением	62/5,1	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		235/13,1	0,67	0,27
			0,16—0,4		110/5,7	0,67	0,67
	II	Чистовые	До 0,025		51/4,5	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		158/8,1	0,67	0,27
			0,16—0,4		75/3,8	0,67	0,67
	III	Чистовые	До 0,025		42/3,7	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		115/5,9	0,67	0,27
			0,16—0,4		53/2,7	0,67	0,67
	IV	Чистовые	До 0,025		25/0,8	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$		58/1,1	0,79	0,36
			—		—	—	—
	V	Чистовые	До 0,025		12/0,4	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$		21,7/0,4	0,79	0,36
			—		—	—	—
Чугун	VI	Чистовые	До 0,025	Без охлаждения	136/14,6	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		231/13,2	0,61	0,23
			0,16—0,4		147/9,7	0,61	0,47
	VII	Чистовые	До 0,025		84	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		133	0,61	0,23
			0,16—0,4		86	0,61	0,47
Бронза	VIII	Чистовые	До 0,025	С охлаждением	431	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		704	0,61	0,23
			0,16—0,4		443	0,61	0,47
	IX	Чистовые	До 0,025		220	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		339	0,61	0,23
			0,06—0,4		214	0,61	0,47
Алюминиевые сплавы, красная медь, баббит	X	Чистовые	До 0,025	С охлаждением	128	0,33	0,21
		Черновые	—		331	0,52	0,18

Примечание. Значения C_T в числителе — для круглых протяжек, в знаменателе — для шлицевых.

12.16. Скорость резания при протягивании, м/мин

Тип производства	Группа качества протягиваемой поверхности	Обрабатываемый материал							
		Сталь					Чугун и бронза		Алюминиевые сплавы, медь, баббит
		Группа обрабатываемости							
I	II	III	IV	V	VI, VIII, IX	VII	X		
Массовое, крупносерийное, серийное	1	8	8	6	5	3	9	6	4
	2	9	9	8	6	4	12	8	6
	3	13	12	9	8	4	15	9	9
	4	15	13	12	—	—	15	13	12
Мелкосерийное, единичное	1—4	8	6	6	3	3	9	6	4

Примечания: 1. Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от марки инструментальной стали составляет: для сталей P18 P12Ф5М — 1,6; P6M5, P12Ф3 — 1,0; P9K10 — 1,8; P6M5K5 — 2,0; ХВГ — 0,7. 2. Для шлицевых протяжек скорости умножить на 0,8. 3. При протягивании сталей повышенной вязкости в случаях появления задигов скорости резания следует снижать на 20—25 %. 4. При работе протяжками диаметром более 100 мм скорости резания могут быть снижены на 30 %. 5. Рекомендуемые скорости резания могут быть повышены при условии обеспечения требований качества.

12.17. Группы обрабатываемости сталей, подвергаемых протягиванию

Марка материала	Группа обрабатываемости				
	I	II	III	IV	V
	Твердость HB				
Стали					
A12, A20, A30 (ГОСТ 1414—75*)	229	—	—	—	—
10, 15, 20, 25 (ГОСТ 1050—74**)	229	—	—	—	—
30, 35, 40, 45, 50 (ГОСТ 1050—74 **)	255	255—285	285—321	321—364	—
65, 70, 80 (ГОСТ 14959—79*)	229	229—255	255—285	285—321	321—364
15Г, 20Г, 30Г (ГОСТ 4543—71)	241	241—269	269—302	—	—
40Г, 45Г, 50Г, 35Г2, 45Г2, 50Г2 (ГОСТ 4543—71)	229	229—255	255—285	285—321	321—364
60Г, 65Г, 70Г (ГОСТ 14959—79)	—	241	241—269	269—321	321—340
15Х, 15ХА, 20Х, 30Х (ГОСТ 4543—71*)	255	255—302	—	—	—
35Х, 30ХРА, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—340	340—364

Марка материала	Группа обрабатываемости				
	I	II	III	IV	V
	Твердость НВ				
33ХС, 38ХС, 40ХС (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—302	302—340
18ХГ, 20ХГР, 40ХГТР (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—321	321—340	340—364
12ХН2, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 20ХНР, 20ХН3А, 20Х2Н4А, 30ХН3А, 40ХН, 45ХН, 50ХН (ГОСТ 4543—71*)	241	241—269	269—302	302—321	321—364
15ХВ (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	321—364
40ХФА (ГОСТ 4543—71*)	—	255	255—285	285—321	321—340
15ХМ (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—340	—
30ХМА, 35ХМ (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—321	321—340
20ХГНР, 38ХГН (ГОСТ 4543—71*)	241	241—269	269—302	302—321	321—364
20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 35ХГС (ГОСТ 4543—71*)	229	229—255	255—285	285—302	302—321
20ХН4ФА (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—321	321—340
20ХН4ФА	—	—	255	255—285	285—321
25Х2Н4МА, 18Х2Н4МА (ГОСТ 4543—71*)	—	—	255	255—285	285—321
40Х2Н2МА, 38Х2Н2МА (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—302	302—340
14Х2Н3МА, 20ХН2М (ГОСТ 4543—71*)	—	—	255	255—269	269—321
40ХН2МА (ГОСТ 4543—71*)	—	—	269	269—321	321—340
38Х2МЮА, 38Х2Ю (ГОСТ 4543—71*)	—	—	269	269—302	302—340
18ХГТ (ГОСТ 4543—71*)	255	255—302	302—321	—	—
30ХГТ, 35ХГФ, 40ХГТР (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	321—340
15ХГН2ТА (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	—
ШХ15 (ГОСТ 801—78*)	—	—	—	229	—
P9, P18 (ГОСТ 19265—73*)	—	—	—	—	207—255

12.18. Группы обрабатываемости чугуна, сплавов и цветных металлов

Материал	Группа обрабатываемости				
	VI	VII	VIII	IX	X
	Твердость HB				
Чугуны					
Чугун серый СЧ15, СЧ18, СЧ21-40, СЧ24, СЧ40 (ГОСТ 1412—79**)	197	187—269	—	—	—
Чугун ковкий (ферритный) КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12 (ГОСТ 1215—79*)	163	—	—	—	—
Чугун ковкий (со структурой зернистого перлита) КЧ45-7 (ГОСТ 1215—79**)	217	—	—	—	—
Чугун ковкий КЧ50-5, КЧ55-4 (ГОСТ 1215—79**)	—	179—269	—	—	—
Чугун серый антифрикционный АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3 (ГОСТ 1585—79)	160—229	—	—	—	—
Чугун ковкий антифрикционный АЧК-1, АЧК-2 (ГОСТ 1585—79**)	157—217	—	—	—	—
Цветные металлы					
Бронзы безоловянные Бр.А5, Бр.А7, Бр.АЖ9-4, Бр.АЖМЦ-10-3-1,5, Бр. КМЦ3-1, Бр. КН1-3 (ГОСТ 18175—78*); Бр. А9ЖЗЛ, Бр. А10Ж4Н4Л (ГОСТ 493—79)	—	—	65—140	140—200	—
Бронзы оловянные Бр. 05Ц5С5, Бр. 03Ц12С5, Бр. 03Ц7С5Н1 (ГОСТ 613—79); БР. ОЦС4-4-2,5 (ГОСТ 5017—74*)	—	—	70	—	—
Бронзы оловянные Бр. ОФ6,5-0,15; Бр. ОФ4-0,25 (ГОСТ 5017—74*)	—	—	130	130—200	—
Латунь ЛЦ16К4, ЛЦ40С, ЛЦ38Мц2С2 (ГОСТ 17711—80*); Л63, Л68, Л70, ЛА77-2, ЛМц58-2, ЛМЦА57-3-1, ЛО62-1, ЛС59-1, ЛАЖ60-1-1 (ГОСТ 15527—70*)	—	—	—	160	—
Сплавы					
Алюминиевые сплавы АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, АЛ10В, АЛ11, АЛ13, АЛ14В, АЛ15В, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18В (ГОСТ 2685—75*); Д1, Д16, АВ, АД, АД1, АМц., В95, АК4, АК6, АК8 (ГОСТ 4784—74*)	—	—	—	—	50—100

При использовании стандартных протяжек, спроектированных из условия равной стойкости черновой и чистовой частей (при этом наработка на отказ или стойкость черновой части должна быть больше или равна стойкости чистовой части), выбор условий эксплуатации сводится к уточнению группы обрабатываемости обрабатываемого материала, группы качества протягиваемой

поверхности, назначению СОЖ, проверке возможности применения данной протяжки по длине протягивания, осевой силе, назначению скорости резания по условиям эксплуатации (табл. 12.16). Гарантийная стойкость протяжек приводится в стандартах на протяжки. Стойкость протяжек при 95 %-ной вероятности — 46—76 м (для круглых протяжек при крупносерийном производстве и обработке сталей I—III групп обрабатываемости). Группы обрабатываемости сталей и чугунов, подвергаемых протягиванию, приведены в табл. 12.17 и 12.18.

При проектировании протяжки на заданные условия эксплуатации эти условия учитываются и фиксируются в картах наладки станков.

Стойкость (или наработка на отказ) определяется исходя из параметров конструкции и элементов эксплуатации, заложенных при проектировании. Критерием стойкости протяжек обычно является износ по задним граням h_3 . Допустимые значения $h_3 = 0,4$ мм — для внутренних и $h_3 = 0,25$ мм — для наружных протяжек.

Для рациональной эксплуатации необходима принудительная смена протяжек до достижения ими критического износа, поэтому критерием стойкости в данном случае должна быть гарантийная стойкость.

12.7. Сила резания и мощность при протягивании

Осевая сила резания, H , действующая на протяжку, определяется из зависимости

$$p_o = q_o \sum l_p k_p.$$

Здесь q_o — осевая сила, приходящаяся на 1 мм длины режущего лезвия, Н/мм; l_p — суммарная длина режущих кромок, участвующих в резании; k_p — коэффициент, равный $k_p = k_{p.m} k_{p.o} k_{p.p} k_{p.k}$, где $k_{p.m}$ — коэффициент, учитывающий влияние обрабатываемого материала, для сталей I—V групп в отоженном состоянии $k_{p.m} = 1$; $k_{p.o}$ — коэффициент, учитывающий вид СОЖ, $k_{p.o} = 1$; $k_{p.p}$ — коэффициент, учитывающий способ разделения стружки (выкружки), $k_{p.p} = 1$; $k_{p.k}$ — коэффициент, учитывающий качество обработанной поверхности, для сталей I и II групп $k_{p.k} = 1$.

При обработке конструкционных углеродистых и легированных сталей подача на зуб $s_z = 0,01 \div 0,4$ мм/зуб; при $\gamma = 10^\circ$ $q_o = 55 \div 950$ Н/мм, при $\gamma = 15^\circ$ $q_o = 42 \div 887$ Н/мм, при $\gamma = 20^\circ$ $q_o = 34 \div 864$ Н/мм.

Мощность (эффективная), кВт, равна

$$N_a = \frac{p_o v}{61200}.$$

ЗУБОРЕЗНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Зуборезный инструмент относится к категории наиболее сложного и специфичного в проектировании, изготовлении и эксплуатации, поэтому все вопросы, связанные с его созданием, должны решаться комплексно с учетом его конструктивных особенностей и назначения. Представленный в настоящей главе материал охватывает широкий круг вопросов по методам обработки стандартного и специального зуборезного инструмента, условиям резания, содержит описание наиболее применяемых конструкций. В нем также приведены основные технические требования для их изготовления (допуски и предельные отклонения параметров), особенности изготовления, рекомендации по рациональной эксплуатации.

13.1. Особенности формообразования зубчатых изделий

Зубчатые колеса являются одними из наиболее распространенных деталей в современном машиностроении и применяются в самых различных конструкциях машин и приборов. Разнообразные области применения, общая тенденция повышения точности механизмов, увеличение окружных скоростей, стремление к передаче больших мощностей предъявляют все возрастающие требования к зубчатым передачам, а это, в свою очередь, — к методам обработки зубчатых колес и режущему зуборезному инструменту. От зуборезного инструмента, в первую очередь, зависит образование правильной формы зуба колеса, что в наибольшей степени оказывает влияние на качество зубчатой передачи в отношении плавности и точности работы, контакта зубьев.

Многообразие типов (табл. 13.1) и особенности конструирования зуборезного инструмента предопределяются типами зубчатых передач, применяемых в машиностроении (табл. 13.2).

Существуют следующие типы передач вращательного движения, различаемые по взаимному расположению осей валов: цилиндрическими колесами с параллельным расположением осей валов; коническими колесами с пересекающимися осями валов; червячные и спироидные передачи с перекрещивающимися осями валов.

В свою очередь, передачи цилиндрическими колесами делятся на передачи с эвольвентным, круговинтовым (передача Новикова),

13.1. Структура кодового обозначения зуборезного инструмента по ОКП (класс 39)

Код	Вид инструмента
1811	Фрезы из инструментальных сталей зуборезные дисковые
1812	» » быстрорежущей стали зуборезные пальцевые
1813	» червячные мелко модульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем
1814	Фрезы червячные модульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем
1815	Фрезы червячные под шевр, питчевые и другие специальные
1816	» » для шлицевых валов
1817	» » » нарезания зубьев звездочек и колес с зацеплением Новикова, червячных колес и конические
1851	Фрезы твердосплавные зуборезные цельные
2125	Резцы из быстрорежущей стали зубострогальные и обкаточные
2411	Долбяки зуборезные прямозубые хвостовые
2412	» » » дисковые
2413	» » » чашечные
2414	» » » косозубые хвостовые правые
2415	» » » » левые
2416	» » » дисковые правые
2417	» » » » левые
2421	Долбяки шлицевые
2422	» для напильников
2423	» специальные
2431	Шевры дисковые правые
2432	» » левые
2441	» специальные червячные
2442	» » питчевые
2451	Долбяки твердосплавные
2452	Шевры »
2461	Головки зуборезные для конических колес с прямыми зубьями
2462	» » » » и гипоидных колес с круговыми зубьями
2463	Головки зуборезные для специальных зубчатых колес
2464	» зубопротяжные для конических колес
2465	» зубодолбежные
2466	Резцы запасные к головкам зуборезным для конических колес с прямыми зубьями
2467	Резцы запасные к головкам зуборезным для конических и гипоидных колес с круговыми зубьями
2468	Резцы запасные к головкам зубопротяжным
2469	Головки твердосплавные для зубчатых колес и запасные резцы к ним
2471	» повышенной точности для обработки конических колес
2472	» зубопротяжные повышенной точности для конических колес
2476	Резцы запасные к зуборезным головкам повышенной точности для конических колес
2477	Резцы запасные к зубопротяжным головкам повышенной точности для конических колес
2481	Гребенки зуборезные прямозубые чистовые фланкированные
2482	» прямозубые чистовые нефланкированные
2483	» » черновые
2484	» косозубые чистовые правые
2485	» » » левые
2486	» » черновые правые
2487	» » » левые

13.2. Основные способы обработки зубьев и зуборезный инструмент для изготовления зубчатых колес

Тип зубчатых колес	Способ обработки зубьев	Область применения способа	Режущий инструмент	
			Вид	Документация
Цилиндрические колеса передач эвольвентного зацепления	Метод единичного деления	Единичное и мелкосерийное производство зубчатых колес 9—12-й степеней точности	Дисковые модульные фрезы модулей 0,2—16 мм	ГОСТ 13838—68 *; ГОСТ 10996—64 *
			Пальцевые модульные фрезы модулей 8—50 мм	Чертежи заводов-изготовителей
	Зубофрезерование методом обкатки	Мелкосерийное, серийное и массовое производство зубчатых колес 5—11-й степеней точности	Червячные фрезы модулей 0,3—40 мм классов точности AAA, AA, A, B, C и D	ГОСТ 10331—81 Е; ГОСТ 9324—80 Е; ОСТ 2 И41-3—85; техническая документация заводов-изготовителей
	Зубодолбление методом обкатки	Мелкосерийное, серийное и массовое производство преимущественно блочных, а также обычных колес 6—8-й степеней точности	Зуборезные долбяки модулей 0,2÷12 мм классов точности AA, A, B	ГОСТ 10059—80 Е; ГОСТ 9323—79 *
	Зубодолбление контурное	Массовое производство зубчатых колес 9—10-й степеней точности	Зубодолбежные много-резцовые головки для колес модулей 4—8 мм	Чертежи заводов-изготовителей
	Строгание зуборезными гребенками методом обкатки	Производство зубчатых колес 7—9-й степеней точности	Прямозубые и косозубые гребенки модулей 1—20 мм классов точности AA, A и B	Техническая документация заводов-изготовителей
	Шевингование	Массовое производство зубчатых колес 5—7-й степеней точности	Дисковые шеверы модулей 0,3—8 мм классов точности AA, A и B	ГОСТ 10222—81 * Е; ГОСТ 8570—80 * Е

Тип зубчатых колес	Способ обработки зубьев	Область применения способа	Режущий инструмент	
			Вид	Документация
Цилиндрические колеса передач зацепления Новикова	Зубофрезерование методом обкатки	Серийное производство	Фрезы червячные модулей 2—28,0 мм классов А, В и С	ГОСТ 16771—81; ГОСТ 18692—73 *
Конические колеса	Зубострогание методом обкатки	Мелкосерийное, серийное производство прямозубых конических колес модулей 0,3—20 мм	Резцы зубострогальные типов 1—4	ГОСТ 5392—80 Е
	Фрезерование методом обкатки	Серийное и массовое производство прямозубых конических колес модулей до 12 мм	Зуборезные головки диаметрами 150, 278 и 450 мм	ГОСТ 24904—81 Е; ГОСТ 24905—81 Е; ГОСТ 24906—81 Е
		Серийное и массовое производство колес с круговыми зубьями модулей 0,5—30 мм	Зуборезные резцовые головки диаметрами 20—1000 мм	ГОСТ 11902—77 *; ГОСТ 11903—77 *; ГОСТ 11906—77 *; ОСТ 2И45-4—79; ОСТ 2И45-5—79; ОСТ 2И45-12—86; ОСТ 2И45-13—86
Червячные колеса	Зубофрезерование методом обкатки	Серийное и массовое производство колес малых и средних модулей	Червячные фрезы	Специально проектируемые для нарезания червячных колес, сопрягаемых с конвольютными, эвольвентными и архимедовыми червяками
		Индивидуальное и серийное производство колес средних и крупных модулей	Резцы-летучки	—

циклоидальным, часовым зацеплением. В машиностроении применяются главным образом передачи цилиндрическими колесами с эвольвентным зацеплением и передачи Новикова.

Передачи коническими колесами по расположению зуба подразделяются на прямозубые, косозубые и с криволинейными зубьями, а по форме они могут быть самыми разнообразными — эвольвентными, паллоидными, циклоидальными, прямолинейными.

Червячные передачи разделятся на два вида — цилиндрические и глобоидные. При этом цилиндрические червяки имеют несколько разновидностей — конволютные, архимедовы, эвольвентные.

Зубчатые изделия (колеса, шлицевые валы, звездочки, зубчатые секторы и т. п.) могут быть обработаны двумя методами — копирования и обкатки. Метод копирования состоит в обработке зубчатых изделий инструментом, профиль зуба которого соответствует форме впадины зуба. Подобным инструментом являются пальцевые и дисковые зуборезные фрезы, протяжки для прямозубых и косозубых колес, зубодолбежные многорезцовые головки и другой специальный инструмент.

Метод обкатки заключается в создании условий, когда центры и инструменты и нарезаемого изделия катятся друг по другу без скольжения, при этом профиль нарезаемого изделия получается в процессе обработки как огибающая различных положений режущих кромок инструмента. К числу этого инструмента относятся червячные фрезы, долбяки, зуборезные гребенки, шевры, зубострогальные резцы, зуборезные головки, обкаточные резцы, работающие по методу зуботочения.

Метод обкатки является прогрессивным методом обработки зубчатых изделий как в отношении производительности, так и точности. Данный метод обеспечивает нарезание зубчатых колес в диапазоне модулей 0,1—40 мм с достижением точности в пределах 5—11-й степеней точности и применяется в индивидуальном, серийном и массовом производстве. Метод копирования имеет более узкую область применения: индивидуальное (пальцевые и дисковые фрезы) и некоторые случаи массового производства зубчатых колес 9—12-й степеней точности. Особенно приемлем метод в области обработки крупномодульных зубчатых колес (свыше модуля 20 мм), когда затруднено применение и изготовление инструмента, получаемого методом обкатки.

Так как в промышленности наибольшее распространение получили передачи цилиндрическими колесами с эвольвентным зацеплением и зацеплением Новикова, передачи коническими колесами, имеющими прямые и криволинейные зубья, цилиндрические червячные передачи, то далее будут рассмотрены наиболее перспективные стандартные и специальные конструкции, а также принципы проектирования зуборезного инструмента, применяемого для их изготовления. По вопросам проектирования зуборезного инструмента для изготовления зубчатых изделий с неэвольвентным профилем могут быть рекомендованы работы [1, 26, 53, 263].

**13.3. Рекомендуемый класс точности оборудования и инструмента
при нарезании цилиндрических зубчатых колес
различных степеней точности**

Оборудование, инструмент	Степень точности колеса в диапазоне модулей 0,3—25 мм							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Зуборезный станок	С	А	В	П	Н			
Червячная фреза	—	—	ААА	—	АА	А	В	С
Долбяк	—	—	—	АА	А	—	В	—
Дисковый шевёр	—	АА	—	А	В	—	—	—
Гребенка	—	—	—	АА	А	В	—	—
Дисковая фреза	—	—	—	—	—	—	+	+

П р и м е ч а н и е. Класс точности зуборезного станка установлен исходя из норм кинематической точности и норм контакта, а инструмента — из норм плавности (для прямозубых и узких косозубых колес) или норм контакта для широких косозубых колес.

Нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес. Выбор типа и особенности той или иной конструкции зуборезного инструмента непосредственно зависят от принятого построения операций зубообработки зубчатого колеса. В свою очередь, построение операций и качество зубообработки тесно связаны с объемами выпуска обрабатываемых колес, их точностью, формой и размерами, а также выбором зуборезного оборудования и инструмента. Поэтому обеспечить высокоэффективную как в отношении производительности, так и точности обработку зубчатого колеса можно только в случае детального анализа всех этих факторов, что позволит правильно подойти к вопросам выбора, конструирования и изготовления зуборезного инструмента (табл. 13.3).

В настоящее время практически в большинстве случаев при обработке зубчатых колес модулей менее 30 мм наиболее эффективным процессом является зубофрезерование червячными фрезами. Они обеспечивают точность зубчатых колес в пределах требований 5—11-й степеней точности (ГОСТ 1643—81 и ГОСТ 9178—81) и большую производительность по сравнению с зубодолблением, зубостроганием, фрезерованием зубьев.

Особенно эффективна обработка зубчатых колес сборными двух-, четырехзаходными конструкциями червячных фрез с увеличенной длиной рабочей части, что позволяет на специализированных зубофрезерных станках при применении осевых передвижек фрезы добиться высокой производительности обработки. Универсальность метода зубофрезерования привела к созданию большого числа различных конструкций червячных фрез для черновой, получистовой и чистовой обработки зубчатых колес с твердостью до 50—62 HRC₃.

Выбор операции зубодолбления или зубострогания для обработки зубьев колес определяется главным образом формой детали

и наличием оборудования. Поэтому к зубодолблению прибегают главным образом при обработке блочных колес, колес с внутренними зубьями, шевронных колес, когда применение червячных фрез невозможно. Зубострогальные гребенки целесообразно использовать примерно в той же области, где и зуборезные долбяки, однако предпочтительная область их применения — производство крупномодульных зубчатых колес (модули более 10 мм) 6—7-й степеней точности.

Фасонный зуборезный инструмент — дисковые и пальцевые фрезы — наибольшее применение находит в индивидуальном и мелкосерийном производстве, а также в качестве инструмента для

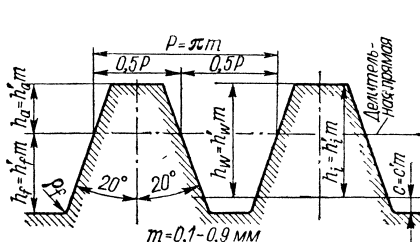


Рис. 13.1. Исходный контур зубчатых передач с $m = 0,1 \div 0,9$ мм по СТ СЭВ 309—76

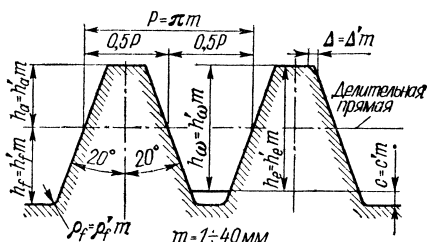


Рис. 13.2. Исходный контур зубчатых передач с $m = 1 \div 40$ мм по СТ СЭВ 308—76

предварительной или окончательной обработки зубчатых колес крупных модулей (в отдельных случаях до модуля 60 мм). При этом дисковые фрезы наиболее распространены главным образом из-за более простой конструкции и возможности выполнения ее сборной с применением быстрорежущих или твердосплавных режущих элементов.

Шевингование применяется при чистовой обработке зубчатых колес различных типов и назначения в условиях крупносерийного и массового производства. Изготовление шевров высокой точности (классов АА и А) позволяет обеспечить обработку зубчатых колес вплоть до 4—6-й степеней точности. Для достижения необходимой точности и долговечности шевров получистовой инструмент под шевингование должен иметь модифицированный профиль, обеспечивающий неравномерное распределение припуска по высоте зуба колеса.

В соответствии со СТ СЭВ 309—76 и СТ СЭВ 308—76 основные параметры зубьев цилиндрических колес определяются размерами исходного контура зубчатой рейки (рис. 13.1 и 13.2, табл. 13.4), а размеры зубьев зуборезного инструмента — параметрами исходного контура инструментальной рейки, положенной в основу конструкции инструмента. Форма зуба инструментальной рейки соответствует форме впадины между зубьями обрабатываемого колеса, т. е. зуборезный инструмент работает в паре с обрабатываемым колесом без бокового и радиального зазоров.

13.4. Размеры исходного контура цилиндрических зубчатых колес

Параметры исходного контура	Обозначение	Исходный контур цилиндрических зубчатых колес модулей	
		0,1—0,9 мм (СТ СЭВ 309—76)	1—40 мм (СТ СЭВ 308—76)
Угол главного профиля	α	20°	20°
Коэффициент высоты головки	h'_a	1,0 или 1,1	1
Коэффициент высоты ножек	h'_f	$h'_a + (0,25 \div 0,4)$	1,25
Коэффициент граничной высоты	h'_l	2,0 или 2,2	2
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	ρ'_f	—	0,38
Коэффициент глубины захода зубьев в паре исходных контуров	h'_{Σ}	2,0 или 2,2	2

Примечание. СТ СЭВ 309—76 распространяется также и на мелко-модульные конические зубчатые передачи с прямозубыми колесами.

В связи с этим инструментальная рейка отличается от зубчатой рейки следующим.

1. Высотой головки, которая должна быть больше на размер радиального зазора в передаче.

2. Толщиной зуба, которая должна быть больше на размер обязательного бокового зазора.

3. Расположением фланка: у инструментальной рейки он располагается на ножке зуба, а у зубчатой рейки — на головке зуба.

Нарезание прямых и тангенциальных зубьев конических колес. Распространение получили следующие основные способы обработки:

а) нарезание прямозубых и косозубых колес двумя зубострогальными резцами по методу обкатки — применяется во всех производствах;

б) нарезание прямозубых колес дисковыми фрезами по методу обкатки — применяется в крупносерийном производстве;

в) нарезание прямозубых колес методом кругового протягивания — применяется в массовом производстве;

г) нарезание прямозубых колес дисковыми и пальцевыми модульными фрезами — применяется в условиях единичного производства.

Исходный контур конических зубчатых передач модулей 0,1 мм и более приведен на рис. 13.1 и 13.3 и в табл. 13.4, 13.5.

Нарезание круговых зубьев конических колес. В отечественной промышленности в основном применяют конические зубчатые колеса с круговым зубом трех типов: нулевые (типа Зерол), спирально-конические и гипоидные.

вания (профиль зубьев прямоблочный), а зубья шестерни — методом обкатки (профиль зубьев криволинейный). Конические колеса общего назначения с модулем до 2,5 мм обычно нарезаются из целой заготовки за одну чистовую операцию. Для получения более высокой точности может применяться также обработка в две операции — черновую и чистовую. Конические колеса с модулем более 2,5 мм обрабатываются в две операции.

13.5. Размеры исходного контура зубчатых конических передач

500

колеса, а метод обкатки — зубьев шестерни. Метод обкатки из-за его невысокой производительности не рекомендуется применять для нарезания зубьев колес.

Существуют несколько методов чистового нарезания конических колес с круговыми зубьями:

двойной двухсторонний, когда обе стороны зубьев колеса и шестерни обрабатываются одновременно двухсторонней головкой за одну чистовую операцию;

двухсторонний, когда обе стороны зубьев колеса нарезаются одновременно двухсторонней головкой, а зубья шестерни — односторонним способом или методом постоянных установок; применяется в массовом и серийном производствах;

постоянных установок, когда выпуклая и вогнутая стороны зуба шестерни нарезаются в отдельности односторонними головками, а колесо — за одну установку двухсторонней головкой; применяется для нарезания точных колес в массовом производстве;

односторонний, при котором каждая сторона зуба колеса и шестерни нарезается в отдельности двухсторонней головкой; применяется в мелкосерийном производстве.

Нарезание червячных передач. Технология нарезания зубьев червячных колес и червяков зависит непосредственно от геометрической формы червяков, размеров червячных колес, степени точности передачи, масштаба производства.

В наибольшей мере на особенности расчета профиля режущего инструмента оказывают влияние выбранная геометрическая форма червяка передачи, которая может быть следующих типов:

архимедов червяк (ZA), имеющий прямолинейный профиль в осевом сечении;

эвольвентный червяк (ZI), имеющий прямолинейный профиль в сечении плоскостью, касательной к основному цилиндру;

конволютный червяк (ZN), имеющий несколько разновидностей, у которых прямолинейный профиль создается по витку (ZN1), по впадине (ZN2) или по профилю;

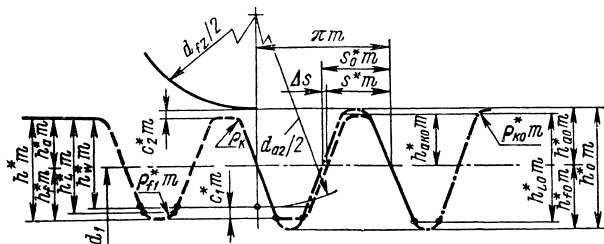
червяк, образованный конусом ZK.

Контуры витков исходного и производящего червяков, а также их основные параметры для модулей 0,1—0,9 мм (СТ СЭВ 1912—79) и модулей 1—20 мм (ГОСТ 19036—73) представлены на рисунках в табл. 13.6 и 13.7.

На выбор инструмента для обработки червяков и червячных колес влияет характер производства и заданная точность передачи. Например, нарезание червяков в зависимости от масштабов производства может производиться профильными и обкаточными резцами, дисковыми и пальцевыми фрезами.

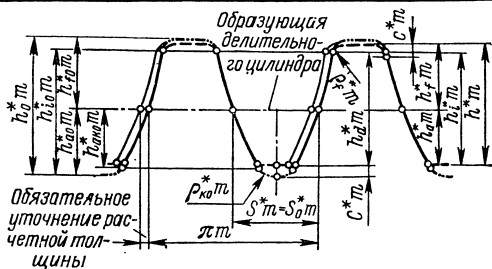
Нарезание цилиндрических червяков дисковыми фрезами обеспечивает возможность получения прямолинейного профиля витков в осевом сечении, а также в нормальных сечениях по впадине, по витку и профилю. Применяется главным образом для черного фрезерования витков и для окончательной обработки червя-

13.6. Передачи червячные цилиндрические (СТ СЭВ 1912—79)
Исходный червяк и исходный производящий червяк
с модулем от 0,1 до 1,0 мм



Параметр витков исходного и исходного производящего червяков	Обозначение и численное значение
Угол профиля: в осевом сечении витка червяка ZA в нормальном сечении зуба рейки, со- пряженной с червяком ZI в нормальном сечении витка червяка $ZN1$ в нормальном сечении впадины чер- вяка $ZN2$ производящего конуса для червяка $ZK1$ и $ZK2$	$\alpha_x = 20^\circ$ $\alpha_n = 20^\circ$ $\alpha_{nT} = 20^\circ$ $\alpha_{ns} = 20^\circ$ $\alpha_0 = 20^\circ$
Коэффициент параметра витков исходно- го червяка: высоты витка высоты головки высоты ножки граничной высоты витка глубины захода расчетной толщины витка радиального зазора у поверхности впадины радиуса кривизны переходной кривой витка	$h^* = 2h_a^* + \dot{C}_1^*$ $h_a^* = 1,0$ или $h_a^* = 1,1$ $h_f^* = h_a^* + C_1^*$ $h_l^* \geq 2h_a^*$ $h_w^* = 2h_a^*$ $S^* = 0,5\pi$ $C_1^* = 0,25 \div 0,45$ $\rho_{f1}^* = 0,35$ при $m \leq 0,5$ мм; $\rho_{f1}^* = 0,45$ при $m > 0,5$ мм
Коэффициент параметра витков исходно- го производящего червяка: высоты головки граничной высоты витка высоты головки до начала скругления радиального зазора у поверхности впа- дин червячного колеса	$h_{a0}^* = h^* + C_2^*$ $h_{f0}^* = 2h_0^* + C_2^*$ $h_{a\kappa 0}^* \geq h_0$ $C_2^* = 0,25$

с модулем от 1 до 20 мм



Параметр витков исходного и исходного производящего червяков	Обозначение и численное значение
Угол профиля: в осевом сечении витка червяка ZA	$\alpha_x = 20^\circ$
в нормальном сечении зуба рейки, сопря- женной с червяком ZI	$\alpha_n = 20^\circ$
в нормальном сечении витка червяка $ZN1$	$\alpha_{nT} = 20^\circ$
в нормальном сечении впадины червяка $ZN2$	$\alpha_{ns} = 20^\circ$
конической производящей поверхности для червяка $ZK1$	$\alpha_0 = 20^\circ$
Коэффициент параметра витков исходного чер- вяка:	
высоты витка	$h^* = 2,0 + C^*$
высоты головки	$h_a^* = 1,0$
высоты ножки	$h_f^* = 1,0 + C$
граничной высоты, не менее	$h_l^* = 2,0$
расчетной толщины	$S^* = 0,5\pi$
глубины захода	$h_d^* = 2,0$
радиального зазора	$C^* = 0,2$
радиуса кривизны переходной кривой	$\rho_f^* = 0,3$
Коэффициент параметра витков исходного про- изводящего червяка:	
высоты витка	h_0^* — не регламенти- руется
высоты головки	$h_{a0}^* = 1,0 + C^*$
высоты ножки	h_{f0}^* — не регламенти- руется
граничной высоты, не менее	$h_{l0}^* = 2,0 + C^*$
высоты головки до начала притупления, не менее	$h_{ak0}^* = 1,0$
радиуса скругления кромки исходного про- изводящего червяка	$\rho_{k0}^* = 0,3$

ков 9-й степени точности. Обычно дисковые фрезы с криволинейным профилем рассчитываются на один конкретный червяк. В целях облегчения производства червяков типов ZN и ZI возможно использование фрез, имеющих прямолинейный профиль, если получаемая при этом погрешность профиля червяка будет меньше припуска, оставляемого на чистовую обработку.

Нарезание червяков резцами производится на токарно-винторезных и токарно-затыловочных станках. Точность обработки зависит от точности оборудования. Наилучшие условия резания создаются при установке резца по оси детали, что рекомендуется учитывать при черновой обработке червяков.

Резец должен иметь профиль, соответствующий типу выбранного червяка. Так как в осевом сечении прямолинейный профиль имеет только архимедов червяк, то для всех других видов профиль резца должен быть криволинейным.

Черновое нарезание червяков можно производить резцами прямолинейного профиля, оставляя достаточный припуск на чистовую обработку. Чистовое нарезание витков червяков также осуществляют резцом прямолинейного профиля, устанавливая резец с учетом особенностей каждого типа червяков (рис. 13.4—13.9).

Наивысшая точность обработки витков червяков достигается шлифованием на червячно- или резьбошлифовальных станках кругами различной формы — дисковыми, чашечными или пальцевыми за счет соответствующей их установки или фасонной правки.

Наиболее распространенным способом нарезания червячных колес является зубофрезерование червячными фрезами, которые обеспечивают наибольшую точность и производительность обработки. Для обеспечения необходимой точности обработки и сборки передачи фреза должна быть спроектирована на базе того типа исходного производящего червяка, на базе которого сконструирована червячная передача.

Нарезание цилиндрических червячных колес червячными фрезами может производиться двумя способами:

1) радиальной подачи, при которой червячная фреза нарезает зубья колес при постепенном уменьшении межосевого расстояния;

2) тангенциальной подачи, при которой зубья нарезаются фрезой, перемещающейся вдоль своей оси.

Наибольшая точность обработки достигается в случае применения способа тангенциальной подачи, но при этом снижается производительность зубообработки и требуется специальный тангенциальный суппорт. Нарезание червячными фрезами применяется при любом масштабе производства червячных колес. В единичном и мелкосерийном производстве очень часто червячные колеса нарезают резцом-летучкой. В данном случае используется только тангенциальный способ, иначе не будет обеспечено полное профилирование зубьев.

Отделочной операцией обработки червячных колес может являться шевингование. Оно обеспечивает получение 5—6-й степеней точности колес и производится после чистового зубофрезерования с припуском 0,5—0,1 мм по толщине зуба. Червячный

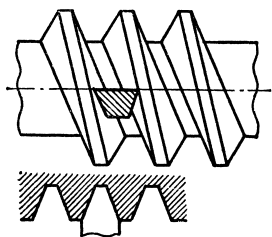


Рис. 13.4. Установка на станке двухстороннего резца при обработке архимедова червяка

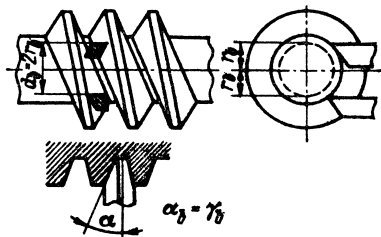


Рис. 13.5. Установка на станке резцов для нарезания правозаходного эвольвентного червяка

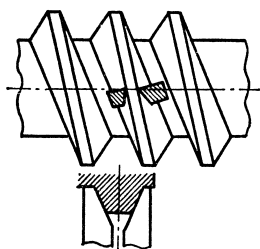


Рис. 13.6. Установка на станке односторонних резцов для обработки архимедова червяка

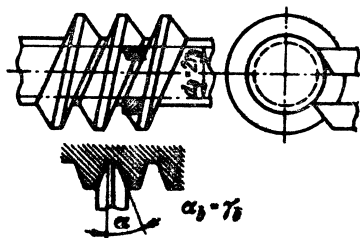


Рис. 13.7. Установка на станке резцов для нарезания левозаходного эвольвентного червяка

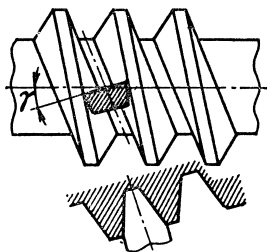


Рис. 13.8. Установка на станке двухстороннего резца для нарезания конволютного червяка с прямолинейным профилем в сечении по впадине

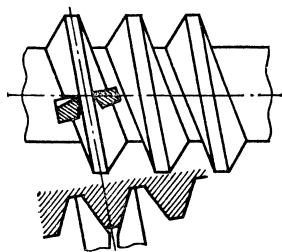


Рис. 13.9. Установка на станке резцов для нарезания конволютного червяка с прямолинейным профилем в сечении по витку

шевер обычно представляет собой червяк, на боковых и вершинных поверхностях витков которого выполнены канавки (насечки) для образования режущих кромок. Шевингование производится двумя методами: радиальной подачи при беззазорном зацеплении или окружной подачи. В обоих случаях вращение колеса осуществляется вращением шевера, так как механизм привода стола

зацепления Новикова



Коэффициент параметра (в долях модуля)
и угловые параметры для модуля m , мм

Исходный контур

Радиус кривизны профиля головки, являющегося дугой окружности ρ_a	1,147	1,150		
Радиус кривизны профиля ножки, являющегося дугой окружности ρ_f	1,307	1,290	1,270	1,250
Радиус кривизны переходной кривой, являющейся дугой окружности ρ_l	0,52246	0,52155	0,50677	0,49785
Расстояние от центра окружности радиуса ρ_a до оси симметрии впадины l_a		0,39270		
Расстояние от центра окружности радиуса ρ_f до оси симметрии впадины l_f	0,50526	0,48994	0,47462	0,45680
Смещение центра окружности радиуса ρ_f от делительной прямой x_f	0,07264	0,06356	0,05448	0,04540
Высота головки h_a		0,90		
Высота ножки h_f		1,05		
Делительная толщина зуба	1,53215	0,53532	1,53945	1,54061
Делительная ширина зуба l	1,60944	1,60627	1,60214	1,60098
Угол профиля в точках касания прямолинейного отрезка с профилем головки и ножки α	8° 10' 30"	7° 39' 47"	8° 23' 02"	8° 34' 37"

Параметр	Коэффициент параметра (в долях модуля) и угловые параметры для модуля m , мм			
	до 3,15	св. 3,15 до 6,3	св. 6,3 до 10	св. 10 до 16
<i>Пара идентичных исходных контуров</i>				
Высота до контактной точки h_k	0,52073		0,52209	
Толщина зуба по контакт-ным точкам S_k	1,25857		1,26392	
Ширина впадины по кон-тактным точкам e_k	1,31857	1,31892		1,31392
Глубина захода зубьев h_w			1,80	
Радиальный зазор C			0,15	
Боковой зазор по прямой, проходящей через контактные точки I_k	0,060	0,055		0,050
Угол профиля в контакт-ной точке α_k			27°	
Примечание. Допускается изменять форму линии сопряжения дуг, образующих профили головки и ножки зуба, не изменяя их суммарной длины.				

при этом не должен работать. При шевинговании методом радиальной подачи зуб шевера по толщине должен иметь те же размеры, что и впадина обрабатываемого колеса.

При шевинговании методом окружной подачи зуб шевера должен иметь в зацеплении с зубом колеса зазор, так как для осуществления процесса шевингования обрабатываемое колесо необходимо подтормаживать. В целях обеспечения наилучшего сопряжения шевингуемого колеса и червяка профиль зубьев шевера рекомендуется шлифовать при такой же установке и на том же станке, что и червяк.

В последнее время в связи с совершенствованием методов расчета профиля инструмента, прецизионного технологического оборудования и средств измерения появилась возможность изготовления червячных колес со столь высокой точностью, что изменение шевингования не требуется.

Нарезание цилиндрических передач зацепления Новикова. Передача состоит из зубчатых колес, у которых выпуклые поверхности головок зубьев шестерни имеют контакт, близкий к линейчатому, с вогнутыми поверхностями ножек колеса. Передача движения обеспечивается только перемещением линий контакта вдоль зубьев сопряженных колес без обкатки профилей, поэтому подобные передачи могут быть выполнены только косозубыми с шириной венца, близкой к осевому шагу.

Наибольшее распространение получили передачи Новикова с двумя линиями зацепления (ДЗЛ), боковые поверхности зубьев

которых имеют одновременно вогнутый и выпуклый профили. Исходный контур зубчатых передач Новикова с ДЗЛ в нормальном к направлению зубьев сечении приведен на рисунке в табл. 13.8, его основные размеры даны там же.

13.2. Зуборезные фасонные фрезы

Для нарезания прямозубых, косозубых и шевронных зубчатых колес 9-й и грубее степеней точности (ГОСТ 1643—81) применяются дисковые и пальцевые фрезы. Каждому конкретному случаю нарезания зубьев изделия соответствует определенный профиль фрезы, зависящий от модуля, угла зацепления, числа зубьев колеса, коэффициента смещения (для корригированных колес). Определение профиля фрезы производится путем нахождения его координат, задающих соответствующие точки впадины зуба колеса на произвольно выбранных окружностях радиусов r_x .

Общие сведения. Применяемые для нарезания некорригированных зубчатых колес дисковые фрезы выполняются в виде наборов из 8 или 15 фрез. При этом набор из 8 фрез рекомендуется для нарезания колес с модулем до 8 мм включительно, набор из 15 фрез — для колес с модулем свыше 8 мм. Каждая фреза из набора предназначается для нарезания колес с определенным числом или группой чисел зубьев (табл. 13.9).

При расчете профилей фасонных фрез (дисковых и пальцевых) для нарезания эвольвентных некорригированных колес рекомендуется пользоваться приложениями к ГОСТ 13838—68* и ГОСТ 10996—64*, в которых приведены координаты точек эвольвентного и неэвольвентного участков профиля зубьев фрез. Основные конструктивные размеры дисковых фрез из быстрорежущей стали (ГОСТ 13838—68*) модулей 0,2—1,0 мм приведены в табл. 13.10 и на рис. 13.10, а модулей 1,125—16 мм (ГОСТ 19996—64*) — в табл. 13.11 и на рис. 13.11; технические условия — в табл. 13.12.

13.9. Число зубьев обрабатываемого колеса в зависимости от номера фрезы

Номер фрезы	Набор		Номер фрезы	Набор	
	из 8 фрез	из 15 фрез		из 8 фрез	из 15 фрез
1	12; 13	12	5	26—34	26—29
1 $\frac{1}{2}$	—	13	5 $\frac{1}{2}$	—	30—34
2	14—16	14	6	35—54	35—41
2 $\frac{1}{2}$	—	15; 16	6 $\frac{1}{2}$	—	42—54
3	17—20	17; 18	7	55—134	55—79
3 $\frac{1}{2}$	—	19; 20	7 $\frac{1}{2}$	—	80—134
4	21—25	21; 22	8	135 и более	135 и более
4 $\frac{1}{2}$	—	23—25			

13.10. Основные размеры дисковых мелко модульных фрез, мм

m_0	d_{a0}	d	B	h_0 , нанм.	h_K	K	ρ_K	C	z_0
0,2 0,22 0,25 0,28 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50	16	5	2	0,6 0,66 0,75 0,84 0,90 1,05 1,2 1,35 1,5	2,5	0,8	0,2	0,2	12
0,20 0,22 0,25 0,28 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,70	20	8	3,2	0,60 0,66 0,75 0,84 0,90 1,05 1,20 1,35 1,50 1,48 1,62 1,90	3,2	1	0,3	0,3	12
0,20 0,22 0,25 0,28 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00	25	8	3,2	0,60 0,66 0,75 0,84 0,90 1,05 1,20 1,35 1,50 1,48 1,62 1,90 2,16 2,43 2,7	4,4	1,2	0,5	0,3	12
0,20 0,22 0,25 0,28 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00	32	13	3,2	0,60 0,66 0,75 0,84 0,90 1,05 1,20 1,35 1,50 1,48 1,62 1,90 2,16 2,43 2,70	4,7	1,5	0,5	0,3	12

13.11. Основные размеры дисковых модульных фрез, мм

m_0	d_{a0}	d	z_0	Ширина B у фрез номеров														
				1	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$	5	5 $\frac{1}{2}$	6	6 $\frac{1}{2}$	7	7 $\frac{1}{2}$	8
1,125	50	19	14	4,5	—	4,5	—	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	4
1,25	50	19	14	4	—	5	—	4,5	—	4,5	—	4,5	—	4	—	4	—	4
1,375	50	19	14	5,5	—	5,5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5
1,5	55	22	14	6	—	6	—	5,5	—	5,5	—	5	—	5	—	5	—	5
1,75	55	22	14	7	—	6,5	—	6,5	—	6,5	—	6	—	6	—	5,5	—	5,5
2	63	22	12	8	—	7,5	—	7	—	7	—	7	—	6,5	—	6,5	—	6
2,25	63	22	12	8,5	—	8	—	8	—	8	—	7,5	—	7,5	—	7	—	7
2,5	70	22	12	9,5	—	9,5	—	9	—	8,5	—	8,5	—	8	—	8	—	7,5
2,75	70	22	12	10,5	—	10	—	10	—	9,5	—	9	—	9	—	8,5	—	8
3	80	27	12	11,5	—	11	—	10,5	—	10,5	—	10	—	9,5	—	9,5	—	9
3,25	80	27	12	12	—	12	—	11,5	—	11	—	10,5	—	10,5	—	10	—	9,5
3,5	80	27	12	13	—	13	—	12,5	—	12	—	11,5	—	11	—	11	—	10,5
3,75	80	27	12	14	—	13,5	—	13	—	12,5	—	12	—	12	—	11,5	—	11
4	90	27	12	15	—	14,5	—	14	—	13,5	—	13	—	12,5	—	12	—	11
4,25	90	27	12	15,5	—	15	—	14,5	—	14	—	13,5	—	13	—	12,5	—	12
4,5	90	27	12	16,5	—	16	—	16,5	—	15	—	14,5	—	14	—	13,5	—	13
5	100	27	12	18	—	17,5	—	17	—	16,5	—	16	—	15,5	—	15	—	14,5
5,5	100	27	12	20	—	19	—	18,5	—	18	—	17,5	—	17	—	16	—	15,5
6	110	32	10	21,5	—	21	—	20	—	19,5	—	19	—	18	—	17,5	—	17
6,5	110	32	10	23	—	22,5	—	22,5	—	21,5	—	20	—	19,5	—	19	—	18
7	110	32	10	24,5	—	24	—	23	—	22	—	21,5	—	21	—	20	—	19,5
8	125	32	10	28	—	27	—	26	—	25	—	24,5	—	24	—	23	—	22
9	125	32	10	31	30	30	29	29	28	28	27	27	27	27	26	26	25	24
10	140	40	10	34	33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	29	28	28	27
11	140	40	10	37	37	36	36	35	34	34	33	33	32	32	31	31	30	29
12	160	40	10	41	40	39	39	38	37	37	36	36	35	35	34	34	33	32
14	160	40	10	47	46	45	44	43	43	43	42	41	41	40	39	39	38	37
16	180	50	10	53	52	52	51	50	49	48	48	47	46	45	45	44	43	42

В случаях, когда зубчатое колесо не может быть нарезано другим инструментом, а также в случае нарезания шевронных колес применяются пальцевые фрезы. При нарезании прямозубых колес профиль пальцевой фрезы полностью совпадает с профилем впадины колеса; при нарезании косозубого колеса рассчитывают профиль фрезы по представленной ниже методике. Основные рабочие размеры пальцевых фрез модулей 8—50 мм, централизованно изготавливаемых инструментальными заводами, представлены на рис. 13.12 и 13.13 и в табл. 13.13, а технические условия — в табл. 13.14.

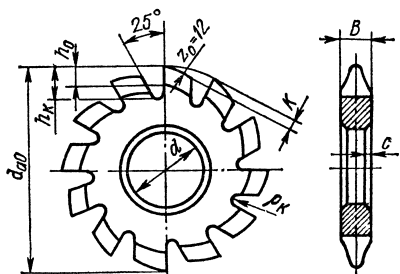


Рис. 13.10. Дисковая мелкозубчатая фреза (ГОСТ 13838—68*)

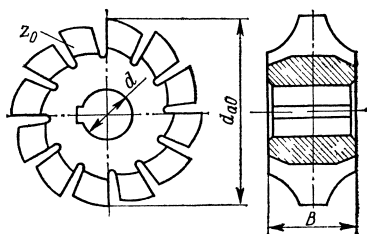


Рис. 13.11. Дисковая фреза (ГОСТ 10996—64*)

В случае необходимости конструирования фасонных фрез для нарезания более точных, а также скорректированных прямозубых и косозубых зубчатых колес, следует руководствоваться отдель-

13.12. Допуски и предельные отклонения параметров дисковых зуборезных фрез, мм

Параметр	Обозначение	Допуски и отклонения, мм, при t_0 , мм				
		до 1	св. 1 до 2,5	св. 2,5 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 16
Отклонение от радиальности передней поверхности,	f_v	± 60	± 60	± 45	± 30	± 25
Биеение боковых режущих кромок по нормали	f_t	0,06	0,063	0,08	0,10	0,10
Радиальное биеение по наружному диаметру: двух смежных зубьев за один оборот	f_{rdo}	0,03 0,060	0,032 0,063	0,040 0,080	0,050 0,100	0,05 0,100
Профиль зуба: на участке эвольвенты на вершине зуба и закру- глениях	f_{f0}	0,03 0,06	0,05 0,10	0,063 0,125	0,080 0,160	0,080 0,160

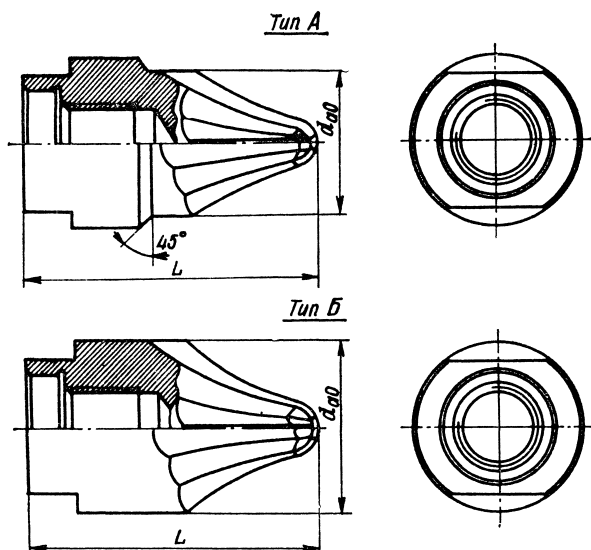


Рис. 13.12. Пальцевая модульная фреза с центрированием по внутреннему диаметру (исполнение 1)

13.13. Основные размеры пальцевых зуборезных фрез, мм

m_0	d_{a0} для типов						L
	1	2	3	4	5	6	
8	28	25	22				65
9	32	28	25				65
10	36	32	28				70
11	40	36	32	—	—	—	70
12	42	40	34				70
14	50	45	40				75
16	55	50	45	—	—	—	85
18	63	60	52	52	—	—	90
20	70	63	55	—	—	—	100
22	75	70	65	—	—	—	105
25	90	85	80	75	70	—	120
28	95	90	85	80	—	—	130
32	110	105	100	95	90	—	140
36	125	120	110	105	100	95	150
40	140	130	125	120	110	—	160
45	160	150	140	130	125	120	170
50	180	170	160	150	140	—	180

m_0	Число зубьев нарезаемого колеса z_1 соответственно каждому типу					
	1	2	3	4	5	6
8 9 10 11 12 14	12—22	23—41	Св. 41	—	—	—
16	12—22	23—54	Св. 54	—	—	—
18	12—18	19—29	30—54	Св. 54	—	—
20 22	12—22	23—54	Св. 54	—	—	—
25	12—14	15—22	23—29	30—54	Св. 54	—
28	12—16	17—29	30—54	Св. 54	—	—
32	12—18	19—25	26—34	35—54	Св. 54	—
36	12—14	15—22	23—24	25—41	42—79	Св. 79
40	12—16	17—22	23—29	30—54	Св. 54	—
45	12—16	17—22	23—34	35—54	55—79	Св. 79
50	12—14	15—18	19—29	30—54	Св. 54	—

13.14. Предельные отклонения размеров пальцевых зуборезных фрез,
мм

Проверяемый параметр	Обозначение	Предельное отклонение, мм, при m_0 , мм				
		≤ 10	св. 10 до 16	св. 16 до 25	св. 25 до 40	св. 40
Профиль зуба: на участке эвольвенты на вершине и закруглениях зуба	f_{f0}	0,040 0,063	0,050 0,080	0,063 0,10	0,080 0,125	0,100 0,160
Биеение боковых режущих кромок	f_t	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160
Просвет по шаблону на участке: эвольвенты прямолинейном	—	0,03 0,06	0,03 0,06	0,04 0,08	0,05 0,10	0,06 0,12

ными специальными методиками расчета координат профиля инструмента, излагаемых ниже.

Расчет дисковых фрез для нарезания прямозубых зубчатых колес. Исходные данные зубчатых колес для расчета инстру-

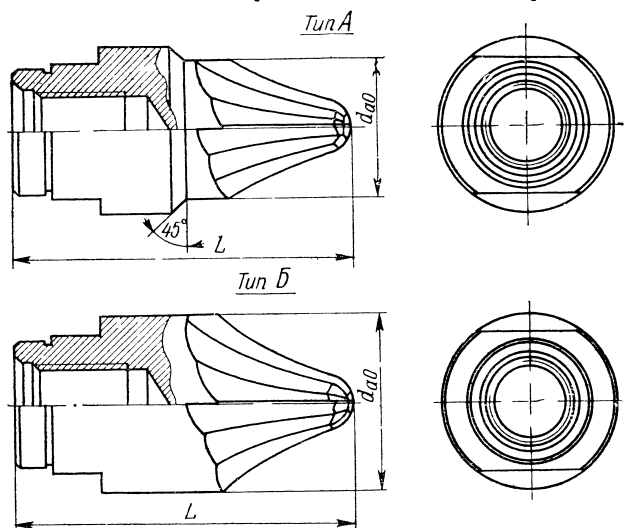


Рис. 13.13. Пальцевая модульная фреза с центрированием по наружному диаметру (исполнение 2)

мента [26]: модуль нормальный — m_n ; угол зацепления — α_ω ; радиусы основной и делительной окружностей — r_b и r ; радиусы вершин и впадин зубьев — r_a и r_f ; коэффициент смещения исходного контура — x ; гарантированный боковой зазор в передаче — $i_{\min}$; число зубьев колеса (2) и шестерни (1) — z_1 и z_2 .

Расчет координат точек профиля (рис. 13.14) производят в следующей последовательности.

Угол давления в произвольных точках на радиусе r_x , задаваемый в интервале $r_x = r_a$ и $r_x = r_f$, равен

$$\alpha_x = \arccos(r_b/r_x).$$

Угол δ_b (рад) находим из выражения

$$\delta_b = \frac{\pi}{2z_{1,2}} - \frac{2x \operatorname{tg} \alpha_\omega}{z_1} - \operatorname{inv} \alpha_\omega + \frac{i_{\min}}{z_{1,2}}.$$

Для некорригированных колес δ_b может иметь отрицательное значение.

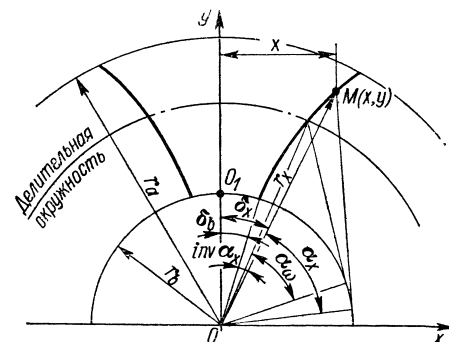


Рис. 13.14. Система координат для определения эвольвентного профиля зубьев фрезы

Угол δ_x (рад) определяем по формуле

$$\delta_x = (\delta_b + \text{inv } \alpha_i).$$

Координаты точек профиля эвольвентного участка будут:

$$X = r_x \sin \delta_x; \quad Y = r_x \cos \delta_x.$$

Размеры незвольвентной части профиля, число зубьев z_0 могут быть выбраны в соответствии с данными, установленными ГОСТ13838—68* и ГОСТ 10996—64*.

Максимальная ширина профиля впадины зуба колеса равна

$$S_a = 2z_a \sin \delta_a,$$

где

$$\delta_a = (\delta_b + \text{inv } \alpha_a) 57,29578; \quad \cos \alpha_a = r_b/r_a.$$

Ширина фрезы B определяется прочерчиванием с учетом максимальной ширины профиля впадины.

Величина затылования

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \text{tg } \alpha_b,$$

где $\alpha_b = 10 \div 12^\circ$ — задний угол на вершине зуба.

Высота профиля зуба $h_0 = r_a - r_f$.

Полная высота зуба $H = h_0 + K + (0,5 \div 1,5)$ мм.

Расчет дисковых и пальцевых фасонных фрез для нарезания косозубых зубчатых колес. Исходными данными зубчатых колес для расчета инструмента являются те же величины, что и у прямозубых колес, за исключением β — угла наклона линии зуба на делительном цилиндре.

Для дисковой фасонной фрезы находят следующие величины.

Торцовый модуль $m_t = m_n/\cos \beta$.

Торцовый угол зацепления $\text{tg } \alpha_t = \text{tg } \alpha_w/\cos \beta$.

Радиус основной окружности

$$r_b = \frac{m_n z_1}{2 \cos \beta} \cos \alpha_t.$$

Межосевое расстояние $a = r_{a0} + r_f$, где r_{a0} — наружный радиус фрезы.

Угол наклона винтовой линии на основном цилиндре

$$\text{tg } \beta_b = \text{tg } \beta \cdot \cos \alpha_t.$$

Задаются переменными параметрами φ в интервале от 10° до 40° через каждые $2-4^\circ$ в зависимости от точности построения.

Расчетные коэффициенты A_1 , A_2 и A_3 , μ определяют по формулам:

$$A_1 = a/r_b - \sec \varphi; \quad A_2 = (\text{tg } \beta \cdot \text{tg } \beta_b + \sec \varphi) \text{ctg } \varphi;$$

$$A_3 = \pi/(2z_1) - \text{inv } \alpha_t - \text{inv } \varphi;$$

$$\cos \mu = \sin \beta \cdot \sin \beta_b + \cos \beta \cdot \cos \beta_b \cdot \cos \varphi.$$

Координатами точек профиля фрез будут:

$$X = r_{\text{в}} [(A_1 A_2 + A_3) \cos \beta_{\text{в}} \cdot \cos \mu - A_1 \sec \beta \cdot \operatorname{ctg} \varphi];$$

$$Y = r_{\text{в}} (A_1 A_2 + A_3) \cos \beta_{\text{в}} \cdot \sin \mu.$$

Остальные конструктивные и габаритные размеры принимаются такими же, как у дисковых фрез для нарезания прямо-зубых колес.

В условиях невысоких требований к точности обработки косо-зубого колеса с числом зубьев z_1 можно подобрать обычную стандартную фрезу по приведенному числу зубьев

$$z'_1 = z_1 / \cos^3 \beta = K \beta z_1,$$

где $K\beta$ можно определить из соотношения:

β	...	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$K\beta$	...	1,011	1,045	1,104	1,193	1,323	1,505	1,756	2,119	2,64

Для пальцевой фасонной фрезы находят следующие величины. Расчетный коэффициент

$$A_3 = \frac{\pi}{2z_1} - \operatorname{inv} \alpha_t + \operatorname{inv} \varphi.$$

Координаты точек профиля фрезы:

$$X = r_{\text{в}} (A_3 \cos^2 \beta_{\text{в}} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_{\text{в}} + \cos^2 \varphi});$$

$$Y = r_{\text{в}} (\sec \varphi - A_3 \cos^2 \beta_{\text{в}} \cdot \sin \varphi).$$

Число зубьев фрез:

при $d_{a0} = 40 \div 70$ мм $z_0 = 4$;

» $d_{a0} = 75 \div 140$ мм $z_0 = 6$

» $d_{a0} = 160 \div 220$ мм $z_0 = 8$.

Угол профиля основной стружечной канавки принимается равным $60 \div 70^\circ$ с радиусом закругления основания 1—2 мм; угол профиля стружечной канавки на торце — равным $18 \div 20^\circ$ с радиусом закругления основания 0,5—1,0 мм [26].

Особенности конструкций и эксплуатации дисковых зуборезных фрез. Стандартные дисковые фрезы изготавливаются с заточенными зубьями, что значительно упрощает их эксплуатацию из-за простоты перетачивания по плоской передней поверхности. Однако небольшие значения задних боковых углов по профилю (не более 3°) не удовлетворяют часто необходимым требованиям по стойкости фрез, что особенно характерно для условий черновой обработки. Поэтому для чернового нарезания зубьев колес модулей 8—50 мм применяют, как правило, дисковые фрезы с остро-заточенными зубьями, перетачивание которых производится каждый раз по профилю, что дает возможность получить задние углы порядка $10 \div 15^\circ$, но приводит к определенным трудностям в процессе их эксплуатации.

Дисковые фрезы с острозаточенными зубьями изготавливаются обычно сборной конструкции с режущими ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава и применяются для черновой обработки зубчатых колес. На рис. 13.15 показана сборная дисковая фреза с ножами из быстрорежущей стали для нарезания зубчатых колес в диапазоне модулей 12—46 мм. Основные размеры данных фрез представлены в табл. 13.15.

Вставные чередующиеся разнонаправленные ножи из быстрорежущей стали крепятся с помощью клиньев, устанавливаемых со стороны передней поверхности, и имеют положительные передние углы. Паз в корпусе под нож выполняется прямоугольной формы и открытым только со стороны установки, что повышает жесткость корпуса. Профиль ножей — прямолинейный со стружкоразделительными канавками.

Имеет применение также дисковая острозаточенная модульная фреза с быстрорежущими ножами, показанная на рис. 13.16. Рекомендуемые режимы резания стандартными цельными дисковыми фрезами с заточенными зубьями представлены в табл. 13.16. Скорости резания в таблице приведены исходя из стойкости фрез $T = 480$ мин при максимальном износе по задней поверхности $h_f = 1$ мм. При чистовых проходах износ по задней поверхности не должен превышать 0,5 мм. При работе дисковыми твердосплавными фрезами подача на зуб $S_z = 0,1 \div 0,15$ мм/зуб и $v = 100 \div 200$ м/мин.

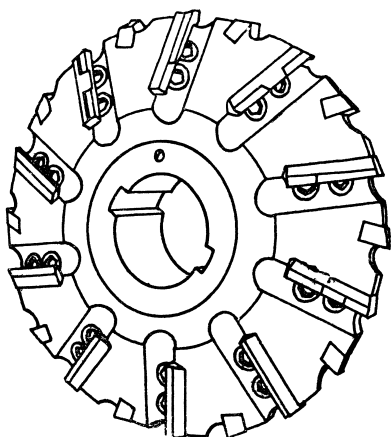


Рис. 13.15. Сборная дисковая фреза с острозаточенным профилем зубьев

13.15. Основные размеры дисковых крупномодульных фрез, мм

m_o	$z_o = 16$		$z_o = 20$		B
	d_{ao}	d	d_{ao}	d	
12—15	200	50	240	60	40
16—19	220	50 и 60	260	60	45
20—23	240	60	280	60 и 80	50
24—27	260	60	300	60 и 80	60
28—31	280	60	320	80	70
32—35	300	60 и 80	340	80	80
36—39	320	80	350	80 и 100	90
40—43	340	80	365	100	100
44—46	—	—	380	100	110

Особенности конструкции и эксплуатации пальцевых зуборезных фрез. По своему назначению подразделяются на фрезы для черновой и чистовой обработки зубчатых колес. Пальцевые фрезы для черновой обработки могут иметь прямолинейный профиль и винтовую стружечную канавку, при этом зубья снабжаются стружкоразделительными канавками (рис. 3.17).

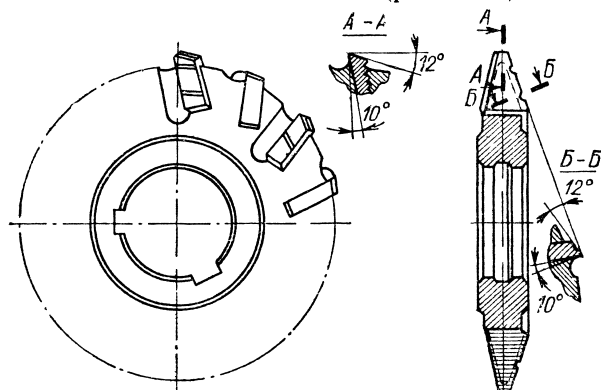


Рис. 13.16. Сборная дисковая модульная фреза

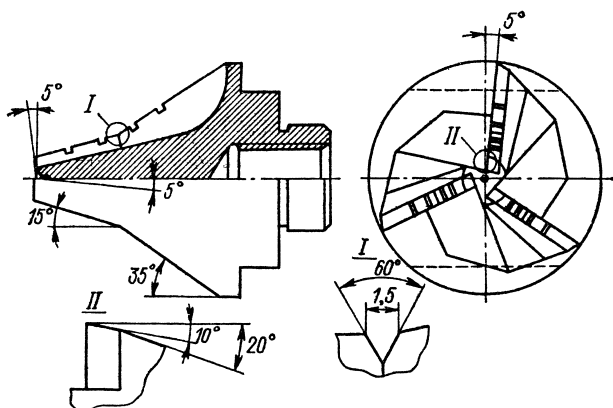


Рис. 13.17. Пальцевая модульная фреза со стружкоразделительными канавками

13.16. Режимы резания дисковыми фрезами с затылованным зубом

m_0	d_{a0}	Сталь 160—110 НВ			Чугун серый, 170—210 НВ		
		v , м/мин	n , об/мин	S_M , мм/мин	v , м/мин	n , об/мин	S_M , мм/мин
До 4	80	32	127	134	25	100	200
» 5	90		113	120		88	180
» 6	100		102	109		80	165
» 8	110		93	109		72	165

13.17. Режимы резания при зубофрезеровании затылованными пальцевыми фрезами

m ₀ , мм	Вид обработки									
	черновая					чистовая				
	z ₀	S _z мм/зуб	v, м/мин	n, об/мин	S _m мм/мин	z ₀	S _z мм/зуб	v, м/мин	n, об/мин	S _m мм/мин
8 14	2	0,06 0,08	32	380 240	23 18	2	0,2 0,25	35 25	400 260	80 65
20	3	0,15		167	25	4	0,3	35	185	55
24				136	20	6			154	46
28 32	4	0,2		120 105	24 21				132 115	39 34
36	6	0,3	27	80	24	0,5		32	95	47
40				71	21		8		85	59
44				65	20	0,7			77	54

Фрезы для черновой обработки могут изготавливаться как с затылованными, так и острозаточенными зубьями. В последнем случае фрезы обычно имеют профиль в виде ломаной линии, составленной из отдельных быстрорежущих или твердосплавных пластин.

Режимы резания для затылованных пальцевых фрез приведены в табл. 13.17, поправочные коэффициенты к ним — в табл. 13.18 и в таблицах, приведенных ниже.

Поправочный коэффициент K_{vT} на режимы резания

пальцевыми фрезами в зависимости от периода стойкости T :

13.18. Поправочный коэффициент на скорость резания K_{vM} в зависимости от обрабатываемого материала

Материал	Твер- дость НВ	$K_{\sigma M}$	
Сталь конструкцион- ная:	углеродистая	200	1,0
		260	0,6
		300	0,4
	легированная	200	0,8
		260	0,5
		300	0,3

K_{vT}

T , мин	черновое нарезание	чистовое нарезание
60	1,35	1,50
180	1,00	1,15
300	0,85	1,00

Поправочный коэффициент $K_{S\beta}$ на режимы резания пальцевыми фрезами в зависимости от угла наклона зубьев β :

$\beta, ^\circ$	$K_{S\beta}$
0	1,00
30	0,85
45	0,70
60	0,50

13.3. Зуборезные червячные фрезы

Червячные фрезы для нарезания цилиндрических колес. Применяются для чернового, получистового и чистового нарезания прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес в диапазоне модулей 0,1—40 мм. В зависимости от назначения и размеров червячные фрезы изготавливаются классов точности ААА, АА, А, В, С и D и рекомендуются соответственно для нарезания зубчатых колес 5—6, 7, 8, 9 и 11-й степеней точности.

По способу соединения со станком фрезы делятся на насадные и хвостовые, при этом наибольшее распространение получили насадные фрезы, а хвостовые применяются только в случаях, когда небольшой диаметр не позволяет выполнить ее насадной, что наиболее характерно для червячных фрез, применяемых для нарезания червячных колес.

По направлению витков фрезы могут быть правозаходными и левозаходными, а по числу витков (заходов) — однозаходными и многозаходными.

По конструкции различают фрезы цельные, выполненные из целой заготовки, составные и сборные, у которых только зубья изготавливаются из инструментального материала. Червячные фрезы цельной конструкции нашли наибольшее распространение в промышленности. Они характеризуются большим разнообразием типов, подразделяемых по назначению (одно- и многозаходные, под шевингование или шлифование, черновые, чистовые), размерам (короткие и длинные, увеличенного диаметра), точности изготовления (классов ААА, АА и др.).

Форма профиля зубьев фрез зависит от формы профиля зубьев нарезаемых колес — эвольвентной, циклоидальной и др., которая при проектировании должна задаваться профилем исходного контура зубчатой рейки.

При расчете конструктивных элементов фрезы (рис. 13.18) исходными параметрами колес являются: модуль m_n , угол зацепления α_o , высота головки h_a и ножки h_f зуба, толщина зуба S_n .

Наружный диаметр d_{a0} зависит от ряда условий, определяющих необходимую точность или производительность обработки зубчатых колес. С увеличением диаметра возможно повышение точности обработки за счет уменьшения органических погрешностей профилирования, увеличения числа зубьев по окружности, более

жесткого крепления фрезы вследствие больших размеров посадочного отверстия. Однако с увеличением диаметра фрезы увеличиваются расход инструментального материала, вращающий момент, длина и время врезания и, следовательно, продолжительность обработки. Ориентировочно следует стремиться к тому, чтобы при выборе наружного диаметра угол подъема витков γ_{m0} был

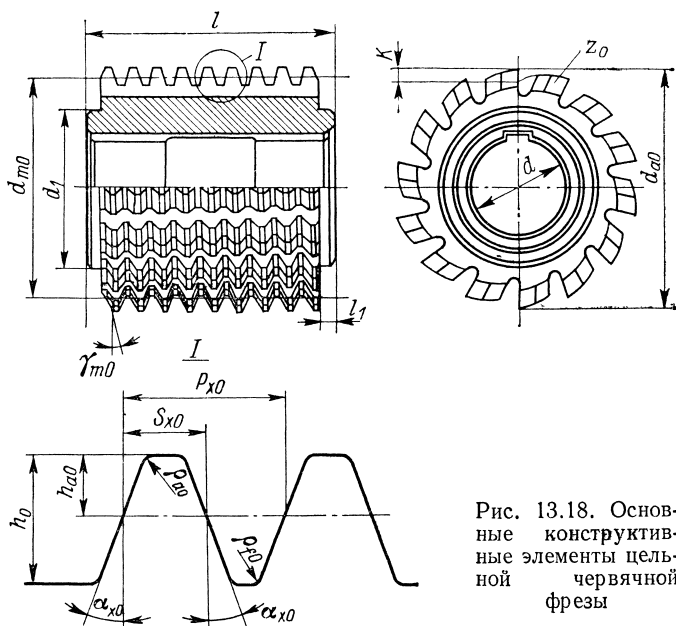


Рис. 13.18. Основные конструктивные элементы червячной фрезы

менее 5° . Поэтому в соответствии с ГОСТ 9324—80 Е для прецизионных фрез, предназначенных для обработки зубчатых колес 5—7-й степеней точности, наружный диаметр принимается на ступень больше, чем для нормальных фрез.

Длина фрезы в общем случае рассчитывается по формуле $l = 2h_{a0} \operatorname{ctg} \alpha_{n0} + x\pi m_0 + 2l_1$, где x — коэффициент, выбираемый из нижеприведенной таблицы:

m_0 , мм	До 2	Св. 2,0 до 5	Св. 5,0 до 15	Св. 15
x	13—7	5,5—3,5	3—2	1,8—1,4

l_1 — длина буртика, равная 3—6 мм.

В случае применения осевых передвижек рабочую длину фрез следует увеличить в 1,25—1,8 раза. При нарезании косозубых колес с $\beta > 20^\circ$ у фрезы выполняется заборный конус под углом $\varphi_K = 7 \div 10^\circ$ на длине $l_K = (5 \div 7) m_0$.

Заборный конус для правозаходных фрез делается на левой стороне, для левозаходных — на правой стороне фрезы, если смотреть на ее переднюю поверхность.

Диаметр посадочного отверстия d приближенно устанавливается по формуле

$$d \leq 0,625 (d_{a0} - 2H_k),$$

где H_k — глубина стружечной канавки.

Элементы профиля зубьев фрезы рассчитывают по следующим формулам.

Нормальный шаг $P_{n0} = \pi m_0 z_1$.

Осевой шаг

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} = \frac{\pi m_0 z_1}{\cos \gamma_{m0}}.$$

Толщина зуба в нормальном сечении на делительной прямой:

$$S_{n0} = P_{n0} - S_n \quad \text{для чистовых фрез;}$$

$$S_{n0} = P_{n0} - S_n - \Delta \quad \text{для черновых фрез,}$$

где S_n — толщина зуба колеса по дуге делительной окружности с учетом необходимого бокового зазора в передаче; Δ — припуск на чистовую обработку.

Высота головки зуба фрезы $h_{a0} = h_f$, где h_f — высота ножки зуба колеса. Высота зуба фрезы $h_0 = h_a + h_f + C$, где h_a — высота головки зуба колеса; $C = 0,25 m_0$.

Радиусы закругления на головке зуба фрезы

$$\rho_{a0} = \frac{C}{1 - \sin \alpha_{n0}}.$$

Радиусы закругления на ножке зуба фрезы $\rho_{f0} = (0,2 \div 0,3) m_0$. У фрез с $m_0 > 4$ мм рекомендуется у основания зубьев выполнять канавки для обеспечения возможности шлифования: ширина канавки $b_1 \approx 0,75$ мм; глубина канавки $h_1 = 0,5 \div 2,0$ мм; радиус канавки $\rho_1 = 0,6 \div 1,3$ мм.

Углы профиля зубьев фрез выполняют в зависимости от назначения (прецизионные или нормальные фрезы), возможностей изготовления и контроля. Профилирование червячных фрез может быть осуществлено на базе трех основных червяков: эвольвентного, архимедова, конвольютного.

Правильное зацепление с эвольвентным зубчатым колесом обеспечивает только эвольвентный червяк, поэтому спрофилированные на его базе червячные фрезы являются наиболее точными вследствие отсутствия органических погрешностей. Особенностью эвольвентного червяка является наличие криволинейного профиля в осевом или нормальном сечениях к виткам червяка; прямолинейный профиль у витка имеется лишь в сечении, касательном к основному цилиндру радиуса

$$r_{B0} = \frac{z_1 m_0 \cos \alpha_{B0}}{2 \sin \alpha_{B0}},$$

в котором образующая прямая наклонена к оси червяка под углом $\alpha_{\omega 0} = \arccos (\cos \alpha_{\omega} \cdot \cos \gamma_{m0})$, одинаковым для правой и левой сторон.

На базе эвольвентного червяка спроектированы и изготавливаются червячные фрезы модулей 1—10 мм класса точности ААА, а также могут быть изготовлены червячные фрезы модулей 1—20 мм класса точности АА (ГОСТ 9324—80 Е).

Для изготовления червячных фрез, спрофилированных на базе эвольвентного червяка, необходим специальный измерительный прибор для контроля червячных фрез типа БВ-5005 или PWF-300 фирмы «Клингелнберг» (*Klingelberg*, ФРГ).

Червячные фрезы, спрофилированные на базе архимедова червяка, имеют наибольшее приближение к эвольвентному и характеризуются прямолинейным профилем зубьев фрез в осевом сечении. Типичными представителями указанных фрез являются червячные фрезы с прямыми осевыми стружечными канавками. Угол профиля основного архимедова червяка $\alpha_{\text{чep}}$ определяется путем замены кривой осевого сечения эвольвентного червяка прямой линией по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{чep}} = \operatorname{tg} \gamma_{m0} \sqrt{1 - \left(\frac{d_{B0}}{d_{m0}} \right)^2},$$

где величины γ_{m0} , d_{m0} , d_{B0} рассчитываются по формулам, приведенным ниже.

Приблизительно, но с достаточной для практики точностью, $\alpha_{\text{чep}}$ может быть также определен по формуле

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{чep}} = \operatorname{ctg} \alpha_{\omega} \cdot \cos \gamma_{m0}.$$

Так как задние поверхности зубьев фрез являются винтовыми, отличными от поверхности основного червяка, то углы профиля зубьев фрезы в осевом сечении должны рассчитываться с учетом данного смещения, зависящего от величины затылования K , числа канавок фрезы z_0 , шага винтовой стружечной канавки P_z , направления витков (правозаходная или левозаходная нарезка). Для правозаходной фрезы поэтому имеем:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{xR0} = \operatorname{ctg} \alpha_{\text{чep}} - \frac{K z_0}{P_z};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{xL0} = \operatorname{ctg} \alpha_{\text{чep}} + \frac{K z_0}{P_z}.$$

Для левозаходных фрез вторые члены в формулах меняют знаки на обратные.

Червячные фрезы, спрофилированные на базе конволютного червяка, имеют прямолинейный трапецидальный профиль в нормальном сечении по витку или по впадине. Угол профиля зуба

Фрезы принимаются в данном случае равным углом профиля исходного контура зубчатой рейки, т. е.

$$\alpha_{xR0} = \alpha_{xL0} = \alpha_w = 20^\circ.$$

Углы резания должны иметь следующие значения. Передний угол γ_0 обычно принимается равным 0. В отдельных случаях для полустовых и черновых червячных фрез $\gamma_{a0} = 5 \div 10^\circ$. Задний угол на вершине α_{a0} устанавливается в пределах $10-12^\circ$. Задний угол на боковой режущей кромке в сечении, перпендикулярном к ней, определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_{b0} = \frac{r_{a0}}{r_x} \operatorname{tg} \alpha_{a0} \cdot \sin \alpha_{x0},$$

где r_x — радиус окружности расположения произвольной точки, для которой рассматривается угол α_{b0} . Желательно, чтобы значение α_{b0} не было меньше 3° .

Число зубьев (число стружечных канавок) z_0 может быть выбрано по эмпирической формуле $z_0 = 200/d_{a0} + (6 \div 7)$. Рекомендуются выбирать z_0 в соответствии со стандартными данными.

Величина затылования K подсчитывается по формуле

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg} \alpha_{a0}$$

и результат округляется до 0,5 мм. Величина дополнительного затылования K_1 у фрез со шлифованным профилем равна $K_1 = (1,2 \div 1,5) K$ с соответствующим округлением в большую или меньшую сторону до 0,5 мм.

Элементы стружечной канавки. Глубина канавки для фрез со шлифованным профилем

$$h_K = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + (1 \div 1,5);$$

для фрез с нешлифованным профилем

$$h_K = h_0 + K + 0,5.$$

Радиус закругления основания канавки

$$\rho_K = \frac{\pi (d_{a0} - 2h_K)}{10z_0}.$$

Угол профиля канавки θ_K принимается равным 25° или 30° .

Выбор направления червячной нарезки и винтовых стружечных канавок. Для прямозубых колес направление нарезки не имеет значения, поэтому фрезы для них проектируются правозаходными. Для колес с правым направлением зубьев применяются правозаходные фрезы, и наоборот.

Винтовые стружечные канавки у фрезы выполняются с противоположным виткам направлением. Фрезы с углом подъема витка $\gamma_{m0} \leq 6^\circ$ могут быть изготовлены с прямыми осевыми стружечными канавками.

13.19. Методика расчета * элементов профиля червячных фрез с положительным передним углом γ_{a0}

Расчетный параметр	Расчетная формула
Диаметр впадин профиля зуба червячной фрезы	$d_{i0} = d_{a0} - 2h_0$
Передний угол фрезы на диаметре впадин	$\sin \gamma_{i0} = \frac{d_{a0} \sin \gamma_{a0}}{d_{i0}}$
Осевой шаг фрезы	$P_{x0} = \frac{\pi m_0 z_{10}}{\cos \gamma_{m0}}$
Максимальное линейное искажение профиля зуба фрезы из-за наличия переднего угла	$\Delta_\gamma = \frac{P_{x0} (\gamma_{i0} - \gamma_{a0})}{360^\circ}$
Высота профиля зуба фрезы по передней поверхности	$h_{01} = \frac{d_{i0} \sin (\gamma_{i0} - \gamma_{a0})}{2 \sin \gamma_{a0}}$
Правый и левый углы профиля зуба фрезы по передней поверхности (верхние знаки относятся к правозаходным фрезам, нижние — к левозаходным)	$\operatorname{tg} \alpha_R = \frac{h_0 \frac{\operatorname{tg} \alpha_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} \mp \Delta_\gamma}{h_{01}} ;$ $\operatorname{tg} \alpha_L = \frac{h_0 \frac{\operatorname{tg} \alpha_{n0}}{\cos \alpha_{m0}} \pm \Delta_\gamma}{h_{01}}$

* Исходные расчетные данные фрезы: d_{a0} — наружный диаметр; α_{n0} — исходный угол профиля; γ_{a0} — передний угол; h_0 — высота зуба полная; γ_{m0} — угол подъема винтовой линии.

Средний расчетный диаметр

$$d_{m0} = d_{a0} - 2h_{a0} - (0,25 \div 0,3) K.$$

Угол подъема винтовой линии витка

$$\sin \gamma_{m0} = mz_c / d_{m0}.$$

Шаг винтовой стружечной канавки

$$P_z = \pi d_{m0} \operatorname{ctg} \gamma_{m0}.$$

Элементы профиля зубьев фрез с $\gamma_{a0} > 0$ могут быть рассчитаны по методике, приведенной в табл. 13.19.

Стандартные цельные червячные фрезы. В условиях серийного и мелкосерийного производства цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем наибольшее применение находят фрезы червячные однозаходные (ГОСТ 10331—81 и ГОСТ 9324—80 Е). Основные конструктивные и расчетные размеры профиля червячных фрез модулей 0,15—0,9 мм (ГОСТ 10331—81 Е) представлены

на рис. 13.19 и в табл. 13.20—13.21, а червячных фрез модулей 1—25 мм типов 1, 2 и 3 (ГОСТ 9324—80 Е) — на рис. 13.18 и в табл. 13.22—13.25.

В соответствии с техническими требованиями червячные фрезы должны изготавливаться из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265—73*) с твердостью рабочей части 63—66 HRC_a, при этом твердость рабочей части фрез, изготовленных из быстрорежущей стали с содержанием ванадия 3 % и более и кобальта 5 % и более, должна быть 64—67 HRC_a.

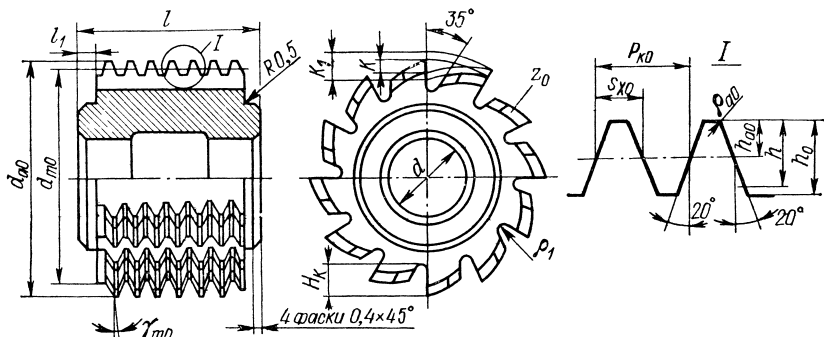


Рис. 13.19. Мелкомодульная червячная фреза (ГОСТ 10331—81Е)

Шлифованная часть фрез, обеспечивающая требуемую точность профиля, должна быть не менее $1/2$ длины зуба, считая по окружности вершин зубьев для фрез модулей 0,15—4 мм, и $1/3$ длины зуба — для фрез модулей свыше 4 мм.

Шпоночный паз должен быть изготовлен по ГОСТ 9472—83; предельные отклонения по наружному диаметру, диаметру буртиков и общей длины устанавливаются по качеству h 16 (СТ СЭВ 144—76).

Параметры шероховатости поверхностей фрез модулей 0,15—25 мм не должны превышать значений, приведенных в табл. 13.26, а допуски и предельные отклонения параметров фрез модулей 0,15—0,9 мм и модулей 1—25 мм не должны превышать значений, приведенных соответственно в табл. 13.27 и 13.28.

Стандартные конструкции червячных фрез отличаются большой универсальностью применения.

Фрезы изготавливаются трех типов — 1, 2 и 3. Тип 1 — цельные прецизионные червячные фрезы модулей 1—10 мм классов точности AAA и AA увеличенных габаритных размеров, что позволяет свести к минимуму органические погрешности их профилирования на базе архимедова или конволютного червяков.

Тип 2 — цельные фрезы модулей 1—14 мм классов точности AA, A, B, C, D и модулей 16—20 мм классов точности AA и A. Фрезы типа 2 модулей 1—10 мм имеют два исполнения — нормальной длины и увеличенной длины.

**13.20. Основные размеры мелко модульных червячных фрез
(ГОСТ 10331—81 Е), мм**

m_0	d_{a0}	d	d_1	l	l_1	K	K_1	H_K	z_0
0,15; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25	25	8	16	12	3	1,5	2,0	4	10
0,28; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50	25	8	16	16	3	1,5	2,0	4	10
0,15; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90	32	13	20	16	3	2,0	3,0	5	10
0,5; 0,55; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90	40	16	25	28	4	2,0	3,0	6	12

13.21. Размеры профиля зубьев червячных фрез (ГОСТ 10331—81 Е), мм

m_0	h_0	h_{a0}	h	P_{x0}	S_{x0}	ρ_{a0}
0,15	0,406	0,203	0,353	0,471	0,236	0,07
0,18	0,486	0,243	0,428	0,565	0,283	0,08
0,20	0,540	0,270	0,470	0,628	0,314	0,09
0,22	0,594	0,297	0,517	0,691	0,346	0,10
0,25	0,676	0,338	0,589	0,785	0,393	0,11
0,28	0,756	0,378	0,658	0,880	0,440	0,12
0,30	0,810	0,405	0,705	0,942	0,471	0,13
0,35	0,946	0,473	0,824	1,100	0,550	0,15
0,40	1,080	0,540	0,940	1,257	0,629	0,18
0,45	1,216	0,608	1,059	1,414	0,707	0,20
0,50	1,350	0,675	1,175	1,571	0,786	0,22
0,55	1,486	0,743	1,294	1,728	0,864	0,24
0,60	1,620	0,810	1,410	1,885	0,943	0,26
0,70	1,890	0,945	1,645	2,199	1,100	0,31
0,80	2,160	1,080	1,880	2,513	1,257	0,35
0,90	2,430	1,215	2,115	2,827	1,414	0,40

**13.22. Основные и расчетные размеры червячных фрез типа 1
(ГОСТ 9324—80 Е), мм**

m_0	d_{a0}	d	d_1	l	l_1	d_{m0}	γ_{m0}	P_2	K	z_0
1,0 1,125 1,25	71	32	50	71	5	67,6 67,29 66,98	0° 51' 0° 57' 1° 04'	14 352 12 641 11 273	3,0	16
1,375 1,5 1,75	80		55	80		75,66 75,35 74,72	1° 02' 1° 08' 1° 21'	13 080 11 890 10 021		
2,0 2,25	90		60	90		83,80 83,17	1° 22' 1° 33'	11 028 10 441		
2,5 2,75	100	65	100	92,40 91,75		1° 33' 1° 43'	10 726 96 176			

m	d_{ac}	d	d_1	l	l_1	d_{m0}	γ_{m0}	P_z	K	z_0
3,0 3,25 3,5 3,75	112	40	70	112	5	103,00 102,37 101,75 101,12	1° 40' 1° 49' 1° 58' 2° 08'	11 104 10 125 9 367 8 561	5,0	14
4,0 4,25 4,5	125	50	80	125		113,24 112,57 112,10	2° 01' 2° 10' 2° 18'	10 058 9 361 8 766	6,0 5,5	
5,0 5,5	140		85	140		125,55 124,30	2° 17' 2° 32'	9 896 8 816	6,5	
6,0 6,5 7,0	160	60	90	155		142,45 141,20 139,95	2° 25' 2° 38' 2° 52'	10 616 9 626 8 779	8,5	
8,0 9,0 10,0	180		95	175		157,00 154,50 152,00	2° 55' 3° 21' 3° 46'	9 667 8 318 7 245	10	
			180		6					12

13.23. Основные и расчетные размеры червячных фрез типа 2 (ГОСТ 9324—80 Е), мм

m_0	d_{a0}	d	d_1	l		l_1	d_{m0}	K	z_0	
				Исполнение						
				1	2					
1	40	16	25	32	50	4	36,75	2,5	12	
1,125 1,25 1,375	50	22	33	32 32 40 40	50 63 70 70		46,75 46,44 46,13 45,81			
1,5 1,75 2	63	27	40	50 50 50	80 80 90		58,35 57,73 57,10			3,0
2,25 2,5 2,75	71			56 63 63	90 100 100		64,48 63,85 63,23			
3 3,25 3,5	80	32	50	71 71 71	112 112 125		71,30 70,68 70,05	4,0		10
3,75 4 4,25 4,5	90			80 80 90 90	125 140 140 140		79,28 78,65 78,48 77,85	4,5		
5	100			100	140		86,50	5,0		
5,5 6	112			40	60		112 112	160 160		

m_0	d_{a1}	d	d_1	l		l_i	d_{m0}	K	z_0	
				полнение						
				1	2					
6,5 7	118	40	60	118 125	160 160	4	100,55 99,30	6,5	9	
8 9	125 140			152 150	180 180		103,66 115,90	7,0 8,0		
10 11 12 14	150 160 170 190	50	75 85	170 180 200 224	200 — — —	5	123,30 130,7 138,1 152,9	8,5 9,0 9,5 10,5		
16 18 20	212 236 250			250 280 300	—		169,3 188,0 196,8	13,5 15,0 16,0		
		60	100			6				8

13.24. Основные и расчетные размеры червячных фрез типа 3
(ГОСТ 9324—80 Е), мм

m_0	d_{a0}	d	l	d_{m0}	γ_{m0}	K	z_0
8	180	50	165	156,4	2° 56'	12	10
9	200	60	170	173,6	2° 58'	13	10
10	200	60	210	171,1	3° 21'	13	10
	180	40	180	155	3° 43'	15	8
11	212	60	215	180,3	3° 30'	14	10
	180	40	180	152,5	4° 08'	15	8
12	225	60	240	189,8	3° 38'	14	10
	200	50	200	170	4° 03'	16,5	8
14	250	70	240	210,2	3° 49'	16	10
	200	50	200	165	4° 52'	16,5	8
16	265	70	270	219,9	4° 10'	17	10
	225	50	225	185	4° 58'	18,5	8
18	280	80	290	229,6	4° 30'	18	10
	225	50	225	180	5° 44'	18,5	8
20	300	80	310	244	4° 42'	20	10
	250	60	250	200	5° 44'	21	8
22	320	80	330	260,8	4° 50'	21	10
	270	70	325	215,2	5° 52'	19	8
25	340	80	360	273,1	5° 15'	22	10
	305	70	360	242,5	5° 55'	21	8

13.25. Размеры профиля зубьев червячных фрез (ГОСТ 9324—80 Е), мм, с углом профиля $\alpha_{nR0} = \alpha_{nL0} = 20^\circ$

m_0	Нормальное сечение				Осевое сечение					
	P_{n0}	S_{n0}	h_0	h_{a0}	P_{x0}		α_{xR0}		α_{xL0}	
					для фрез типов					
					1	2	1	2	1	2
1	3,142	1,67	2,50	1,25	3,142	3,142	20° 01'	20° 01'	19° 59'	19° 58'
1,125	3,534	1,87	2,80	1,41	3,535	3,535	20° 02'	20° 02'	19° 59'	19° 58'
1,25	3,927	2,06	3,13	1,56	3,928	3,928	20° 02'	20° 03'	19° 58'	19° 58'
1,375	4,320	2,26	3,44	1,72	4,321	4,322	20° 02'	20° 03'	19° 58'	19° 58'
1,5	4,712	2,47	3,75	1,88	4,713	4 714	20° 02'	20° 02'	19° 58'	19° 58'
1,75	5,498	2,86	4,38	2,19	5,499	5,500	20° 02'	20° 03'	19° 59'	19° 58'
2	6,283	3,25	5,00	2,50	6,285	5,287	20° 02'	20° 03'	19° 58'	19° 58'
2,25	7,068	3,64	5,63	2,81	7,071	7,073	20° 02'	20° 03'	19° 59'	19° 58'
2,5	7,854	4,07	6,25	3,13	7,857	7,860	20° 02'	20° 04'	19° 58'	19° 58'
2,75	8,639	4,46	6,88	3,44	8,643	8,648	20° 03'	20° 04'	19° 58'	19° 58'
3	9,425	4,85	7,50	3,75	9,429	9,433	20° 02'	20° 04'	19° 58'	19° 58'
3,25	10,210	5,25	8,13	4,06	10,215	10,221	20° 03'	20° 05'	19° 58'	19° 58'
3,5	10,996	5,64	8,75	4,38	11,002	11,009	20° 03'	20° 04'	19° 58'	19° 58'
3,75	11,781	6,03	9,38	4,69	11,789	11,794	20° 03'	20° 05'	19° 58'	19° 58'
4	12,566	6,45	10,00	5,00	12,574	12,583	20° 03'	20° 05'	19° 58'	19° 58'
4,25	13,352	6,85	10,63	5,31	13,361	13,371	20° 04'	20° 06'	19° 58'	19° 58'
4,5	14,137	7,24	11,25	5,63	14,148	14,161	20° 04'	20° 06'	19° 58'	19° 58'
5	15,708	8,02	12,50	6,25	15,720	15,734	20° 04'	20° 06'	19° 58'	19° 58'
5,5	17,279	8,81	13,75	6,88	17,296	17,307	20° 05'	20° 06'	19° 58'	19° 57'
6	18,849	9,63	15,00	7,50	18,866	18,877	20° 04'	20° 07'	19° 58'	19° 57'
6,5	20,420	10,41	16,25	8,13	20,442	20,463	20° 05'	20° 07'	19° 58'	19° 58'
7	21,991	11,22	17,5	8,75	22,018	22,046	20° 05'	20° 08'	19° 58'	19° 58'
8	25,133	12,79	20,00	10,0	25,165	25,208	20° 06'	20° 09'	19° 57'	19° 57'
9	28,274	14,36	22,50	11,25	28,332	28,360	20° 07'	20° 10'	19° 57'	19° 57'
10	31 416	15,93	25,00	12,50	31,483	31,520	20° 08'	20° 10'	19° 57'	19° 57'
11	34,557	17,58	27,50	13,75	—	34,681	—	20° 11'	—	19° 57'
12	37,699	19,15	30,00	15,00	—	37,842	—	20° 11'	—	19° 57'

m_0	Нормальное сечение				Осевое сечение					
	P_{n0}	S_{n0}	h_0	h_{a0}	P_{x0}		α_{xR0}		α_{xL0}	
					для фрез типов					
					1	2	1	2	1	?
14	43,982	22,29	35,00	17,50	—	44,168	—	20° 12'	—	19° 57'
16	50,265	25,43	40,00	20,00	—	50,491	—	20° 13'	—	19° 57'
18	56,549	28,67	45,00	22,50	—	56,810	—	20° 13'	—	19° 57'
20	62,832	31,82	50,00	25,00	—	63,159	—	20° 14'	—	19° 57'
22	69,115	34,96	55,00	27,50	—	—	—	—	—	—
25	78,540	39,67	62,5	31,25	—	—	—	—	—	—

13.26. Параметры шероховатости поверхностей червячных фрез

Поверхность, параметр шероховатости, мкм	Класс точности													
	AAA		AA			A			B			C, D		
	Модули, мм													
	До 0,9	От 1 до 10	До 0,9	От 1 до 10	Св 10 до 25	До 0,9	От 1 до 10	Св. 10 до 25	До 0,9	Св 1 до 3,5	Св 3,5 до 10	Св. 10 до 25	От 1 до 10	Св. 10 до 25
Посадочное отверстие, R_a	0,2	0,16	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	1,6
Передняя поверхность, R_z	1,6	1,6	3,2	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Задняя боковая поверхность зуба, R_z	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Задняя поверхность по вершинам зубьев, R_z	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Цилиндрическая поверхность буртика, R_z	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Торец буртика, R_a	0,2	0,32	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6

13.27. Допуски и предельные отклонения параметров
мелкомодульных червячных фрез (ГОСТ 10331—81 Е)

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски, мкм, при m_0 , мм	
			до 0,5	до 0,9
Диаметр посадочного отверстия	f_d	AAA AA A B	H4 H4 H5 H6	
Радиальное биение буртиков	f_r	AAA AA A B	3 3 4 5	
Торцовое биение буртиков	f_t	AAA AA A B	3 3 4 5	
Радиальное биение по вершинам зубьев	f_{rd}	AAA AA A B	6 9 10 15	6 10 12 18
Профиль передней поверхности	f_p	AAA AA A B	6 10 14 18	8 12 16 20
Разность соседних окружных шагов стружечных канавок	f_{u0}	AAA AA A B	8 12 16 20	10 14 20 25
Накопленная погрешность окружного шага стружечных канавок	F_{P0}	AAA AA A B	12 18 20 25	16 20 22 30
Профиль зубьев	f_{f0}	AAA AA A B	2 3,5 5 6	2,5 4 6 8
Толщина зуба (только в минус)	T_{S0}	AAA AA A B	10 16 20 25	12 20 25 32
Винтовая линия фрезы от зуба к зубу	f_{h10}	AAA AA A B	2 3 4 6	2,5 4 5 8
Винтовая линия фрезы на одном обороте	f_{h0}	AAA AA A B	3 5 6 10	3,5 6 8 12

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски, мкм, при m_0 , мм	
			до 0,5	до 0,9
Винтовая линия фрезы на двух оборотах	f_{h_20}	AAA AA A B	4 6 8 12	4 8 10 16
Погрешность зацепления от зуба к зубу	$F_{Pl,10}$	AAA AA A B	2 3 5 6	3 4 6 8
Погрешность зацепления по всей длине	F_{Pb0}	AAA AA A B	4 6 8 10	4 8 10 12
Осевой шаг вдоль рейки от зуба к зубу	f_{Px0}	A B	$\pm 3,5$ $\pm 4,0$	$\pm 4,5$ $\pm 5,0$
Накопленное отклонение осевого шага на длине двух шагов	f_{Px_20}	A B	$\pm 4,5$ $\pm 5,0$	$\pm 5,0$ $\pm 6,0$

13.28. Допуски и предельные отклонения параметров червячных фрез
(ГОСТ 9324—80 Е)

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски, мкм, при m_0 , мм					
			от 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 16	св. 16 до 25
Диаметр посадочного отверстия	f_d	AAA AA и A B и C D	H4 H5 H6 H7					
Радиальное биение буртиков	f_y	AAA AA A B C D	3 5 5 6 10 16	3 5 5 8 12 25	4 5 6 10 16 32	4 5 8 12 20 40	— 6 10 16 20 40	— 8 12 16 20 40
Торцовое биение буртиков	f_t	AAA AA A B C D	3 3 3 4 8 12	3 3 4 5 10 16	3 4 5 6 12 20	3 5 6 8 16 25	— 5 8 10 16 25	— 6 10 12 16 16 25

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски, мкм, при m_0 , мм					
			от 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 16	св. 16 до 25
Радиальное биение по вершинам зубьев	f_{rda}	AAA	8	10	12	16	—	—
		AA	12	16	20	25	32	40
		A	20	25	32	40	50	63
		B	32	40	50	63	80	100
		C	50	63	80	100	125	160
		D	80	100	125	160	200	250
Профиль передней поверхности	f_v	AAA	8	10	12	16	—	—
		AA	12	16	20	25	32	40
		A	20	25	32	40	50	63
		B	32	40	50	63	80	100
		C	63	80	100	125	160	200
		D	100	125	160	200	250	340
Разность соседних окружных шагов	f_{u0}	AAA	10	12	16	20	—	—
		AA	12	16	20	25	32	40
		A	20	25	32	40	50	63
		B	32	40	50	63	80	100
		C	63	80	100	125	160	200
		D	100	125	160	200	250	315
Накопленная погрешность окружного шага стружечных канавок	F_{P0}	AAA	18	20	25	32	—	—
		AA	25	32	40	50	63	80
		A	40	50	63	80	100	125
		B	63	80	100	125	160	200
		C	125	160	200	250	315	400
		D	200	250	315	400	500	600
Направление стружечных канавок	f_x	AAA	± 40				—	
		AA	± 63				± 50	
		A	± 80				± 70	
		B	± 100					
		C	± 125					
		D	± 160					
Профиль зуба	f_{f0}	AAA	3	4	5	6	—	—
		AA	5	6	8	10	12	16
		A	8	10	12	16	20	25
		B	12	16	20	25	32	40
		C	20	25	32	40	50	63
		D	40	50	63	80	100	125
Толщина зубьев	T_{S0}	AAA	—8	—10	—12	—16	—	—
		AA	—16	—20	—25	—32	—40	—50
		A	—25	—32	—40	—50	—63	—80
		B	—32	—40	—50	—63	—80	—100
		C	—50	—63	—80	—100	—125	—160
		D	—80	—100	—125	—160	—200	—250

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски, мкм, при m_0 , мм					
			от 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 16	св. 16 до 25
Осевой шаг	f_{Px0}	AAA AA A B C D	— — — ± 8 ± 12 ± 22	— — — ± 10 ± 14 ± 25	— — — ± 12 ± 18 ± 32	— — — ± 14 ± 22 ± 40	— — — ± 16 ± 25 ± 50	— — — ± 20 ± 32 ± 70
Накопленное отклонение шага на длине любых трех шагов	$f_{Px,0}$	AAA AA A B C D	— — — ± 12 ± 18 ± 32	— — — ± 16 ± 22 ± 40	— — — ± 20 ± 25 ± 50	— — — ± 25 ± 32 ± 63	— — — ± 25 ± 40 ± 80	— — — ± 32 ± 50 ± 100
Винтовая линия фрезы от зуба к зубу	$f_{h,0}$	AAA AA A B C D	3 4 6 10 16 —	3 5 8 12 20 —	4 6 10 16 25 —	4 8 12 20 32 —	— 10 16 25 40 —	— 12 20 32 50 —
Винтовая линия фрезы на одном обороте	f_{h0}	AAA AA A B C D	5 6 10 16 25 —	6 8 12 18 32 —	7 10 14 22 40 —	8 12 20 32 50 —	— 16 25 40 63 —	— 20 32 50 80 —
Винтовая линия фрезы на трех оборотах	$f_{h,0}$	AAA AA A B C D	6 8 14 25 40	8 10 16 28 50	10 14 20 32 63	12 16 32 50 80	— 25 40 63 100	— 32 50 80 125
Погрешность зацепления от зуба к зубу	$F_{Pb,0}$	AAA AA A B C D	3 4 6 10 16	4 5 8 12 20	4 6 10 16 25	5 8 12 20 32	— 10 16 25 40	— 12 20 32 50
Погрешность зацепления на длине активной части	F_{Pb0}	AAA AA A B C D	7 8 12 16 32	8 10 14 22 40	8 12 18 28 50	10 16 25 40 63	— 20 32 50 80	— 25 40 63 100

Тип 3 — сборные фрезы модулей 8—25 мм классов точности А, В, С и D. Изготавливаются в диапазоне модулей 10—25 мм двух исполнений — нормальных и уменьшенных габаритных размеров (d_{a0} , d , l). Конструкция сборных червячных фрез типа 3 представлена на рис. 13.20. По чертежам завода «Фрезер» фрезы данного типа производятся также в диапазоне модулей 25—32 мм.

Профиль зубьев стандартных фрез обычно не имеет модификаций, однако фрезы классов точности АА и А могут быть изготовлены с модификацией у ножки зуба, размеры которой оговорены ГОСТ 9324—80.

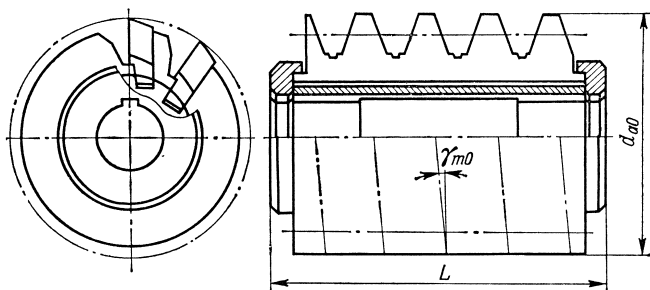


Рис. 13.20. Сборная червячная фреза типа 3 (ГОСТ 9324—80Е)

Многозаходные червячные фрезы. Прогрессивным направлением в области черновой, получистовой и в некоторых случаях чистовой обработки является применение многозаходных червячных фрез. Эффективность их применения определяется возможностью значительного снижения машинного времени по сравнению с однозаходными фрезами. При конструировании многозаходных червячных фрез приходится учитывать большое число различных факторов, которые оказывают влияние на процесс зубофрезерования.

Следует отметить, что преимущество многозаходных фрез реализуется прежде всего при нарезании зубчатых колес с числом зубьев более 25 и наличии достаточно жестких и скоростных зубофрезерных станков.

Уменьшение числа профилирующих режущих кромок у многозаходных фрез прямо пропорционально увеличению числа заходов. Если этот факт имеет второстепенное значение для чернового и получистового зубофрезерования, то при чистовом нарезании колес это нежелательно, поэтому для компенсации потери точности стремятся изготавливать фрезы с большим числом стружечных канавок [264, 266]. При этом необходимо, чтобы число стружечных канавок фрезы не было кратно числу ее заходов, а число заходов не было кратным числу зубьев нарезаемого колеса, так как в этом случае компенсируются погрешности деления фрезы на заходы. Обязательным условием эффективного применения

многозаходных фрез является выполнение их с увеличенной в 1,25—1,5 раза длиной по сравнению со стандартными фрезами для работы на зубофрезерных станках с осевыми передвижками. Поэтому все современные зубофрезерные станки имеют устройства для осевых перемещений фрезы после обработки каждого колеса или заданного числа колес. Осевые передвижки способствуют обеспечению равномерного износа фрезы, увеличению времени ее работы между переточками, что позволяет значительно форсировать режимы резания, добиваться дополнительного повышения производительности обработки зубчатых колес.

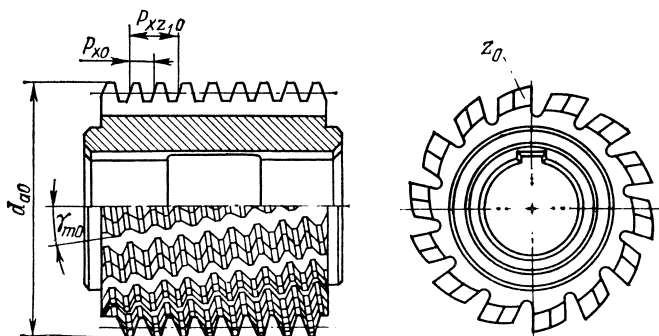


Рис. 13.21. Многозаходная червячная фреза

Расчет многозаходных червячных фрез принципиально ничем не отличается от расчета обычных червячных фрез, за исключением несколько иного подхода к выбору основных конструктивных элементов, о чем уже говорилось выше, и необходимости расчета осевого шага захода $P_{xz10} = z_{10}P_{x0}$ для прорезки витков червяка и контроля точности винтовой линии фрезы.

Для нарезания цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем могут быть рекомендованы конструкции многозаходных червячных фрез по отраслевому стандарту ОСТ 2И41-3—85 Минстанкопрома. По данному стандарту изготавливаются одно- и многозаходные полуступенчатые червячные фрезы (рис. 13.21) модулей 1—10 мм с числом заходов 1—4, классов точности А, В, С и D. Классификация данных червячных фрез представлена в табл. 13.29.

Червячные фрезы в диапазоне модулей 1—10 мм могут быть четырех типов:

1 — фрезы с профилем зубьев под шевингование (табл. 13.30) классов точности А (с $z_{10} = 2$), В и С (с $z_{10} = 2; 3; 4$) и габаритными размерами типа 1 по ГОСТ 9324—80 Е;

2 — фрезы с профилем зубьев под шлифование (табл. 13.31) классов точности В, С и D (с $z_{10} = 2; 3; 4$) и габаритными размерами типа 1 по ГОСТ 9324—80 Е;

13.29. Классификация применяемых одно- и многозаходных червячных фрез для полустойковой обработки цилиндрических зубчатых колес

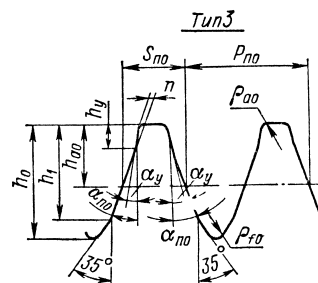
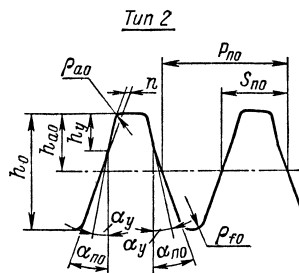
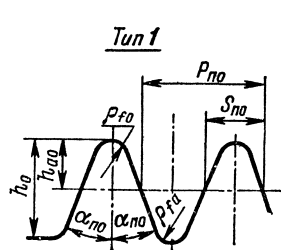
m_b	Тип фрезы	Число заходов z_{10}	Класс точности изготовления по техническим условиям ГОСТ 9324—80 Е	Габаритные размеры	Число стружечных канавок z_0	
1,0—1,75	Тип 1 под шевингование и тип 2 под шлифование	2	A, B, C, D	Соответствуют габаритным размерам червячных фрез типа 1 по ГОСТ 9324—80Е	16	
2,0—2,75		3	B, C, D		15	
		4			16	
		2			A, B, C, D	14
3,0—5,0		3	B, C, D		15	
		4			16	
		2			A, B, C, D	14
5,5		3	B, C, D		15	
		2			A, B, C, D	14
						6,0—7,0
8,0—10,0	10					
1,0—2,5	Тип 3 под шевингование и тип 4 под шлифование	1	A, B, C, D	Соответствуют габаритным размерам червячных фрез типа 2 по ГОСТ 9324—80Е	12	
2,75		2	B, C, D			
		3				
		1				A, B, C, D
3,0—6,0		2	B, C, D		10	
		6,5—10,0	1			A, B, C, D
Примечание. Червячные фрезы типов 2 и 4 изготавливаются только классов точности B C и D.						

3 — фрезы с профилем зубьев под шевингование (табл. 13.30) классов точности A (с $z_{10} = 1$), B и C (с $z_{10} = 1; 2; 3$) и габаритными размерами типа 2 по ГОСТ 9324—80 Е;

4 — фрезы с профилем зубьев под шлифование (табл. 13.31) классов точности B, C и D (с $z_{10} = 1; 2; 3$) и габаритными размерами типа 2 по ГОСТ 9324—80 Е.

Все червячные фрезы изготавливаются как нормальной, так и увеличенной длины для возможности применения их в различных производственных условиях, в том числе и с осевыми передвижками, с передним углом $\gamma_{a0} = 0$ и $\gamma_{a0} = 5^\circ$. При этом фрезы с $\gamma_{a0} = 0$ могут иметь прямые осевые и винтовые стружечные канавки, а с $\gamma_{a0} = 5^\circ$ — только прямые осевые стружечные канавки.

13.30. Основные размеры, мм, профиля зубьев в нормальном сечении многозаходных червячных фрез под шевингование при $\gamma_{a0} = 0$



m_0	Тип фрезы	h_0	h_{a0}	S_{n0}	h_y	n	h_1	α_{n0}	α_y	ρ_{a0}	ρ_{f0}
1,0	1	2,6	1,35	1,62	—	—	—	18° 40′	—	0,2	0,3
1,125		2,92	1,52	1,82				18° 50′			
1,25		3,25	1,69	2,02				19°		0,3	0,5
1,375		3,57	1,86	2,22							
1,5		3,9	2,02	2,42							
1,75		4,55	2,36	2,82							
2,0	2	5,2	2,70	3,18	1,0	0,085	—	20°	13° 43′	0,35	0,6
2,25		5,85	3,04	3,57	1,1	0,095			14° 23′	0,40	0,65
2,5		6,5	3,37	3,98	1,25				14° 21′	0,45	0,70
2,75		7,15	3,71	4,37	1,35				14° 51′	0,50	0,80
3,0		7,8	4,05	4,76	1,45				15° 16′	0,55	0,90
3,25		8,45	4,39	5,16	1,60				15° 38′	0,60	0,95
3,5		9,10	4,72	5,55	1,70	15° 39′					

m_0	Тип фрезы	h_0	h_{a0}	S_{n0}	h_y	n	h_1	α_{n0}	α_y	ρ_{a0}	ρ_{f0}
3,75	3	9,75	5,06	5,94	1,85	0,095	7,8	20°	16° 30'	0,65	0,65
4,0		10,40	5,40	6,34	1,95	0,105	8,5		16° 18'	0,70	0,70
4,25		11,05	5,74	6,74	2,10		9,0		16° 35'	0,75	0,75
4,5		11,70	6,07	7,13	2,20		9,5		16° 43'	0,80	0,80
5,0		13,0	6,75	7,91	2,45	0,115	10,6		17° 03'	0,90	0,90
5,5		14,3	7,42	8,70	2,70		11,7		17° 20'	1,0	1,0
6,0		15,6	8,1	9,5	2,95		12,8		17° 19'	1,1	1,1
6,5		16,9	8,77	10,28	3,15		14,0		17° 30'	1,15	1,15
7,0		18,2	9,45	11,08	3,4	0,120	15,0		17° 35'	1,25	1,25
8,0		20,8	10,80	12,65	3,9		17,3		17° 55'	1,45	1,45
9,0		23,40	12,15	14,22	4,4		19,6		18° 09'	1,6	1,6
10,0		26,0	13,5	15,79	4,85		21,9		18° 19'	1,8	1,8

13.31. Основные размеры, мм, профиля зубьев в нормальном сечении многозаходных червячных фрез под шлифование при $\gamma_{a0} = 0$ (см. рисунки в табл. 13.30)

m_0	Тип фрезы	h_0	h_{a0}	S_0	h_y	n	α_{n0}	α_y	ρ_{a0}	ρ_{f0}	Припуск под шлифование на толщину зуба
1,0	1	2,6	1,35	1,57	—	—	17° 16'	—	0,2	0,3	0,20
1,125		2,92	1,52	1,77			17° 34'				
1,25		3,25	1,69	1,93			17° 16'		0,3 0,4	0,4	0,25
1,375		3,57	1,86	2,13			17° 31'				
1,50		3,90	2,02	2,34			17° 44'		0,5 0,6	0,45 0,50	0,30
1,75		4,55	2,36	2,71			17° 40'				
2,0		5,20	2,7	3,10			17° 57'		0,7	0,6	

m_0	Тип фрезы	h_0	h_{a0}	S_0	h_y	n	α_{n0}	α_y	ρ_{a0}	ρ_{f0}	Припуск под шлифование на толщину зуба
2,25	2	5,85	3,04	3,29	1,60	0,1	20°	14° 38'	0,7	0,65	0,35
2,50		6,5	3,37	3,72	1,75			15° 20'	0,75		
2,75		7,15	3,71	4,11				15° 32'	0,80		
3,0		7,8	4,05	4,45	2,0	0,13		15° 03'	0,9	0,70	0,40
3,25		8,45	4,39	4,85	2,10			15° 20'	1,0		
3,50		9,10	4,72	5,24	2,25			15° 28'	1,05		
3,75		9,75	5,06	5,58	2,45	0,15		15° 15'	1,15	0,75	0,45
4,0		10,40	5,40	6,0	2,50			15° 37'	1,20		
4,25		11,05	5,74	6,40	2,60			15° 49'	1,30		
4,5		11,70	6,07	6,74	2,85	0,16		15° 31'	1,35	0,80	0,50
5,0		13,0	6,75	7,52	3,10			15° 43'	1,50		
5,5		14,3	7,42	8,26	3,45	0,18		15° 38'	1,65	1,0	0,55
6,0		15,6	8,10	9,08	3,55			16° 01'	1,8		
6,5		16,9	8,77	9,81	3,9	0,19		15° 55'	1,95	1,2	0,60
7,0		18,2	9,45	10,62	4,0			16° 12'	2,10		
8,0		20,8	10,8	12,14	4,5	0,20		16° 14'	2,40	1,4	0,65
9,0	23,4	12,15	13,66	5,15	0,24	16° 11'	2,70	1,6	0,70		
10,0	26,0	13,5	15,18	5,7	0,26	16° 13'	3,0	1,8	0,75		

13.32. Допуски и предельные отклонения параметров многозаходных червячных фрез

Параметр	Обозначение	Класс точности	Отклонения и допуски, мкм, при m_0 , мм			
			от 1 до 2	Св. 2 до 3,5	Св. 3,5 до 6	Св. 6 до 10
Параметры по ГОСТ 9324—80 Е	$f_d, f_y, f_t, f_{rda}, f_{\gamma}, f_{u0}, F_{p0}, f_{f0}, T_{S0}, f_{h10}, f_{h0}, f_{h30}, F_{pn10}, F_{pb0}$	A B C D	По ГОСТ 9324—80Е			
Отклонение осевого шага между заходами (отклонение осевого шага между одномерными режущими кромками соседних зубьев, измеренное вдоль любой из стружечных канавок на длине, равной шагу захода)	f_{px0}	A B C D	± 8 ± 12 ± 20 ± 32	± 10 ± 16 ± 25 ± 40	± 12 ± 20 ± 32 ± 50	± 16 ± 25 ± 40 ± 63
Отклонение осевого шага захода	f_{pxz1}	A B C D	— ± 8 ± 12 ± 20	— ± 10 ± 16 ± 25	— ± 12 ± 20 ± 32	— ± 16 ± 25 ± 40
Примечание. В соответствии с ГОСТ 9324—80 Е контроль червячных фрез класса точности А производится только по 1-й или 2-й группе проверок, класса точности В и С — по 1, 2 и 3-й группам проверок, класса точности D — только по 3-й группе проверок						

Допускаемые предельные отклонения многозаходных червячных фрез регламентируются техническими требованиями для классов точности А, В, С (ГОСТ 9324—80 Е) за исключением предельных отклонений шага захода и шага между заходами, входящих в комплекс проверок многозаходных червячных фрез и приведенных в табл. 13.32.

В практике многозаходные червячные фрезы изготавливаются как цельной, так и сборной конструкций. Основные особенности сборных конструкций представлены ниже на примере сборных червячных фрез с поворотными рейками, нашедших наибольшее применение в промышленности.

Среди цельных конструкций следует отметить конструкцию обдирочно-чистовых многозаходных червячных фрез (рис. 13.22), изготавливаемых в диапазоне модулей 6—20 мм фирмой Клингельберга (ФРГ).

Данные фрезы изготавливаются с одним или двумя черновыми заходами и имеют одновременно по крайней мере один чистовой заход с окончательным профилем зуба.

Зубья отдельных черновых заходов могут выполняться с различной толщиной и высотой, оптимальной геометрией режущей части, снабжаться стружкоразделительными канавками по высоте зуба, что способствует значительному снижению сил резания, благоприятному разделению стружки и спокойной работе станка. Зубья черновых заходов обрабатывают зубья колеса начерно, а чистовой заход придает им заданный профиль.

Обязательным условием применения этих фрез является кратность числа заходов z_{10} числу зубьев обрабатываемого коле-

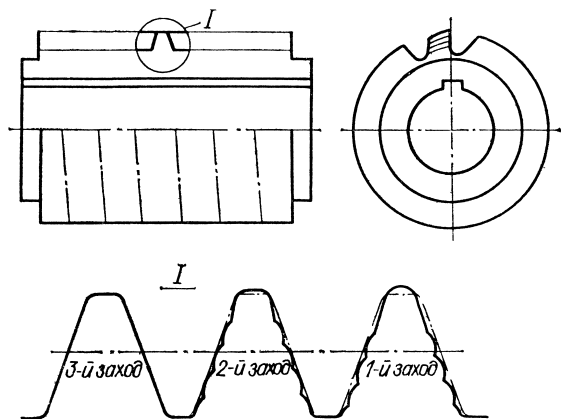


Рис. 13.22. Обдирочно-чистовая многозаходная червячная фреза

са z_1 , так как после каждого оборота будет обрабатываться новая впадина колеса и тем самым будет обеспечена последовательная обработка каждой впадины чистовым заходом.

Составные червячные фрезы. Являются переходным вариантом между цельной и сборной конструкциями, так как до операций финишной обработки вначале производится изготовление составных частей фрезы — корпуса, зубчатых реек, крышек, затем на определенной стадии механической обработки осуществляется соединение всех составных частей воедино, после чего фреза обрабатывается как монолитная конструкция и последующей разборке уже не подлежит. Основная задача подобных конструкций — обеспечить экономию быстрорежущей стали за счет использования ее только на изготовление режущих элементов — отдельных зубьев или зубчатых реек; корпус фрез выполняют обычно из конструкционной стали.

Существуют различные методы соединения режущих элементов с корпусом — сварка, пайка, склеивание.

Составные червячные фрезы сварной конструкции не нашли применения ввиду достаточно сложной технологии изготовления, низкого качества соединения сваркой детали из материалов с различными коэффициентами линейного расширения. Данным мето-

дом изготавливались только крупномодульные червячные фрезы невысокой точности.

Составные червячные фрезы паяной конструкции находят ограниченное применение. Соединение режущих элементов с корпусом производится в данном случае либо после закалки зубьев (реек) с помощью специальных припоев, имеющих температуру плавления ниже температуры начала структурных превращений быстрорежущей стали, либо непосредственно в процессе закалки.

В первом случае для пайки требуется очень дорогостоящий серебряный припой, технология соединения деталей и центрирования достаточно сложна, поэтому пайка низкотемпературными припоями не нашла применения.

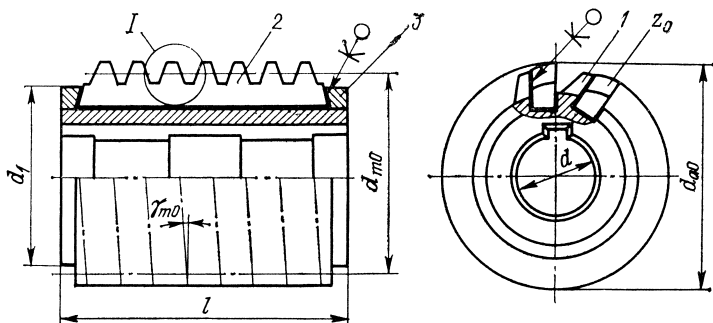


Рис. 13.23. Составная червячная фреза клееной конструкции

Во втором случае пайка в процессе термообработки (метод «пайзак») осуществляется при нагреве заготовок, представляющих собой уже собранную в единое целое фрезу, до температуры закалки быстрорежущей стали, т. е. до 1220—1260 °С. При этой температуре производится перегрев корпуса, изготовленного из конструкционной стали, возникают большие внутренние напряжения. Метод имеет ограниченное применение при изготовлении крупномодульных фрез.

Достаточно перспективным методом изготовления составного инструмента является склеивание с помощью термостойких клеев. На рис. 13.23 представлена конструкция составной червячной фрезы, у которой режущие элементы — зубчатые рейки — крепятся с помощью клея. Фреза состоит из корпуса 1, зубчатых реек 2 и опорных крышек 3.

Зубчатая рейка изготавливается из полосовой быстрорежущей стали, что обеспечивает наименьшую трудоемкость и высокую экономию быстрорежущей стали. Корпус крышки и зубчатые рейки перед склеиванием подвергаются окончательной термической обработке. Высокой точности обработки базовых поверхностей корпуса и реек производить под склеивание не требуется — вполне достаточную точность обеспечивает фрезерование. Пастообразный клей наносится по всему периметру базовых поверхностей. Зуб-

**13.33. Основные конструктивные размеры червячных фрез
клееной конструкции, мм**

m_0	d_{a0}	d	d_1	l	d_{m0}	γ_{m0}	z_0
1,5 1,75 2	70	27	54	54	66,25 65,625 65,0	1° 18' 1° 32' 1° 46'	12
2,25	80	32	62	61	74,375	1° 44'	12
2,5 2,75				68	73,75 73,125	1° 56' 2° 09'	
3 3,25 3,5	90	32	65	79	82,5 81,875 81,25	2° 05' 2° 16' 2° 28'	10
3,75 4	100	32	72	89	90,625 90	2° 22' 2° 33'	10
4,25				99	89,375	2° 44'	
4,5	112	40	82	100	100,75	2° 33'	10
5 5,5	118	40	84	114 126	105,5 104,25	2° 43' 3° 01'	10
6 6,5	125	40	86	126 132	110 108,75	3° 08' 3° 26'	10
7 8 9 10	140 150 160	40 50 50	92 96 100	139 146 163 185	122,5 120 127,5 135	3° 16' 3° 49' 4° 03' 4° 15'	9
11 12	180	50	110	200 220	152,5 150	4° 08' 4° 35'	

чатые рейки устанавливаются в пазы со взаимным центрированием, которое обеспечивается их одновременным базированием по торцевой конической поверхности одной из крышек. После этого одевается вторая крышка. Одним из рекомендуемых клеев может быть клей марки УП-5-207, для отверждения которого изделие выдерживается при $t = 150\text{—}170^\circ\text{C}$ в течение двух часов. В дальнейшем обработка фрез производится по технологии обычной цельной конструкции.

Основные конструктивные и расчетные размеры составной червячной фрезы, представленной на рис. 13.23, в диапазоне модулей 1,5—12 мм даны в табл. 13.33.

Данные фрезы на 25—30 % более трудоемки в изготовлении, чем стандартные монолитные фрезы, но обеспечивают от 50 до 70 % экономии быстрорежущей стали, могут изготавливаться любых классов точности по техническим требованиям ГОСТ 9324—80 Е.

Сборные червячные фрезы с поворотными зубчатыми рейками. Являются наиболее прогрессивным инструментом, так как в силу ряда своих конструктивных преимуществ обеспечивают наивысшую производительность обработки зубчатых колес зубофрезерованием в условиях их массового и крупносерийного производства. Основной особенностью червячных фрез данного типа является обработка профиля зубчатых реек не на затыловочных, а на резьбошлифовальных станках без затылующего движения при установке их в такое положение в специальных технологических или рабочих корпусах, когда вершинные поверхности зубьев располагаются на цилиндрической поверхности основного червяка,

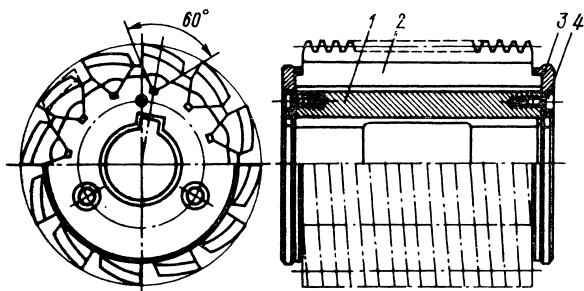


Рис. 13.24. Сборная червячная фреза с поворотными рейками фирмы «Сампутенсили»

а боковые — на винтовой. Таким образом, обработка профиля зубчатых реек осуществляется как обычной винтовой поверхности червяка, получившего название «технологический червяк». Подобная установка зубчатых реек позволяет обрабатывать их профиль на всей длине зуба с высокой производительностью и точностью. После окончания обработки профиля в технологическом положении (корпусе) зубчатые рейки переносятся в рабочий корпус, пазы которого служат для установки их под необходимым задним углом по вершине, и закрепляются различными средствами.

По сравнению с обычными затылованными червячные фрезы с поворотными рейками обеспечивают увеличение числа допустимых переточек в 2—2,5 раза, повышение производительности обработки на 30—40 % за счет лучшего качества металла, улучшенной геометрии (большие задние углы), высокого качества обработанных поверхностей зубьев.

Наибольшего распространения рассматриваемые фрезы получили в автомобильной отечественной промышленности и за рубежом. Существует большое разнообразие различных конструкций червячных фрез с поворотными рейками, наиболее распространенными из которых являются фрезы фирм «Сампутенсили» (*Samputensili*, Италия) — ВАЗ, «Клингельнберг» (*Klingelberg*, ФРГ) — КАМАЗ, «Заапор» (*Saazor*, ФРГ), представленные на рис. 13.24 и 13.25 [274, 275].

Данные фрезы изготавливаются в диапазоне модулей 0,5—12 мм нормальной и увеличенной длины с различным числом зубьев ($z_0 = 12 \div 17$) одно- и многозаходными классов точности А и В по техническим требованиям, например, ГОСТ 9324—80 Е или DIN 3968 (стандарт ФРГ). Следует отметить при этом необходимость обеспечения очень высоких требований к точности изготовления посадочных мест технологического и рабочего корпусов, самих реек, взаимного центрирования зубчатых реек, к надежности и стабильности их крепления.

Отличительной особенностью червячных фрез фирмы Сампунтенси (рис. 13.24) является наличие в корпусе 1 паза трапеце-

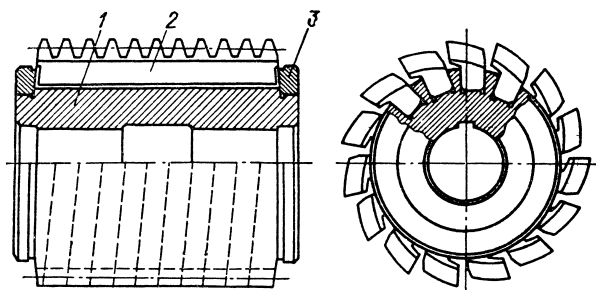


Рис. 13.25. Сборная червячная фреза с поворотными рейками фирм «Клингельберг» и «Заацор»

видной формы под зубчатые рейки 2. Боковые стороны паза смещены с оси корпуса, что позволяет использовать корпус в качестве рабочего, когда передняя поверхность совпадает с осевой плоскостью, а при повороте реек на 180° — в качестве технологического. С торцов зубчатые рейки крепятся крышками 3, которые, в свою очередь, закрепляются винтами 4. Недостатком конструкции является ее малая жесткость из-за свободного расположения зубчатых реек в корпусе и крепления их только с торцов.

Сборные червячные фрезы фирм Клингельберг и Заацор (рис. 13.25) принципиально не отличаются друг от друга. Характерной особенностью их является прямоугольная форма паза корпуса 1 и основания зубчатых реек 2. Зубчатые рейки устанавливаются в корпусе по глухой посадке, взаимно выставляются в осевом направлении и окончательно фиксируются крышками 3.

Предварительная и окончательная обработка профиля зубчатых реек у фрез данного типа производится в технологических корпусах со смещением паза на размер выбранного заднего угла по вершине зубьев. Фрезы этой конструкции отличаются высокой жесткостью, но сложностью в изготовлении и сборке и требуют высокую культуру производства.

На рис. 13.26 показана сборная червячная фреза с поворотными рейками конструкции ВНИИинструмента. Фреза состоит из корпуса 1, зубчатых реек 2, закрепляемых радиальными

клиньями 3 и крышками 4. Возможно также применение крепежных винтов для дополнительной фиксации крышек. Форма паза корпуса — неравнобокая трапеция, так как задняя опорная стенка паза расположена по отношению к передней стенке под углом $5-6^\circ$ для установки радиального клина. Применение радиального клина позволяет более надежно центрировать рейку на ее основании и обеспечивать быструю сборку — разборку конструкции, что является большим достоинством, так как в процессе изготовления фрезы требуется часто производить ее переборку.

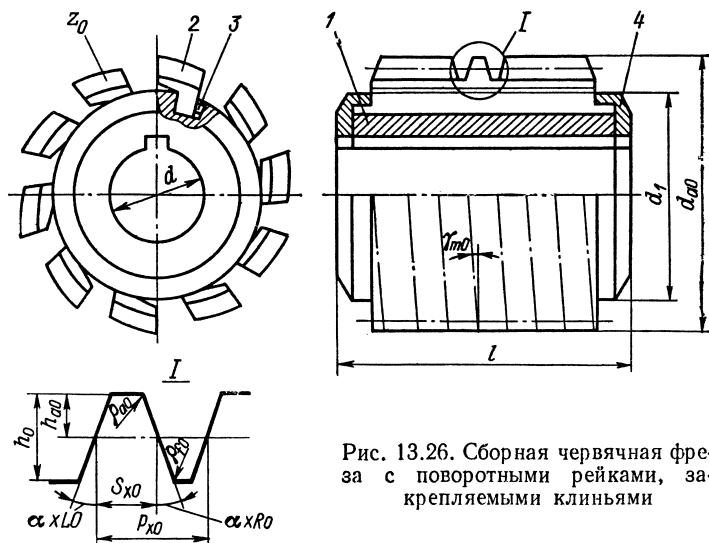


Рис. 13.26. Сборная червячная фреза с поворотными рейками, закрепляемыми клиньями

Обработка профиля реек производится в технологическом приспособлении, а сборка их в корпусе — с помощью специального приспособления, обеспечивающего точное взаимное центрирование.

Вопросы конструирования и расчета червячных фрез с поворотными рейками решены на примере фрез конструкции ВНИИинструмента. В табл. 13.34 приведены конструктивные и расчетные размеры профиля однозаходных червячных фрез модулей 1—6 мм, а в табл. 13.35 и 13.36 — многозаходных червячных фрез модулей 1—10 мм. В табл. 13.37 и 13.38 даны расчетные размеры профиля технологического червяка в осевом сечении одно- и многозаходных червячных фрез.

Конструированию червячных фрез с поворотными рейками должна предшествовать тщательная проработка по созданию новой или выбору уже имеющейся конструкции исходя из технологических возможностей ее изготовления. Так как обработка профиля зубчатых реек производится в определенном технологическом положении (в рабочем или технологическом корпусе), то при переносе их из одного положения в другое резко снижается достигнутая

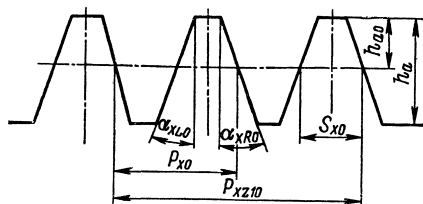
**13.34. Конструктивные и расчетные размеры профиля
однозаходных червячных фрез с поворотными рейками, мм**

m_0	d_{a0}	d	z_0	l	d_1	γ_{m0}	P_{x0}	S_{x0}	h_0	h_{a0}	ρ_{a0}	ρ_{f0}	
1,0 1,125 1,25 1,375	63	22	12	50	50	0° 58' 1° 05' 1° 13' 1° 21'	3,142 3,534 3,928 4,321	1,67 1,87 2,06 2,26	2,5 2,8 3,13 3,44	1,25 1,44 1,56 1,72	0,4 0,45 0,5 0,55	0,3 0,33 0,37 0,41	
1,5 1,75 2,0 2,27	75	27		70	58	1° 14' 1° 27' 1° 40' 1° 54'	4,713 5,5 6,286 7,072	2,47 2,86 3,25 3,64	3,75 4,38 5 5,63	1,88 2,19 2,5 2,81	0,6 0,7 0,8 0,9	0,45 0,52 0,6 0,67	
2,5 2,75 3,0	92	32		90	71	1° 42' 1° 53' 2° 05'	7,857 8,644 9,431	4,07 4,46 4,85	6,25 6,88 7,5	3,13 3,44 3,75	1,0 1,1 1,2	0,75 0,82 0,9	
3,25 3,5 3,75	112	40		100	85	1° 50' 1° 59' 2° 08'	10,215 11,00 11,789	5,25 5,64 6,03	8,13 8,75 9,38	4,06 4,38 4,69	1,3 1,4 1,5	0,97 1,05 1,12	
4,0 4,25 4,5	125			112	93	2° 02' 2° 10' 2° 19'	12,574 13,362 14,148	6,45 6,86 7,25	10 10,63 11,25	5 5,31 5,63	1,6 1,7 1,8	1,2 1,28 1,35	
5,0 5,5 6,0	140			10	125	99	2° 18' 2° 33' 2° 49'	15,721 17,296 18,872	8,03 8,82 9,64	12,5 13,75 15	6,25 6,88 7,5	2,0 2,2 2,4	1,5 1,65 1,8

**13.35. Конструктивные размеры многозаходных червячных фрез
с поворотными рейками, мм**

m_0	d_{a0}	d	l		z_0	z_{10}	m_0	d_{a0}	d	l		z_0	z_{10}	
			Исполнение							Исполнение				
			1	2						1	2			
1,0	90	32	140	170	16	2	3,25	125	40	140	170	12	2	
1,125						3	3,5						2	3
						2								
1,25						3	3,75						2	3
						2								
1,375						3	4,0						140	50
1,5					2	4,25	2							
					3	4,5	2							
1,75					2	5,0	2							
					3									
2,0					2	5,5	150	2						
2,25					3				6,0	2				
					2,50	2	6,5	160	2					
2,75						3	7,0	170	2					
	118	40	2	8,0	180	60	190	220	2					
3			9,0	190	2									
2			10,0						10	2				
3,0			3											

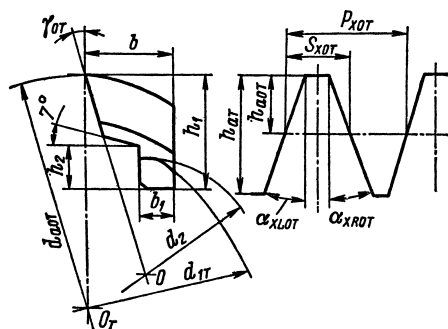
13.36. Размеры профиля зубчатой рейки рабочего червяка
многозаходных фрез в осевом сечении, мм



m_0	d_{m0}	P_{x0}	P_{xz10}	S_{x0}	h_a	h_{a0}	$\alpha_{xL0} = \alpha_{xR0}$
1	87,3	3,143 3,143	6,285 9,430	1,620 1,621	2,6	1,35	18° 40' 15" 18° 40' 57"
1,125	86,96	3,536 3,537	7,071 10,611	1,821 1,821	2,92	1,52	18° 40' 19" 18° 40' 48"
1,25	86,62	3,929 3,931	7,857 11,792	2,021 2,022	3,25	1,69	18° 40' 26" 18° 40' 59"
1,375	86,28	4,322 4,325	8,644 12,974	2,221 2,222	3,57	1,86	18° 40' 30" 18° 41' 10"
1,5	85,96	4,715 4,719	9,430 14,157	2,421 2,423	3,90	2,02	19° 00' 40" 19° 01' 26"
1,75	85,28	5,503 5,508	11,005 16,525	2,822 2,825	4,55	2,36	19° 00' 54" 19° 01' 59"
2	84,6	6,290 6,299	12,580 18,897	3,184 3,188	5,20	2,70	20° 01' 16" 20° 02' 46"
2,25	93,92	7,077 7,087	14,153 21,261	3,584 3,589	5,85	3,04	20° 01' 16" 20° 02' 53"
2,5	93,26	7,866 7,880	15,731 23,639	3,986 3,993	6,50	3,37	20° 01' 34" 20° 03' 36"
2,75	110,58	8,650 8,664	17,300 25,991	4,375 4,382	7,15	3,71	20° 01' 23" 20° 03' 04"

m_0	d_{m0}	P_{x0}	P_{xz10}	S_{x0}	h_a	h_{a0}	$\alpha_{xL0} = \alpha_{xR0}$
3	109,9	9,439 9,457	18,878 28,370	4,767 4,776	7,80	4,05	20° 01' 37" 20° 03' 43"
3,25	116,22	10,226 10,246	20,452 30,739	5,168 5,168	8,45	4,39	20° 01' 44" 20° 03' 54"
3,5	115,56	11,016 11,041	22,032 33,124	5,580 5,593	9,10	4,72	20° 02' 02" 20° 04' 34"
3,75	114,88	11,806 11,838	23,612 35,514	5,953 5,969	9,75	5,06	20° 02' 20" 20° 05' 20"
4	129,2	12,591 12,621	25,181 37,863	6,352 6,367	10,40	5,40	20° 02' 06" 20° 04' 48"
4,25	128,52	13,381 13,418	26,762 40,254	6,755 6,773	11,05	5,74	20° 02' 24" 20° 05' 28"
4,5	127,86	14,173 14,217	28,345 42,650	7,148 7,170	11,70	6,07	20° 02' 46" 20° 06' 11"
5	126,5	15,757 15,820	31,514 47,459	7,935 7,966	13,00	6,75	20° 03' 29" 20° 07' 52"
5,5	135,16	17,336	34,672	8,729	14,30	7,42	20° 03' 40"
6	133,8	18,926	37,852	9,538	15,60	8,10	20° 04' 26"
6,5	142,46	20,506	41,012	10,333	16,90	8,77	20° 04' 37"
7	151,1	22,086	44,172	11,128	18,20	9,45	20° 04' 44"
8	158,4	25,262	50,524	12,715	20,80	10,80	20° 05' 42"
9	165,7	28,443	56,885	14,315	23,40	12,15	20° 06' 32"
10	163	31,655	63,310	15,930	26,00	13,50	20° 08' 24"

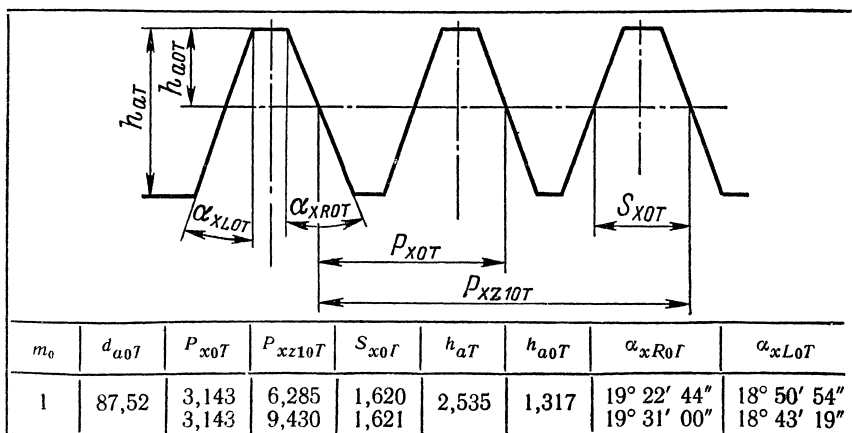
13.37. Конструктивные и расчетные размеры профиля зубчатой рейки технологического червяка червячной фрезы с поворотными рейками, мм



m_0	z_0	d_{a0T}	b	b_1	h_1	h_2	ρ_1	γ_{0T}	f	d_2
1,0 1,125 1,25 1,375	12	64	11	5	13	6	0,4	15	1,0	45
1,5 1,75 2,0 2,25		76	13	6	14,5	6,5	0,5			52
2,5 2,75 3,0		93	16	8	18,5	9	0,6		1,6	62
3,25 3,5 3,75		113	19	9	22	10				77
4,0 4,25 4,5		126	21,5	10	25	11	1,0			84
5,0 5,5 6,0	10	141	27	12	30,5	13		18	88	

m_0	d_{1T}	P_{x0T}	S_{x0T}	h_{aT}	h_{a0T}	α_{xL0T}	α_{xR0T}
1,0 1,125 1,25 1,375	50	3,142 3,534 3,928 4,321	1,67 1,87 2,06 2,26	2,44 2,73 3,05 3,36	1,22 1,4 1,52 1,68	20° 16' 20° 16' 20° 15' 20° 11'	20° 38' 20° 41' 20° 42' 20° 41'
1,5 1,75 2,0 2,25	58	4,713 5,5 6,286 7,072	2,47 2,86 3,25 3,64	3,66 4,27 4,87 5,48	1,83 2,14 2,44 2,74	20° 13' 20° 11' 20° 10' 20° 08'	20° 41' 20° 45' 20° 49' 20° 52'
2,5 2,75 3,0	69	7,857 8,644 9,431	4,07 4,46 4,85	6,09 6,70 7,30	3,05 3,35 3,65	20° 09' 20° 07' 20° 05'	20° 49' 20° 51' 20° 54'
3,25 3,5 3,75	85	10,215 11,00 11,789	5,25 5,64 6,03	7,92 8,52 9,14	3,96 4,26 4,57	20° 07' 20° 06' 20° 04'	20° 50' 20° 53' 20° 55'
4,0 4,25 4,5	93	12,574 13,362 14,148	6,45 6,86 7,25	9,74 10,35 10,95	4,87 5,17 5,48	20° 05' 20° 04' 20° 02'	20° 53' 20° 56' 20° 58'
5,0 5,5 6,0	100	15,721 17,296 18,872	8,03 8,82 9,64	12,17 13,38 14,59	6,08 6,69 7,30	20° 02' 19° 59' 19° 56'	20° 57' 21° 02' 21° 05'

13.38. Размеры профиля технологического червяка в осевом сечении для многозаходных червячных фрез с поворотными рейками, мм



m_0	d_{a07}	P_{x07}	P_{xz107}	S_{x07}	h_{a7}	h_{a07}	α_{xR07}	α_{xL07}
1,125	87,19	3,536 3,537	7,071 10,611	1,821 1,821	2,851	1,482	19° 25' 04" 19° 34' 32"	18° 49' 04" 18° 40' 30"
1,25	86,86	3,929 3,931	7,857 11,792	2,021 2,022	3,167	1,646	19° 27' 30" 19° 39' 10"	18° 47' 13" 18° 38' 46"
1,375	86,52	4,322 4,325	8,644 12,974	2,221 2,222	3,483	1,810	19° 30' 08" 19° 41' 40"	18° 45' 32" 18° 34' 44"
1,5	86,21	4,715 4,719	9,430 14,157	2,421 2,423	3,799	1,975	19° 52' 48" 20° 05' 56"	19° 04' 01" 18° 52' 42"
1,75	85,55	5,503 5,508	11,005 16,525	2,822 2,825	4,430	2,303	19° 57' 48" 20° 13' 15"	19° 00' 00" 18° 46' 38"
2	84,89	6,290 6,299	12,580 18,897	3,183 3,188	5,061	2,632	21° 03' 26" 21° 54' 46"	19° 57' 57" 19° 42' 55"
2,25	94,45	7,077 7,087	14,153 21,261	3,584 3,589	5,654	2,942	21° 14' 50" 21° 35' 46"	20° 01' 11" 19° 43' 59"
2,5	93,80	7,866 7,880	15,731 23,639	3,986 3,993	6,279	3,267	21° 20' 54" 21° 44' 23"	19° 57' 24" 19° 41' 08"
2,75	111,21	8,650 8,664	17,300 25,991	4,375 4,382	6,909	3,595	21° 17' 21" 21° 38' 17"	19° 59' 58" 19° 42' 01"
3	110,56	9,439 9,457	18,878 28,370	4,767 4,776	7,534	3,921	21° 21' 55" 21° 45' 11"	19° 56' 36" 19° 37' 08"
3,25	116,93	10,226 10,246	20,452 30,739	5,168 5,178	8,161	4,248	21° 23' 10" 21° 47' 04"	19° 55' 45" 19° 57' 35"
3,5	116,28	11,016 11,041	22,032 33,134	5,580 5,593	8,785	4,573	21° 27' 39" 21° 53' 49"	19° 52' 33" 19° 30' 55"
3,75	115,18	11,806 11,838	23,612 35,514	5,953 5,968	9,403	4,899	21° 35' 16" 22° 04' 45"	19° 48' 43" 19° 24' 36"
4	129,52	12,591 12,621	25,181 37,863	6,352 6,367	10,038	5,226	21° 31' 33" 21° 59' 12"	19° 51' 08" 19° 28' 20"
4,25	128,87	13,381 13,418	26,762 40,254	6,755 6,773	10,661	5,552	21° 35' 55" 22° 05' 46"	19° 48' 08" 19° 23' 46"
4,5	128,22	14,173 14,217	28,345 42,650	7,148 7,170	11,284	5,878	21° 40' 31" 22° 12' 38"	19° 45' 05" 19° 19' 04"
5	126,92	15,757 15,820	31,514 47,459	7,935 7,966	12,528	6,528	21° 49' 45" 22° 26' 40"	19° 38' 49" 19° 09' 43"
5,5	135,61	17,336	34,672	8,729	13,777	7,181	21° 51' 17"	19° 36' 09"
6	134,31	18,926	37,852	9,538	15,018	7,831	22° 01' 19"	19° 31' 00"
6,5	143	20,506	41,012	10,332	16,267	8,489	22° 10' 15"	19° 40' 00"
7	152,18	22,086	44,172	11,127	17,416	9,089	22° 16' 26"	19° 28' 36"
8	159,62	25,262	50,524	12,714	19,885	10,383	22° 02' 19"	18° 57' 18"
9	167,05	28,443	56,885	14,313	22,350	11,677	22° 35' 37"	19° 17' 02"
10	164,11	31,655	63,310	15,929	24,791	12,966	22° 53' 47"	19° 05' 21"

при финишной обработке точность. Это требует значительного ужесточения норм точности изготовления всех элементов конструкции рабочего и технологического корпусов, зубчатых реек. Прежде всего это касается установочных баз корпусов и реек, у которых, например, радиальное биение и непараллельность основания паза корпуса осевой плоскости, неплоскостность и непрямолинейность базовых поверхностей зубчатых реек не должны превышать 0,003 мм. Без соблюдения столь высоких требований к точности изготовления отдельных элементов конструкции невозможно обеспечить ее точную сборку и те требования, которые регламентируются техническими условиями на червячные фрезы. Поэтому при создании подобной конструкции следует прежде всего исходить из технологических возможностей конкретного производства.

Так как достижение требуемой точности профиля зубчатых реек осуществляется в их технологическом положении, когда боковые поверхности зубьев располагаются на винтовой поверхности с шагом основного червяка фрезы, главным вопросом конструирования червячных фрез с поворотными рейками является определение осевого сечения технологического червяка, обеспечивающего заданные размеры зубчатой рейки по передней поверхности. Производится данный расчет после выбора и расчета всех основных конструктивных и расчетных элементов сборной червячной фрезы. Подход к их расчету остается тот же, что и при конструировании обычных цельных червячных фрез, за исключением необходимости производить более детальную конструкторскую проработку отдельных составных частей фрезы.

Ниже излагается методика расчета профиля осевого сечения технологического червяка по заданному профилю передней поверхности зубчатой рейки фрезы. Практическое применение данной методики представлено в табл. 13.37 и 13.38, где приведены расчетные размеры технологических червяков одно- и многозаходных фрез. Следует также отметить, что все червячные фрезы с поворотными зубчатыми рейками изготавливаются на базе основного архимедова червяка — с прямыми осевыми стружечными канавками.

Так как профиль осевого сечения технологического червяка является криволинейным, теоретически необходимо изготавливать его по точкам, координаты которых рассчитывают. Однако из-за больших технологических трудностей изготовления и, главным образом, контроля теоретический профиль заменяют прямой линией, проходящей через две крайние точки профиля, расположенные на определенном расстоянии от вершины зуба. Как показала практика, подобная замена вполне допустима и обеспечивает точность изготовления фрез по элементам профиля классов А и В. В случае необходимости и технологических возможностей (требуемой высокой точности изготовления, фасонного профиля инструмента и изделия) число расчетных точек может быть увеличено до n . Задаваясь ими через определенные интервалы (например,

1—2 мм), можно рассчитать и построить весь криволинейный профиль зуба технологического червяка и инструмента. Исходными данными для расчета будут величины: d_{a0} , d_{m0} , z_0 , z_1 , γ_{m0} , P_{x0} , S_{x0} , α_{x0} , h_0 .

Расчет основных размеров технологического червяка для обработки профиля заданной фрезы (рис. 13.27): R_{a0T} , R_{f0T} , h_{0T} . Определяют координаты центра червяка O_T (a , β) относительно центра фрезы O из условия обеспечения наименьшего искажения профиля при переточках:

$$\beta = 0,4133 \psi_K,$$

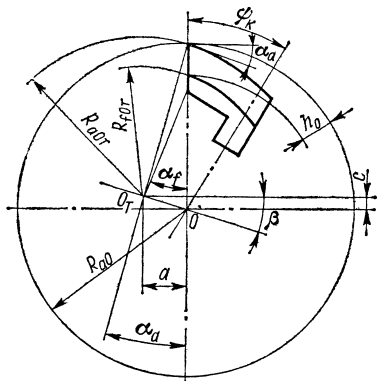


Рис. 13.27. Схема установки зубчатой рейки

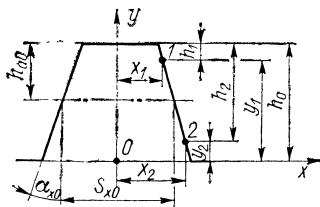


Рис. 13.28. Профиль зуба фрезы по передней поверхности

где $\psi_K = \pi/z_0 + (0 \div 3^\circ)$;

$$a = \frac{R_{a0}}{\operatorname{ctg} \alpha_a + \operatorname{tg} \beta}; \quad c = \frac{R_{a0}}{\operatorname{ctg} \alpha_a \cdot \operatorname{ctg} \beta + 1},$$

где $\alpha_a = 12 \div 15^\circ$.

Радиус наружной окружности червяка

$$R_{a0T} = a / \sin \alpha_a.$$

Радиус внутренней окружности червяка

$$R_{f0T} = R_{a0T} \frac{\sin \alpha_a}{\sin \alpha_f},$$

где

$$\alpha_f = \arctg \frac{a}{R_{a0} - c - h_0}.$$

Высота профиля зуба червяка

$$h_{0T} = R_{a0T} - R_{f0T}.$$

Определение координат (X , Y) двух расчетных точек на профиле зуба фрезы (рис. 13.28). Задаются точками 1 и 2, расположенными соответственно на расстоянии $h_1 = 0,6m_0$ и $h_2 = 2,125m_0$ от вершины зуба.

Тогда имеем:

$$Y_1 = h_0 - h_1; \quad X_1 = \frac{S_{x0}}{2} - (h_{a0} - h_1) \operatorname{tg} \alpha_{x0};$$

$$Y_2 = h_0 - h_2; \quad X_2 = \frac{S_{x0}}{2} - (h_2 - h_{a0}) \operatorname{tg} \alpha_{x0}.$$

Расчет координат и угла профиля в осевом сечении технологического червяка (рис. 13.29). Находят ординаты точек 1 и 2:

$$Y_{nf} = R_{a0T} \cos \alpha_a - h_0; \quad Y_{n1} = Y_{nf} + Y_1; \quad Y_{n2} = Y_{nf} + Y_2.$$

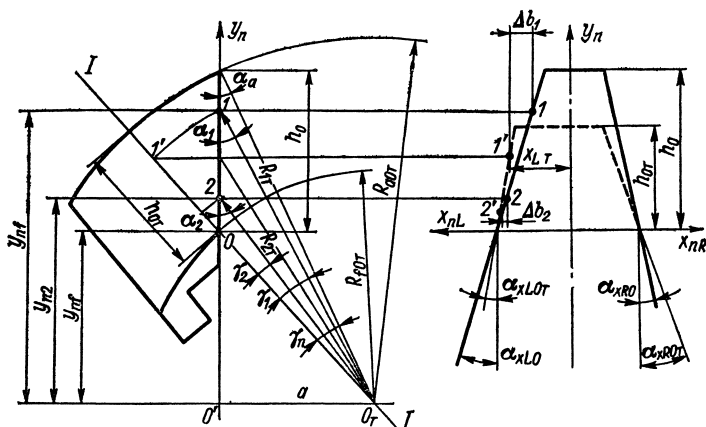


Рис. 13.29. Схема осевого сечения технологического червяка

Определяют расчетные углы точек 1 и 2:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = a/Y_{n1}; \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = a/Y_{n2}; \quad \sin \gamma_1 = \frac{Y_1 \sin \alpha_1}{R_{f0T}}; \quad \sin \gamma_2 = \frac{Y_2 \sin \alpha_2}{R_{f0T}};$$

$$\Delta b = \frac{P_{x0} Y_n}{360^\circ}; \quad \Delta b_1 = \frac{P_{x0} \gamma_1}{360^\circ}; \quad \Delta b_2 = \frac{P_{x0} \gamma_2}{360^\circ}.$$

Отсюда радиусы-векторы точек 1 и 2 на червяке будут:

$$R_{1T} = Y_{n1}/\cos \alpha_1; \quad R_{2T} = Y_{n2}/\cos \alpha_2.$$

Высотные размеры точек 1 и 2 равны:

$$h_{1T} = R_{1T} - R_{f0T}; \quad h_{2T} = R_{2T} - R_{f0T}.$$

Определяют абсциссы точек 1 и 2 на правой и левой сторонах профиля червяка:

$$X_{R1T} = X_1 - \Delta b_1; \quad X_{L1T} = X_1 + \Delta b_1;$$

$$X_{R2T} = X_2 - \Delta b_2; \quad X_{L2T} = X_2 + \Delta b_2.$$

Находят разность абсцисс и расстояние по высоте между точками 1 и 2 профиля технологического червяка:

$$b_R = X_{R2T} - X_{R1T}; \quad b_L = X_{L2T} - X_{L1T}; \quad \Delta h_T = h_{1T} - h_{2T}.$$

Угол профиля технологического червяка в осевом сечении:

$$\operatorname{tg} \alpha_{xR0T} = b_R / \Delta h_T, \quad \operatorname{tg} \alpha_{xL0T} = b_L / \Delta h_T.$$

Червячные фрезы с поворотными рейками могут быть спроектированы и для нарезания различных зубчатых изделий с неэвольвентным профилем — шлицевых валов, звездочек цепных передач. Методика расчета может быть использована та же, но в этом случае необходимо задать большее число расчетных точек и определить их координаты на червяке.

Червячные фрезы с новыми схемами резания. Вопросы повышения стойкости и производительности обработки зубчатых колес всегда непосредственно связаны с вопросами совершенствования конструкций инструмента, поэтому в этой области постоянно ведутся исследования, имеющие своей целью способствовать повышению эффективности процесса зубофрезерования. Одним из путей в этом направлении является нахождение оптимальных схем резания на основе изучения механизма загрузки и износа червячных фрез.

Известно, что износ зубьев стандартных червячных фрез происходит как по передней, так и по задней поверхностям. На передней поверхности вдоль режущих кромок образуются лунки различных размеров. Максимальная лунка обычно располагается вблизи вершины зуба. Износ задних поверхностей зубьев происходит неравномерно. В наибольшей степени прогрессирует износ на вершинной режущей кромке у уголков зубьев. Максимальный износ обычно имеет задняя поверхность на участке выходной режущей кромки, прилегающей к уголку, что объясняется отклонением отходящей стружки, срезаемой входной и вершинной режущей кромками в сторону выходной режущей кромки. На основе этого можно сделать следующие выводы относительно механизма возрастания износа по уголкам.

1. Причиной образования износа по уголкам является торможение свободного схода стружки при образовании трехэлементных стружек.

2. Взаимодействие стружек, снимаемых одновременно вершинной и двумя боковыми режущими кромками зуба фрезы, создает состояние, при котором сход стружки затормаживается у уголка.

3. Возрастание износа по уголкам в большей мере усиливается дроблением отделившегося нароста между обрабатываемой поверхностью зуба колеса и боковой задней поверхностью зуба фрезы.

Отсюда эффективными мероприятиями по снижению износа червячных фрез являются следующие.

1. Исключение взаимодействия стружек, снимаемых вершинной и боковыми режущими кромками.

2. Исключение взаимодействия соответствующих усилий резания.

3. Обеспечение снятия стружек преимущественно простой формы.

В практике данные мероприятия реализуются за счет изменения схемы резания стандартных червячных фрез, в связи с чем находят применение нижеследующие модификации профиля зубьев инструмента.

Прогрессивной является схема (рис. 13.30, а), сущность которой заключается в выполнении, например, четных зубьев 1 фрезы с уменьшенной высотой, но с номинальной толщиной зуба, а нечетных зубьев 2 — с номинальной высотой и уменьшенной толщиной зуба. Четные и нечетные зубья чередуются вдоль винтовой линии нарезки, а занижение по высоте или заужение по толщине зуба не должно быть более максимальной толщины слоя, снимаемого соответствующей режущей кромкой, и составляет примерно

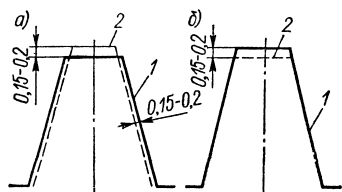


Рис. 13.30. Червячная фреза с новой схемой резания: а — прогрессивная схема, б — вершиннагруженная схема

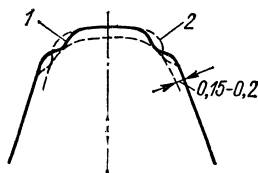


Рис. 13.31. Прогрессивная схема со стружко-раздельными канавками на вершине зуба

0,15—0,2 мм. Подобная схема позволяет избежать взаимодействия стружек, одновременно снимаемых тремя режущими кромками фрезы, но недостатком ее является то, что эвольвентный профиль колеса образуется только зубьями с номинальной толщиной, в результате чего снижается точность обработки.

Схема резания (рис. 13.30, б) предусматривает выполнение всех четных 1 и нечетных 2 зубьев с номинальной толщиной, но при этом все четные или нечетные зубья изготавливаются с уменьшенной высотой, что способствует более благоприятным условиям зубообработки.

Червячные фрезы со стружкоразделительными на вершине зуба полукруглыми канавками, смещенными по фазе на 90° у следующих друг за другом по винтовой линии четных 1 и нечетных 2 зубьев, обеспечивают исключение из взаимодействия стружек, снимаемых вершинной и двумя боковыми режущими кромками (рис. 13.31). Стружка в этом случае делится на три части. Все зубья фрезы имеют одинаковую номинальную толщину и высоту.

Подобная модификация профиля зубьев является наиболее благоприятной, может применяться у червячных фрез из быстрорежущей стали и твердого сплава и у зуборезных долбяков.

Для предварительного зубофрезерования зубчатых колес крупных модулей (свыше 8 мм) могут применяться червячные фрезы с волнистым профилем всей режущей кромки. Модификация профиля в данном случае представляет собой волнистую режущую

кромку у следующих один за другим по винтовой линии нарезки зубьев, смещенную по фазе на 90° через один зуб и касающуюся номинального теоретического профиля зуба 1 (рис. 13.32).

Имеет место применение и многозаходных (двух-, трехзаходных) червячных фрез, у которых зубья, например, первого или

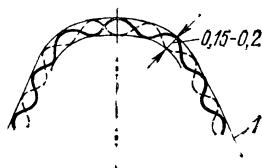


Рис. 13.32. Прогрессивная схема в виде волнистого профиля зуба

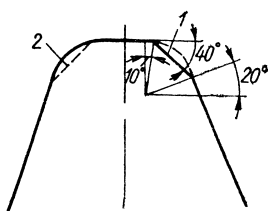


Рис. 13.33. Прогрессивная схема со стружкоразделительными фасками на вершине зуба

первого и второго заходов выполнены с волнистым профилем для предварительной обработки профиля зубчатого колеса, а зубья последнего (второго или третьего) захода имеют номинальный стандартный профиль для окончательной обработки. Непременным условием в данном случае является обеспечение некратности

числа заходов фрезы числу зубьев нарезаемого колеса.

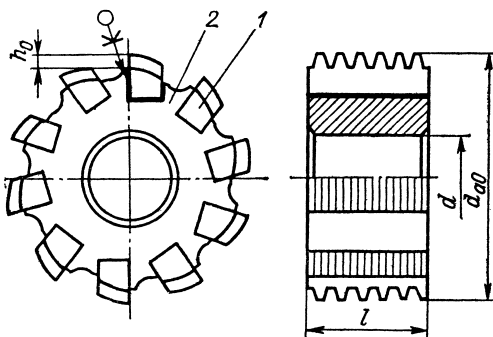


Рис. 13.34. Твердосплавная мелкозубчатая червячная фреза клееной конструкции

Просты в изготовлении и эффективны в эксплуатации червячные фрезы, модификация профиля зубьев которых состоит в снятии стружкоразделительной фаски под углом 40° к вершинной режущей кромке попеременно с одной стороны — правой 1 или левой 2 — у следующих друг за другом по винтовой линии

зубьев (рис. 13.33). Данные фрезы обеспечивают разделение стружки на две части, тем самым повышая стойкость инструмента. В отношении применяемых форм модификации профиля зубьев червячных фрез, обеспечивающих новую схему резания, нельзя ожидать значительного повышения (в 3—4 раза) стойкости, так как основной причиной любого износа инструмента остается воздействие повышенных температур и усилий резания.

Твердосплавные червячные фрезы. Применяются как цельные, так и сборные конструкции твердосплавных червячных фрез.

Цельные конструкции изготавливают в диапазоне модулей 0,1—2,5 мм с наружными диаметрами $d_{a0} = 25 \div 70$ мм длиной до 90 мм и числом реек 10—12. Особых конструктивных особенностей они не имеют.

В целях экономии твердого сплава в основном применяются твердосплавные червячные фрезы составной и сборной конструкции. В диапазоне модулей 0,1—0,9 мм изготавливаются червячные фрезы составной клееной или паяной конструкции (рис. 13.34) с креплением твердосплавных пластин прямоугольного сечения 1 в пазах корпуса 2 аналогичного профиля соответственно с помощью термостойкого клея (марка УП-5-207) или припоя. Необ-

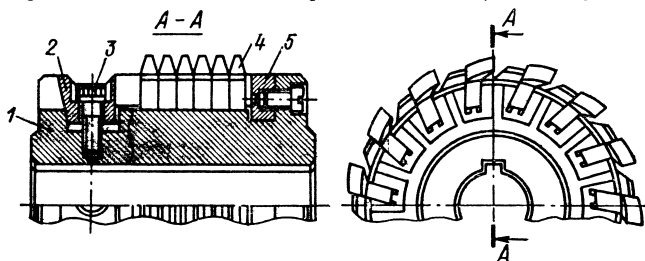


Рис. 13.35. Червячная фреза с твердосплавными затылованными зубьями

ходимый профиль зубьев получают после закрепления пластин путем его вышлифовывания алмазными кругами. Некоторые зарубежные фирмы изготавливают также сборные червячные фрезы с поворотными твердосплавными зубчатыми рейками в диапазоне модулей 1—3,5 мм. Конструкция данных фрез ничем не отличается от обычных конструкций того же типа с рейками из быстрорежущей стали, но применяются они для обработки только закаленных зубчатых колес.

Изготовление цельных твердосплавных и сборных фрез с рейками из твердого сплава связано с технологическими трудностями получения качественных заготовок твердого сплава больших размеров, поэтому на практике применяется ряд конструкций с отдельными острозаточенными или затылованными твердосплавными зубьями. На рис. 13.35 показана сборная червячная фреза с затылованными зубьями. Фреза состоит из корпуса 1, клиновых сухарей 2, зажимных винтов 3, зубьев 4 с припаянной пластиной твердого сплава, опорного сухаря 5. Ширина опорной части паяного зуба равна осевому шагу фрезы $P_{x0} \pm 0,003$ мм. Каждая зубчатая рейка фрезы собирается из нескольких отдельных зубьев, закрепляемых в пазу с помощью клинового сухаря 2, а взаимное смещение зубьев по винтовой линии обеспечивается с помощью опорного сухаря 5, имеющего напротив каждого паза выступы различной длины, отличающиеся друг от друга на величину P_{x0}/z_0 . Зубья фрез данной конструкции окончательно обрабатываются

по профилю (затылованный профиль) в самом корпусе после сборки на затыловочных станках. Они могут также обрабатываться вне корпуса в специальных приспособлениях на кругло- или плоскошлифовальных станках (острозаточенный профиль). В первом случае переточка фрез осуществляется по передней поверхности, во втором — по задней поверхности (всему профилю). Преимуществом фрез этого типа является возможность замены отдельных зубьев в случае выкрашивания на них твердого сплава. К недо-

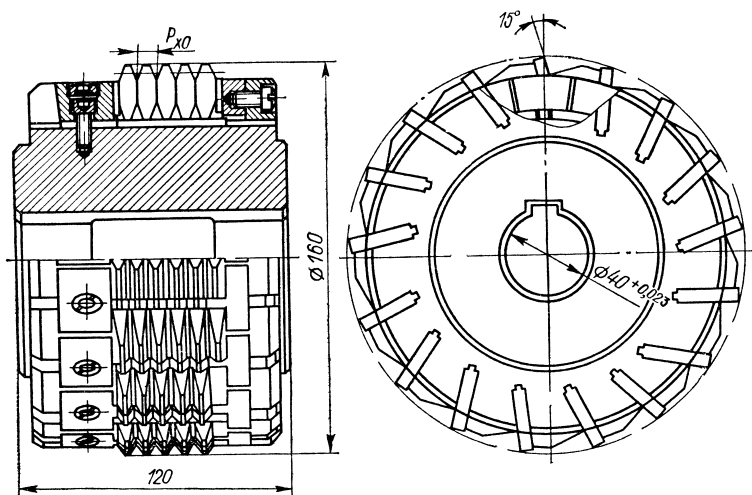


Рис. 13.36. Червячная фреза с поворотными твердосплавными пластинами

статкам следует отнести очень высокую трудоемкость изготовления и сложность обслуживания при эксплуатации

На рис. 13.36 показана червячная фреза с поворотными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами; профиль зубьев этих фрез — острозаточенный. Конструктивно фреза ничем не отличается от фрез конструкции, показанной на рис. 13.35. Фрезы изготавливаются в диапазоне модулей 1,5—4,0 мм и применяются при получистовой обработке стальных зубчатых колес с ≤ 300 НВ под шевингование или шлифование. Пластины имеют ромбовидную форму, которая позволяет четырехкратно использовать ее без перетачивания. Ширина пластины также равна осевому шагу фрезы P_{x0} . На дне паза пластины опираются на твердосплавные базовые вставки.

При обработке закаленных до твердости 48—62 HRC_a зубчатых колес модулей более 4 мм находят применение твердосплавные червячные фрезы, передняя поверхность зубьев которых выполнена под большим отрицательным углом: $\gamma_{a0} = (-10) \div (30)^\circ$. Подобное выполнение передней поверхности способствует достижению значительных углов наклона режущих кромок λ , что ока-

зывает большое влияние на процесс резания. Данные фрезы применяются для полустачевой под шлифование или чистовой обработки. Припуск под обработку составляет не более 0,2—0,25 мм. Режимы резания: $v = 75\text{—}100$ м/мин, осевая подача $S = 1,5\text{—}2,5$ мм/об.

Фрезы конструируют обычно с увеличенным наружным диаметром для размещения большого числа зубьев, с торцевой шпонкой и максимально возможным диаметром посадочного отверстия для повышения жесткости. Толщина режущих пластин составляет 6—8 мм. Крепление пластин осуществляется с помощью пайки или

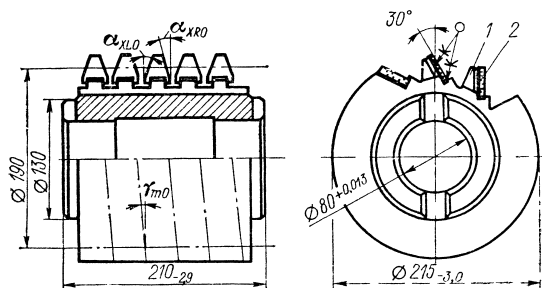


Рис. 13.37. Твердосплавная червячная фреза для обработки закаленных зубчатых колес

клея (марка УП-5-207). Типовая конструкция фрезы модуля 10 мм показана на рис. 13.37. Она состоит из корпуса 1, к зубьям которого прикрепляются режущие пластины 2. Пластины устанавливаются под углом $\gamma_{a0} = -30^\circ$. Профиль зуба фрез выполняется затылованным. Для увеличения задних боковых углов целесообразно дополнительное затылование под углом 10° .

Точность изготовления фрез зависит от имеющегося оборудования и может быть такой, как у обычных цельных червячных фрез классов точности АА, А, В (ГОСТ 9324—80Е). Расчет основных конструктивных размеров и размеров профиля зубьев производится по аналогии с обычными червячными фрезами, принимая во внимание отдельные особенности процесса работы фрез, о которых было сказано выше. Исключение составляет расчет отдельных элементов профиля: α_{xR0} и α_{xL0} , методика которого и пример расчета представлены в табл. 13.39. Изготовление червячных фрез с отрицательными передними углами затруднено. Выкрашивание какого-либо зуба приводит к выходу фрезы из строя, поэтому необходимо тщательно следить за их эксплуатацией.

На рис. 13.38 показана другая конструкция инструмента, применяемая для обработки закаленных до 48—56 HRC₀ зубчатых колес модулей 10—20 мм. Конструкция, названная двухлезвийной резцовой головкой, является более простой в изготовлении и эксплуатации, чем червячная фреза аналогичного применения. Резцовая головка состоит из корпуса 1, двух резцов 2 и 3, раз-

13.39. Методика расчета элементов профиля зуба червячной фрезы с отрицательным передним углом

Параметр	Обозначение параметра	Единица	Расчетные формулы и пример расчета
Исходные расчетные параметры	m_0 α_{n0} d_{a0} d_{m0} γ_{m0} z_0 z_1 P_z P_{n0} P_{xc} γ_0	мм град. мм мм град. — — мм мм мм град.	6 20° 150 136,115 $2^\circ 31' 35''$ 12 1 ∞ 18,850 18,868 —30
Высота зуба в осевом сечении	h_0	мм	$h_0 = 2,5m_0 = 6 \cdot 2,5 = 15$
Радиус окружности фрезы	R_{f0}	мм	$R_{f0} = R_{a0} - h_0 = 75 - 15 = 60$
Передний угол на окружности ножек зубьев	γ_{f0}	град.	$\sin \gamma_{f0} = \frac{R_{a0} \sin \gamma_0}{R_{f0}} = \frac{75 \cdot (-0,5)}{60} =$ $= -0,625$ $\gamma_{f0} = 38,68217^\circ$
Высота зуба фрезы по передней поверхности	h_{γ_0}	мм	$h_{\gamma_0} = \frac{R_{f0} \sin (\gamma_{f0} - \gamma_0)}{\sin \gamma_0} =$ $= \frac{60 \sin (-8,68217^\circ)}{\sin (-30^\circ)} =$ $= 120 \cdot 0,150953 = 18,1144$
Смещение по задней поверхности	b	мм	$b = \frac{P_{x0} (\gamma_{f0} - \gamma_0)}{360^\circ} =$ $= \frac{18,868 (-38,682187^\circ + 30^\circ)}{360^\circ} =$ $= -0,455043$
Угол профиля зуба фрезы в осевом сечении	α_{x0}	град.	$\operatorname{tg} \alpha_{x0} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 2^\circ 31' 35''} =$ $= 0,364324;$ $\alpha_{x0} = 20,0179139^\circ$

Параметр	Обозначение параметра	Единица	Расчетные формулы и пример расчета
Угол профиля зуба фрезы по передней поверхности: левый	α_{xL0}	град.	$\operatorname{tg} \alpha_{xL0} = \frac{h_0 \operatorname{tg} \alpha_{x0} + b}{h_{\gamma 0}} =$ $= \frac{15 \cdot 0,364324 + (-0,455043)}{18,1144} =$ $= 0,276565; \alpha_{xL0} = 15^\circ 27' 35''$
правый	α_{xR0}	град.	$\operatorname{tg} \alpha_{xR0} = \frac{h_0 \operatorname{tg} \alpha_{x0} - b}{h_{\gamma 0}} =$ $= \frac{15 \cdot 0,364324 - (-0,455043)}{18,1144} =$ $= 0,326806; \alpha_{xR0} = 18^\circ 05' 52''$

личных элементов крепления и регулировки для установки резцов. Резцовая головка работает методом огибания. Режущие кромки резцов выполняются прямолинейными и за счет определенной взаимной установки, определяемой специальным расчетом, обеспечивают необходимую точность профилирования колеса.

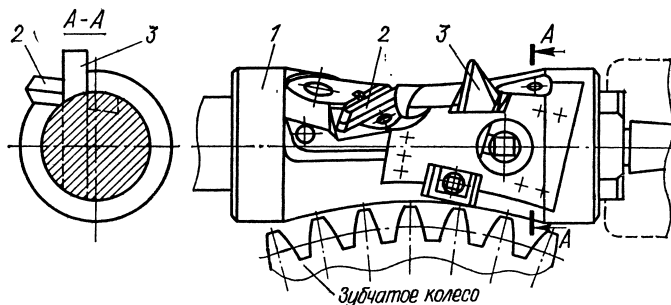


Рис. 13.38. Двухлезвийная резцовая головка

Угол наклона режущих кромок и нормали вектора скорости устанавливается от -40° до -60° . Режимы резания: $v = 60 \div 80$ м/мин, $S = 2 \div 3$ мм/об., глубина резания $t = 0,2 \div 0,5$ мм. Головка из-за простоты конструкции резцов очень надежна и удобна в эксплуатации.

Червячные фрезы для нарезания колес передач Новикова. Являются наиболее распространенным инструментом для нарезания колес зацепления Новикова. Проектирование указанных червячных фрез аналогично проектированию червячных фрез для цилиндрических колес эвольвентного зацепления. За основу проектирования принимается исходный контур передачи Новикова,

размеры которого устанавливаются в нормальном сечении профиля зубьев червячной фрезы

На практике получили распространение цельные конструкции червячных фрез в диапазоне модулей 1,6—16 мм (ГОСТ 16771—81). Основные конструктивные и расчетные размеры чистовых червячных фрез для нарезания колес зацепления Новикова модулей 1,6—10 мм приведены на рис. 13.39 и в табл. 13.40, а расчетные размеры профиля зубьев в нормальном сечении (ГОСТ 16771—81) даны в табл. 13.41.

Червячные фрезы зацепления Новикова изготавливаются из тех же марок быстрорежущих сталей, что и обычные червячные

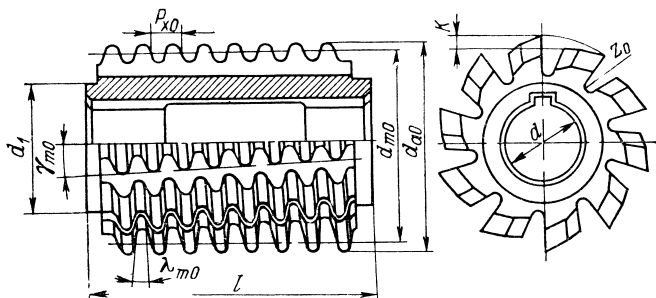


Рис. 13.39. Червячная фреза зацепления Новикова

фрезы со шлифованным профилем зубьев. При этом шлифованная часть зубьев цельных фрез должна быть не менее 1/2 длины зуба, считая по окружности вершин зубьев, для фрез модулей до 4 мм, и 1/3 длины зуба — для фрез модулей свыше 4 мм. Допуски и предельные отклонения проверяемых параметров цельных однозаходных червячных фрез (ГОСТ 16771—81) приведены в табл. 13.42. Весьма перспективными также являются двух- и трехзаходные червячные фрезы зацепления Новикова с износостойким покрытием.

Червячные фрезы для нарезания шлицевых валов с эвольвентным профилем. Выбор конструктивных размеров червячных фрез, предназначенных для нарезания шлицевых валов с эвольвентным профилем, ничем не отличается от выбора размеров червячных фрез для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем зубьев, в связи с чем методика расчета их полностью совпадает. При расчете червячных фрез для шлицевых валов следует учитывать некоторые их особенности:

угол зацепления эвольвентно-шлицевых соединений равен 30° ;

шлицевые валы имеют укороченную высоту головки h_{a0} и зуба h_0 ;

шлицевые валы изготавливаются с двумя формами впадины между зубьями: с плоским и закругленным дном.

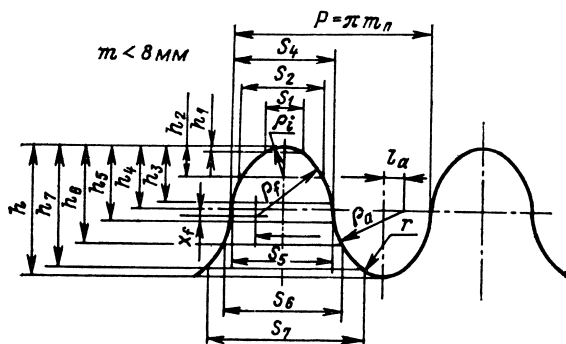
Для расчета или выбора основных размеров чистовых червячных фрез можно руководствоваться данными ГОСТ 6637—80Е,

13.40. Основные и расчетные размеры чистовых однозаходных червячных фрез для передач Новикова, мм

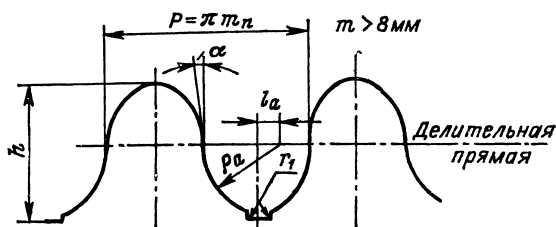
m_0	d_{a0}	d	d_1	l	$\gamma_{m0} = \lambda_{m0}$	P_{x0}	z_0
1,6	63	27	40	50	1° 35′	5,029	12
1,8					1° 48′	5,658	
2,0				63	2° 00′	6,287	
2,25	71			56	2° 01′	7,073	
2,5				63	2° 15′	7,860	
2,8	80			32	50	71	
3,15	90	80	2° 15′			9,904	
3,55			2° 34′			11,164	
4,0		90	2° 55′			12,583	
4,5			3 20′			14,161	
5,0	100	100	3° 19′			15,734	
5,6	112	40	60	112	3° 20′	17,623	9
6,3	118			118	3° 37′	19,832	
7,1	125			125	3° 52′	22,356	
8				132	4° 26′	25,208	
9	140			140	4° 27′	28,360	
10	150			50	75	170	

распространяемого на диапазон модулей 0,5—10 мм (табл. 13.43). Допуски и предельные отклонения чистовых червячных фрез для нарезания шлицевых валов с эвольвентным профилем классов точности А, В и С приведены в табл. 13.44.

Червячные фрезы для нарезания шлицевых валов с прямым профилем. Применяются для нарезания шлицевых валов с центрированием соединения по наружному или внутреннему диаметрам. Для нарезания шлицевого вала с центрированием по внутреннему диаметру и боковым сторонам предназначены так называемые червячные фрезы с «усиками» (рис. 13.40), обеспечивающими получение прямолинейного участка по всей высоте зуба вала, а образуемые ими канавки у основания зубьев облегчают процесс шлифования шлицевых валов. Для нарезания шлицевого вала с центрированием по наружному диаметру и боковым сторонам служат червячные фрезы без усиков. В обоих случаях червячные фрезы обеспечивают точность обработки не выше требования посадки d 10 СТ СЭВ 880—78.



m_0	ρ_f	l_f	x_f	ρ_a	l_a	ρ_i	h	h_1	S_1	h_2	S_2
1,6	2,091	0,808	0,116	1,835	0,628	0,836	3,3	0,196	1,077	0,847	2,110
1,8	2,353	0,909	0,131	2,065	0,707	0,940	3,7	0,221	1,211	0,953	2,373
2	2,614	1,011	0,135	2,294	0,785	1,045	4,1	0,246	1,346	1,059	2,637
2,25	2,941	1,137	0,163	2,581	0,884	1,176	4,7	0,276	1,514	1,191	2,967
2,5	3,268	1,263	0,182	2,868	0,982	1,306	5,1	0,307	1,682	1,323	3,296
2,8	3,660	1,415	0,203	3,212	1,100	1,463	5,8	0,344	1,884	1,482	3,692
3,15	4,117	1,592	0,229	3,613	1,237	1,646	6,6	0,387	2,120	1,667	4,153
3,55	4,580	1,739	0,226	4,082	1,394	1,852	7,4	0,425	2,361	1,874	4,682
4	5,160	1,960	0,254	4,600	1,571	2,086	8,4	0,479	2,660	2,112	5,276
4,5	5,805	2,205	0,286	4,175	1,767	2,347	9,4	0,539	2,993	2,376	5,935
5	6,450	2,405	0,318	6,440	1,984	2,608	10,5	0,599	3,325	2,640	6,595
5,6	7,224	2,744	0,356	7,245	2,199	2,921	11,7	0,671	3,724	2,956	6,386
6,3	8,127	3,087	0,400	8,465	2,474	3,286	13,1	0,754	4,190	3,324	8,309
7,1	9,017	3,370	0,387	9,200	2,788	3,598	14,8	0,780	4,475	3,748	9,327
8	10,100	3,797	0,436	10,350	3,142	4,054	17,0	0,879	5,042	4,223	10,511
9	11,430	4,272	0,490	11,500	3,534	4,561	19,5	0,989	5,672	4,761	11,825
10	12,700	4,746	0,545	12,880	3,927	5,068	21,5	1,099	6,33	5,279	13,139
11,2	14,000	5,116	0,508	14,375	4,398	5,576	24,0	1,146	6,773	5,913	14,716
12,5	15,625	5,710	0,568	16,100	4,909	6,223	26,5	1,279	7,559	6,599	16,424
14	17,500	6,395	0,636	16,100	5,498	6,970	29,5	1,433	8,466	7,391	18,395
16	20,000	7,309	0,726	18,400	6,283	7,966	33,4	1,637	9,675	8,443	21,023

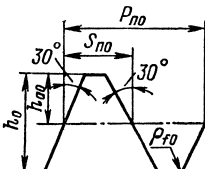
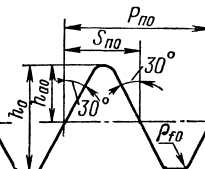


h_3	S_3	h_4	S_4	h_5	S_5	h_6	S_6	h_7	S_7	P_{h0}	α
1,499	2,523	1,680	2,575	1,941	2,650	2,513	3,013	3,120	4,008	5,027	8° 10' 30"
1,686	2,838	1,890	2,897	2,184	2,981	2,827	3,389	3,500	4,509	5,655	
1,874	3,154	2,100	3,219	2,426	3,313	3,141	3,766	3,900	5,010	6,288	
2 108	3,548	2,362	3,621	2,729	3,724	3,534	4,237	4,387	5,636	7,069	
2,342	3,942	2,625	4,024	3,033	4,141	3,927	4,708	4,875	6,262	7,854	7° 39' 47"
2,623	4,415	2,940	4,506	3,397	4,538	4,398	5,272	5,460	7,014	8,796	
2,951	4,967	3,308	5,070	3,821	5,217	4,948	5,932	6,142	7,890	9,896	
3,342	5,599	3,728	5,702	4,272	5,849	5,581	6,666	6,922	8,858	11 153	
3,766	6,308	4,200	6 425	4,813	6,590	6,288	7,511	7,800	9,981	12,566	8° 23' 02"
4,237	7,097	4,725	7,228	5,415	7,414	7,074	8,450	8,775	11,228	14,137	
4,708	7,885	5,250	8,031	6,017	8,238	7,860	9,388	9,750	12,476	15,708	
5,273	8,832	5,880	8,995	6,739	9,226	8,804	10,515	10,920	13,973	17,593	
5,932	9,936	6,615	10,120	7,581	10,379	9,904	11,828	12,285	15,720	19,792	8° 34' 37"
6,527	11,102	7,455	11,375	8,645	11,726	11,162	13,331	13,845	17,716	22,305	
7 354	12,509	8,40	12,817	9,741	13,213	12,577	15,022	15,600	19,962	25,133	
8,274	14,073	9,450	14,419	10,959	14,863	14,149	16,899	17,550	22,457	28,274	
9,193	15,636	10,500	16,021	12,177	16,516	15,721	18,777	19,500	24,952	31,416	8° 34' 37"
10,181	17,455	11,760	17,931	13,681	18,510	17,607	21,030	21,840	27,946	35,186	
11,362	19,481	13,127	20,012	15,269	20,659	19,651	23,471	24,375	31,190	39,270	
12,726	21,818	14,700	22,414	17,101	23,138	22,009	26,287	27,300	34,993	43,982	
14,544	24,935	16,800	25,616	19,544	26,443	25,153	30,043	31,200	39,923	50,265	

**13.42. Допуски и предельные отклонения параметров червячных фрез
для передач Новикова**

Параметр	Обо- значе- ние	Класс точ- ности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм				
			до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 16
Диаметр посадочного отверстия	d	A B	H6				
Радиальное биение буртиков	f_y	A B	10 16		12 20		
Торцовое биение бур- тиков	f_t	A B	6 10		8 12	10 16	
Радиальное биение по вершинам зубьев	f_{rd0}	A B	25 40	32 50	40 68	50 80	68 100
Профиль передней поверхности	γ	A B	32 50	40 63	50 80	63 100	80 160
Разность соседних окружных шагов	f_{u0}	A B	32 50	40 63	50 80	63 100	80 160
Накопленная погреш- ность окружного шага стружечных канавок	F_{P0}	A B	50 80	63 100	80 125	100 160	125 200
Профиль зуба	f_{f0}	A B	20 25	25 32	25 32	32 40	32 50
Толщина зуба	T_{s0}	A B	± 20 ± 20	± 25 ± 25	± 32 ± 32	± 40 ± 40	± 50 ± 50
Осевой шаг фрезы	f_{Px0}	A B	± 8 ± 12	± 10 ± 18	± 12 ± 20	± 16 ± 25	± 20 ± 32
Накопленное откло- нение шага на длине любых трех шагов	f_{Px3^0}	A B	± 16 ± 25	± 20 ± 32	± 25 ± 40	± 32 ± 50	± 40 ± 63
Винтовая линия фре- зы от зуба к зубу	f_{h1^0}	A B	6 10	8 12	10 16	12 20	16 25
Винтовая линия фре- зы на одном обороте	f_{h0}	A B	12 20	16 25	20 32	25 40	32 50
Винтовая линия фре- зы на трех оборотах	f_{h3^0}	A B	20 32	25 40	32 50	40 63	50 80

13.43. Основные и расчетные конструктивные размеры чистовых червячных фрез для шлицевых валов с эвольвентным профилем (ГОСТ 6637—80), мм

$Tun\ I$  $Tun\ II$ 										
m_0	d_{a0}	d	l	z_0	d_{m0}	S_{n0}	Тип I		Тип II	
							h_0	h_{a0}	h_0	h_{a0}
0,5	50	22	32	12	48,21	0,785	0,70	0,35	0,79	0,44
0,6					48,05	0,943	0,84	0,42	0,95	0,53
0,8					47,73	1,256	1,12	0,56	1,27	0,71
1,0					47,42	1,571	1,40	0,70	1,585	0,89
1,25					47,02	1,963	1,75	0,88	1,98	1,11
1,5	56	27	45	10	52,43	2,356	2,10	1,05	2,38	1,33
2,0	63		50		58,63	3,141	2,80	1,40	3,17	1,77
2,5	71		63		65,44	3,927	0,35	1,75	3,96	2,21
3,0	80		71		73,45	4,712	4,20	2,10	4,75	2,66
3,5	90		80		72,65	5,498	4,90	2,45	5,55	3,10
4,0		81,64	6,283	5,60	2,8	6,34	3,54			
5,0		79,67	7,854	7,0	3,50	7,93	4,43			
6,0		99,69	9,425	8,40	4,20	9,51	5,31			
7,0	40	112	9	98,11	10,995	9,80	4,90	11,10	6,20	
8,0		118		109,12	12,566	11,20	5,60	12,68	7,08	
8,0		118		109,12	12,566	11,20	5,60	12,68	7,08	
10,0		140		120,55	15,708	14,0	7,0	15,85	8,85	

13.44. Допуски и предельные отклонения чистовых червячных фрез для шлицевых валов с эвольвентным профилем

Проверяемый параметр	Обозначение допуска	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм				
			до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6 до 10
Диаметр посадочного отверстия	f_d	A	H5				
		B и C	H6				

Проверяемый параметр	Обозначение допуска	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм. при m_0 мм				
			до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6 до 10
Радиальное биение буртиков	f_y	A	5	5	6	8	10
		B	6	8	10	12	16
		C	10	12	16	20	25
Торцовое биение буртиков	f_t	A	4	4	5	6	8
		B	5	5	6	8	10
		C	8	8	10	12	16
Радиальное биение по вершинам зубьев	f_{rda}	A	16	20	25	32	40
		B	25	32	40	50	63
		C	50	63	80	100	125
Профиль передней поверхности	f_v	A	16	20	25	32	40
		B	25	32	40	50	63
		C	50	63	80	100	125
Разность соседних окружных шагов	f_{u0}	A	16	20	25	32	40
		B	25	32	40	50	63
		C	50	63	80	100	125
Накопленная погрешность окружного шага стружечных канавок	F_{P0}	A	32	40	50	63	80
		B	50	63	80	100	125
		C	100	125	160	200	250
Направление стружечных канавок	f_x	A	± 80 ± 100 ± 125				
		B					
		C					
Профиль зуба	f_{f0}	A	6	8	10	12	16
		B	10	12	16	20	25
		C	20	25	32	40	50
Толщина зуба	T_{S0}	A	20	25	32	40	50
		B	25	32	40	50	63
		C	50	63	80	100	125
Винтовая линия фрезы от зуба к зубу	f_{h10}	A	5	6	8	10	12
		B	8	10	12	16	20
		C	16	20	25	32	40
Винтовая линия фрезы на одном обороте	f_{h0}	A	8	10	12	16	20
		B	12	16	20	25	32
		C	25	32	40	50	63
Винтовая линия фрезы на трех оборотах	f_{h30}	A	18	20	25	32	40
		B	25	32	40	50	63
		C	—	—	—	—	—
Осевой шаг фрезы	f_{P10}	A	—	—	—	—	—
		B	± 10	± 10	± 15	± 15	± 25
		C	± 15	± 15	± 20	± 20	± 30
Накопленное отклонение шага на длине любых трех шагов	f_{Px30}	A	—	—	—	—	—
		B	± 15	± 15	± 25	± 25	± 40
		C	± 25	± 25	± 32	± 32	± 48

Фрезы червячные изготавливаются классов точности А, В и С. При этом рекомендуется применять фрезы класса точности А для

Фрезы червячные изготавливаются классов точности А, В и С. При этом рекомендуется применять фрезы класса точности А для

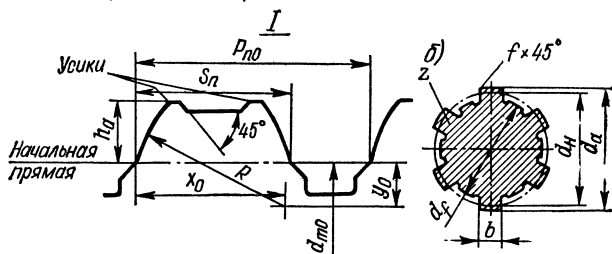


Рис. 13.40. Червячная фреза (а) для нарезания шлицевого вала (б) с центрированием по внутреннему диаметру

чистового нарезания шлицевых валов с полями допусков по толщине зуба d_9 , h_9 , e_9 , f_9 и внутреннему диаметру — e_9 , класса точности В для чистового нарезания валов с полями допусков по толщине зуба d_{10} и внутреннему — e_8 (допуск по наружному диаметру вала не лимитируется). Фрезы класса точности С предназначены для чернового нарезания валов. Следует отметить, что обработка валов по толщине зуба по 9-му качеству точности обеспечивается только в случае применения зуборезных станков и оснастки повышенной точности, выдерживания всех технологических регламентов.

На рис. 13.40¹ показаны основные размеры червячной фрезы с «усиками» для нарезания шлицевого вала с центрированием по внутреннему диаметру, а в табл. 13.46 — допускаемые предельные отклонения параметров червячных фрез. Расчетные размеры профиля червячных фрез для нарезания шлицевых валов по

**13.45. Основные размеры червячных фрез для шлицевых валов
с прямобочным профилем, мм**

Размеры шлице- вого вала $z \times d_f \times d_a$	d_{a0}	d	l	z_0	Размеры шлице- вого вала $z \times d_f \times d_a$	d_{a0}	d	l	z_0
<i>Легкая серия</i>					$8 \times 62 \times 72$ $10 \times 72 \times 82$ $10 \times 82 \times 92$	112	40	90	12
$6 \times 26 \times 30$ $6 \times 28 \times 32$ $8 \times 32 \times 36$	70	27	63	12	$10 \times 92 \times 102$ $10 \times 102 \times 112$ $10 \times 112 \times 125$	120	40	100 112	
$8 \times 36 \times 40$ $8 \times 42 \times 46$	80	32	70		14	<i>Тяжелая серия</i>			
$8 \times 46 \times 50$ $8 \times 52 \times 58$ $8 \times 56 \times 62$	90	32	80	$10 \times 16 \times 20$ $10 \times 18 \times 23$		63	22	50	10
$8 \times 62 \times 68$ $10 \times 72 \times 78$ $10 \times 82 \times 88$	100	40	90	$10 \times 21 \times 26$ $10 \times 23 \times 29$		70	27	56	
$10 \times 92 \times 98$ $10 \times 102 \times 108$	112	40	100	$10 \times 26 \times 32$ $10 \times 28 \times 35$ $10 \times 32 \times 40$		80	27	63	
$10 \times 112 \times 120$	120	40	112	$10 \times 36 \times 45$ $10 \times 42 \times 52$	90	32	70		
<i>Средняя серия</i>					$10 \times 46 \times 56$ $16 \times 52 \times 60$ $16 \times 56 \times 65$	100	32	80	12
$6 \times 16 \times 20$ $6 \times 18 \times 22$	63	22	50	10	$16 \times 62 \times 72$ $16 \times 72 \times 82$ $20 \times 82 \times 92$	112	40	90	
$6 \times 21 \times 25$ $6 \times 23 \times 28$	70	27	56		12	$20 \times 92 \times 102$ $20 \times 102 \times 115$ $20 \times 112 \times 125$	120	40	100 112
$6 \times 26 \times 32$ $6 \times 28 \times 34$ $8 \times 32 \times 38$	80	27	63	$8 \times 36 \times 42$ $8 \times 42 \times 48$		90	32	70	
$8 \times 46 \times 54$ $8 \times 52 \times 60$ $8 \times 56 \times 65$	100	32	80						

**13.46. Допуски и предельные отклонения параметров червячных фрез
для шлицевых валов с прямобочным профилем
по ГОСТ 8027—87**

Проверяемый параметр	Обозначение допуска	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при нормальном шаге зубьев, мм				
			до 6 3	св. 6,3 до 11	св. 11 до 19	св. 19 до 32	св. 32
Диаметр посадочного отверстия	f_d	A	H5				
		B и C	H6				
Радиальное биение буртиков	f_y	A	5	5	6	8	10
		B	6	8	10	12	16
		C	12	15	20	25	32
Торцовое биение буртиков	f_t	A	3	4	5	6	8
		B	4	6	6	8	10
		C	8	10	12	16	20
Радиальное биение по вершинам	f_{rda}	A	20	25	32	40	50
		B	32	40	50	63	80
		C	63	80	100	125	160
Профиль передней поверхности	f_v	A	20	25	32	40	50
		B	32	40	50	63	80
		C	63	80	100	125	160
Разность соседних окружных шагов	f_{u0}	A	20	25	32	40	50
		B	32	40	50	63	80
		C	63	80	100	125	160
Накопленная погрешность окружного шага стружечных канавок	F_{p0}	A	40	50	63	80	100
		B	63	80	100	125	160
		C	125	160	200	250	315
Направление стружечных канавок	f_x	A	± 80				
		B	± 100				
		C	± 125				
Винтовая линия фрезы на одном обороте	f_{h0}	A	10	12	16	25	32
		B	16	20	25	32	40
		C	32	40	50	63	80
Осевой шаг фрезы	f_{px0}	A	± 8	± 9	± 10	± 10	± 12
		B	± 12	± 16	± 18	± 18	± 20
		C	± 20	± 25	± 28	± 32	± 40
Отклонение осевого шага между «n» зубьев (шагов)	f_{px20}	A	± 16	± 18	± 20	± 20	± 25
		B	± 25	± 32	± 36	± 36	± 40
		C	± 40	± 50	± 56	± 56	± 63

ГОСТ 1139—80* стандартизованы и представлены в отраслевом стандарте Минстанкопрома.

Для определения основных конструктивных и расчетных размеров червячных фрез для шлицевых валов с прямобочным профилем может быть рекомендована следующая методика.

Исходные данные для расчета: наружный d_a и внутренний d_f диаметры шлицевого вала, ширина шлица b , число шлицев z , размер и угол фаски f .

Последовательность расчета следующая.

Расчетный наружный диаметр

$$d_{a \text{ рас}} = d_{a \text{ max}} - 2f_{\text{min}},$$

где f_{min} — минимальный размер фаски.

Расчетный внутренний диаметр

$$d_{f \text{ рас}} = d_{f \text{ min}} + 0,4E,$$

где E — поле допуска на внутренний диаметр.

Расчетная ширина шлица

$$b_{\text{рас}} = b_{\text{min}} + 0,4E_1,$$

где E_1 — поле допуска на ширину шлица.

Диаметр начальной окружности

$$d_H = \sqrt{d_{a \text{ рас}}^2 - 0,75b_{\text{рас}}^2}.$$

Нормальный шаг

$$P_{n0} = \pi d_H / z.$$

Наружный диаметр d_{a0} , число зубьев z_0 фрезы выбираются по стандартам.

Высота шпоночного выступа

$$h = \frac{d_H - d_{f \text{ рас}}}{2}.$$

Величина падения затылка зуба фрезы:

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg} \alpha_{a0}; \quad K_1 = (1,2 \div 1,5) K.$$

Средний расчетный диаметр фрезы

$$d_{m0} = d_{a0} - 2h - (0,2 \div 0,3) K.$$

Угол подъема винтовой линии фрезы

$$\gamma_{m0} = \arcsin \frac{P_{n0}}{\pi d_{m0}}.$$

Шаг винтовой стружечной канавки фрезы

$$P_{z0} = \pi d_{m0} \operatorname{ctg} \gamma_{m0}.$$

Осевой шаг фрезы

$$P_{x0} = P_{n0} \sec \gamma_{m0}.$$

Радиус-вектор последней точки шлицевого вала, обрабатываемой методом обката,

$$R_{\min} = \frac{\sqrt{d_n^2 \cos^2 \alpha_{\max} + b_{\text{pac}}^2}}{2},$$

где

$$\alpha_{\max} = \arcsin \frac{b_{\text{pac}} + \sqrt{b_{\text{pac}}^2 + 16R_n h}}{2d_n}.$$

Радиус-вектор R_n расчетных точек, лежащих на боковой поверхности зуба шлицевого вала ($n = 1, 2, \dots, m$), задают через 0,5—0,8 мм: $R_1 = R_{\text{a pac}}$; $R_2 = R_n$, ..., $R_n = R_{\min}$, т. е. каждой точке профиля зуба, расположенной на радиусе-векторе R_n , соответствует определенная расчетная точка профиля зуба червячной фрезы.

Угол профиля зуба фрезы — угол между касательной к профилю в выбранной точке и прямой, перпендикулярной к оси фрезы (переменный параметр параметрического уравнения)

$$\alpha_n = \arccos \frac{\sqrt{d_n^2 - b_{\text{pac}}^2}}{d_n}.$$

Определяется α_n для всех выбранных радиус-векторов R_n .

Угол поворота шлицевого вала от центрального положения

$$\varphi_n = 180^\circ/z - \alpha_n.$$

Координаты точек профиля зуба фрезы:

$$X = \sin \alpha_n (R_n \sin \alpha_n - b_{\text{pac}}/2);$$

$$Y = \cos \alpha_n (R_n \sin \alpha_n - b_{\text{pac}}/2) + R_n \varphi_n.$$

Координаты X , Y рассчитываются для всех выбранных точек зуба шлицевого вала, после чего определяется и вычерчивается весь активный участок профиля зуба червячной фрезы.

Толщина зуба $S_n = 2Y_n$.

При невозможности изготовить профиль зуба фрезы по координатам отдельных точек применяют замену теоретического профиля дугами одной или двух окружностей [26], после чего необходимо произвести расчет получаемой погрешности профиля.

Червячные фрезы для нарезания зубчатых колес под шевингование. Применяются в серийном и массовом производстве зубчатых колес, подвергаемых в дальнейшем чистовой обработке — шевингованию. В конструктивном отношении червячные фрезы под шевингование отличаются от стандартных фрез только формой профиля зубьев, которая выбирается в зависимости от размеров обрабатываемых колес и желаемого распределения припуска под последующую чистовую обработку. В отечественной и мировой практике нашли применение в основном три стандартных типа профиля зубьев фрез — 1, 2 и 3, основные размеры которых пред-

ставлены в табл. 13.30 и 13.31. Тип 1 характеризуется уменьшенным углом профиля и применяется для нарезания колес модулей 1—1,75 мм. Тип 2 имеет утолщение на головке («усики») и предназначен для нарезания колес модулей 2—8 мм. Тип 3 характеризуется утолщением головки и ножки зуба и применяется для нарезания колес модулей 3—10 мм. Целью любой модификации профиля зубьев фрез является улучшение условий шевингования, которое может быть обеспечено только при определенном распределении припуска под шевер. На рис. 13.41 показаны формы зубьев колес после нарезания червячной фрезой с модифицированным профилем зубьев согласно типов профиля 1, 2 и 3.

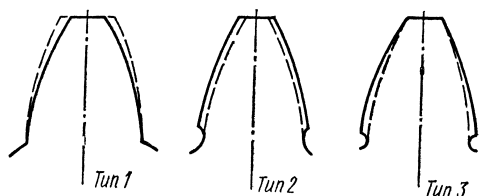


Рис. 13.41. Формы зубьев колес под шевингование

Фрезы под шевингование по сравнению с чистовыми фрезами имеют уменьшенную толщину зуба на размер припуска под шевингование, а все конструктивные основные и расчетные размеры, технические требования принимаются по аналогии с данными для стандартных червячных фрез (ГОСТ 9324—80Е). Поэтому основной особенностью расчета фрез под шевингование является только дополнительное определение размеров модификации профиля зубьев — утолщения и фланка. Высота усика n , обеспечивающая необходимый припуск под шевингование, выбирается в пределах 0,05—0,12 мм для фрез модулей 1—10 мм. Для фрез модулей менее 1 мм $n = 0,04 \div 0,05$ мм.

Расстояние h_y от головки зуба фрезы до начала усика определяется по формуле

$$h_y = h_{a0} - (r \sin \alpha_{\omega t} - \rho - n) \sin \alpha_{\omega t}.$$

Здесь h_{a0} — высота головки зуба фрезы; r — радиус делительной окружности колеса; $\alpha_{\omega t}$ — торцовый угол зацепления колес в передаче; n — припуск под шевингование; $\rho = a \sin \alpha_{\omega t} - 0,5 \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}$, где ρ — радиус кривизны в точке начала активной части профиля; a — межосевое расстояние зубчатой передачи; d_{a1} и d_{b1} — диаметры вершин зубьев и основной окружности шестерни, сопряженной с обрабатываемым колесом.

Угол фланка

$$\alpha_{\phi} = \alpha_{n0} + (10 \div 15)^\circ.$$

Расстояние от головки зуба фрезы до начала фланка h_{f0} рассчитывается по формуле

$$h_{f0} = h_{a0} + (r'_a \sin \alpha_f - r \sin \alpha_1) \sin \alpha_1.$$

Здесь r'_a — радиус вершин зубьев обрабатываемого колеса; $r'_a = r_a - (0,2 \div 0,5)$;

$$\alpha_f = \arccos \frac{r \cos \alpha_1}{r'_a}; \quad \alpha_1 = \arctg(\tg \alpha_{n0} - n/h_\Phi),$$

где $h_\Phi = r_1 \sin \alpha_{n0} - \sqrt{r_\Phi^2 - r_{b1}^2}$; $r_\Phi = r_{f1} + 0,36m$.

Обозначения r_1 , r_{b1} , r_{f1} относятся к радиусам делительной, основной окружностей и окружности впадин обрабатываемого колеса.

Червячные фрезы для нарезания червячных колес. Фреза должна быть спрофилирована в соответствии с формой профиля витков червяка (архимедова, эвольвентного или конволютного), с которым колесо находится в зацеплении. Выбор и расчет профиля должны производиться по методике, изложенной выше, для профилирования червячных зуборезных фрез. Исходные данные для расчета фрезы задаются в осевом сечении червяка: модуль m или шаг P , угол зацепления α_ω , шаг по оси P_x , толщина зуба по оси S_x , наружный диаметр червяка d_a , средний расчетный диаметр d_m , угол наклона линии зуба на делительном диаметре β_b , число заходов червяка z_1 , число зубьев колеса z , радиальный зазор передачи C , наибольший радиус окружности выступов червячного колеса $r_{a \text{ м1}}$, направление подъема линии витка. Метод нарезания колеса — радиальный или тангенциальный.

Фрезы изготавливаются как насадными, так и хвостовыми, однако так как червяки обычно имеют небольшие диаметральные размеры, червячные фрезы также должны иметь небольшой диаметр, поэтому они в большинстве случаев выполняются с коническим хвостовиком, размеры которого определяются посадочными местами станка.

Число заходов фрезы должно быть равно числу заходов червяка, в связи с чем в случае конструирования многозаходных фрез получают значительные углы подъема витков фрез (до $35-40^\circ$), что затрудняет их изготовление.

Последовательность расчета конструктивных параметров фрез следующая.

1. Средний расчетный диаметр $d_{m0} = d_m$.
2. Осевой шаг зубьев фрезы $P_{x0} = P_x$.
3. Наружный диаметр $d_{a0} = d_a + 2(C + a)$, где a — запас на переточку, $a = 0,1 \div 0,8$ мм.
4. Наружный диаметр переточенной фрезы $d_{a0 \text{ min}} = d_a + C$.
5. Число зубьев фрезы выбирают таким, чтобы оно не имело общих множителей с числом ее заходов, а число зубьев колеса было некратным числу зубьев фрезы и числу ее заходов.
6. Заборный конус выполняется у фрез, работающих с тангенциальной подачей и врезанием, в пределах $\varphi_K = 11 \div 13^\circ$ на длине $l_K = (2,5 \div 3) P_{x0}$.
7. Длина рабочей части фрезы $l = (4,5 \div 5) P_{x0}$.

**13.47. Допуски и предельные отклонения параметров червячных фрез
для червячных колес**

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм		
			от 1 до 3,5	св. 3,5 до 6,3	св. 6,3 до 10
Радиальное биение по вершинам зубьев	f_{rda}	A B C	20 40 63	25 50 80	32 63 100
Профиль передней по- верхности	f_{γ}	A B C	40 80 125	50 100 160	63 125 200
Разность соседних ок- ружных шагов	f_{u0}	A B C	40 80 125	50 100 160	63 125 200
Накопленная погреш- ность окружного шага стружечных канавок	F_{P0}	A B C	50 100 160	63 125 200	80 160 250
Направление стружеч- ных канавок	f_{α}	A B C	± 70 ± 100 ± 140		
Профиль зуба	f_{f0}	A B C	10 16 25	12 20 32	16 25 40
Толщина зуба	T_{S0}	A B C	± 12 ± 25 ± 40	± 16 ± 32 ± 50	± 20 ± 40 ± 60
Шаг между заходами (только для многозаходных фрез)	f_{Px0z}	A B C	± 10 ± 16 ± 25	± 12 ± 20 ± 32	± 16 ± 25 ± 40
Осевой шаг захода	f_{Px0}	A B C	± 6 ± 12 ± 20	± 8 ± 16 ± 25	± 10 ± 20 ± 32
Накопленное отклонение осевого шага захода на длине любых трех шагов	f_{Px30}	A B C	± 8 ± 16 ± 25	± 10 ± 20 ± 32	± 12 ± 25 ± 40
Винтовая линия от зуба к зубу	fh_{10}	A B C	8 16 25	10 20 32	12 25 40
Винтовая линия на од- ном обороте	f_{h0}	A B C	12 25 40	16 32 50	20 40 63
Винтовая линия на трех оборотах	f_{h30}	A B C	16 32 50	20 40 63	25 50 80

8. Общая длина хвостовой фрезы $L = l_x + l + l_{x2} + l_{ш1} + l_{ш2}$, где l_x — длина хвостовика; l_{x2} — длина цапфы; $l_{ш1}$ и $l_{ш2}$ — длина шеек.

Предельные отклонения элементов червячных фрез для червячных колес общего назначения могут быть приняты в соответствии с табл. 13.47.

Эксплуатация червячных фрез. Вопросам рациональной эксплуатации червячных фрез должно уделяться особое внимание, так как от этого зависит производительность, точность и экономичность обработки зубчатых колес, их расход. В промышленности наиболее широко применяется зубофрезерование стальных зубчатых колес с твердостью ≤ 300 HB, однако в последнее время производят и чистовое зубофрезерование зубчатых колес с твердостью 42—62 HRC₀. Поскольку наиболее распространенной областью применения червячных фрез является нарезание колес в диапазоне модулей до 10 мм, ниже будут рассмотрены вопросы их эксплуатации в данной области.

Современные зубофрезерные станки снабжены специальными суппортами, в которых фрезерная каретка может непрерывно или периодически перемещаться в направлении оси инструмента. Осевое перемещение фрезы в процессе работы постоянно изменяет характер контакта режущих кромок с обрабатываемым колесом, что дает возможность значительно повысить стойкость инструмента, а также производительность обработки за счет форсирования режимов резания. Предусмотрено осевое перемещение фрезы ручное и механическое. При механическом способе перемещение может быть шаговое (периодическое) и непрерывное (диагональное). Шаговое перемещение используется при полном затуплении зубьев за время одной полной передвижки из одного положения в другое или при многократных передвижках в обе стороны. Наиболее рационально совмещать осевое перемещение фрезы с попутной подачей.

13.48. Допустимый износ и стойкость однозаходных червячных фрез

Параметр	Вид обработки	Обрабатываемый материал	Модуль фрезы m_0 , мм			
			от 1 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10
Стойкость между двумя передвижками фрезы (среднее значение), мин	Черновая и получистовая	Сталь	240	360	480	720
		Чугун	540	720	960	1440
	Чистовая	Сталь	240		360	
		Чугун	480		720	
Критерий затупления (износ по задней поверхности h_z зубьев фрезы), мм	Черновая и получистовая	Сталь, чугун	0,9		1,0	
	Чистовая		0,3		0,4	

13.49. Скорость резания v при зубофрезеровании цилиндрических колес из углеродистых и легированных сталей однозаходными червячными фрезами, м/мин

Обработка	Подача S_0 , мм/об	Модуль нарезаемых колес m_0 , мм					
		от 1,0 до 1,5	св. 1,5 до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10
Черновая и пол- лучистовая (под шевингование и шлифование)	0,8	60	59	58	52	43	38
	1,0	50	49	48,5	44	38	33
	1,3	45	45	44	39	36,5	30
	1,5	43,5	43	43	37	33	28
	1,8	39	39	38	35	30	26,5
	2,0	38	37	37	33,5	29	25
	2,3	—	35,6	35,6	32	26	22
	2,5	—	33,5	33,5	30	24,5	21
	2,8	—	31,5	31,5	28	23	20
	3,0	—	30,5	30,5	27	22	—
	3,2	—	—	29	26	—	—
	3,4	—	—	28	—	—	—
Чистовая по сплошному метал- лу	0,5	62	53	51			
	0,8	52	50	49			
	0,9	49	48	47			
	1,0	46	45	44	—	—	—
	1,2	39	38	37			
	1,4	—	34	33			
	1,8	—	27	26			
Чистовая по прорезанному зу- бу при шерохова- тости $R_z = 40 \div$ $\div 20$ мкм	2,0—2,6			24—26			
	0,7—1,0	—	—	20—24			—

Рациональная эксплуатация червячных фрез зависит от допускаемого износа при заданной их стойкости (табл. 13.48). Значения этих величин установлены исходя из максимально возможного числа переточек, снижения трудоемкости перетачивания и избежания прижогов при снятии больших слоев.

Нормативные режимы резания (скорость, мощность, подача) с поправочными коэффициентами на них для червячных однозаходных фрез в зависимости от условий обработки стальных и чугунных цилиндрических зубчатых колес представлены в табл. 13.49—13.52.

Режимы резания, допустимый износ и стойкость многозаходных червячных фрез для цилиндрических зубчатых колес приведены в табл. 13.53—13.56, червячных фрез для нарезания шлицевых валов с прямобочным профилем — в табл. 13.57—13.59.

**13.50. Подача S_0 при зубофрезеровании цилиндрических колес
однозаходными червячными фрезами, мм/об**

Обработка	Обрабатываемый материал, твердость	m_0 , мм	Группа станков			
			I	II	III	IV
Черновая и пол- лучистовая (под шевингование и шлифование)	Сталь 45, 170— 207 HB	От 1,0 до 1,5 Св. 1,5 до 2,5 Св. 2,5 до 4,0 Св. 4,0 до 6,0 Св. 6,0 до 8,0 Св. 8,0 до 10	0,8—1,3 1,3—1,8 — — — —	1,5—1,8 2,0—2,9 1,8—2,3 1,3—2,0 — —	1,8—2,0 2,5—2,9 2,5—3,2 2,3—2,8 2,0—2,5 2,0—2,5	— 2,5—3,0 2,8—3,4 2,8—3,2 2,5—3,0 2,3—2,8
	Чугун серый, 170— 210 HB	От 1,0 до 1,5 Св. 1,5 до 2,5 Св. 2,5 до 4,0 Св. 4,0 до 6,0 Св. 6,0 до 8,0 Св. 8,0 до 10	1,0—1,5 1,3—2,3 — — — —	1,5—2,3 2,5—3,0 1,8—2,5 1,5—2,0 — —	2,0—2,3 2,7—3,1 2,8—3,3 2,3—3,0 2,3—2,5 2,3—2,8	— 2,8—3,3 3,3—3,6 2,9—3,3 2,5—3,3 2,5—3,0
Чистовая по сплошному ме- таллу при ше- роховатости R_z , мкм: 40—20	Сталь 45, 170— 207 HB	От 1,0 до 1,5 Св. 1,5 до 2,5 Св. 2,5 до 4,0	1,0—1,2 1,2—1,8 1,4—2,0			
10			0,5—0,8 0,8—1,0 0,9—1,2			
40—20	Чугун серый, 170— 210 HB	От 1,0 до 1,5 Св. 1,5 до 2,5 Св. 2,5 до 4,0	1,2—1,4 1,4—1,8 1,5—2,0			
10			0,5—0,8 0,8—1,0 0,9—1,2			
Чистовая по прорезанному зубу при ше- роховатости R_z , мкм: 40—20	Сталь и чугун	До 10	2,0—2,6			
10			0,7—1,0			

**13.51. Поправочный коэффициент на скорость резания при зубофрезеровании
однозаходными червячными фрезами в зависимости от твердости материала**

Марка стали	Твердость HB	K_{vM}	Марка стали	Твердость HB	K_{vM}
Конструкцион- ные углеродистые:	156—187	1,1	Конструкцион- ные легирован- ные: 35X 40X 45X	156—207	1,0
		1,0			
	170—207	0,8			
	207—241	0,9			
35	156—187	1,1	Конструкцион- ные легирован- ные: 35X 40X 45X	156—207	1,0
45	170—207	1,0			
50	207—241	0,8			
	241—275	0,7			

Марка стали	Твердость НВ	K_{vM}	Марка стали	Твердость НВ	K_{vM}
12Х2Н4А 20Х 12ХН3А 20ХНГМ 18ХГТ 20ХН3А	156—229	0,9	30ХГТ 25ХГТ	156—207	0,8
			18Х2Н4МА 38Х2МЮА 20ХГНР	156—229 229—285 До 320	0,8 0,6 0,5
Примечание. Поправочные коэффициенты на скорость резания при зубофрезеровании однозаходными червячными фрезами в зависимости от прочих факторов приведены ниже. Число осевых передвижек фрезы W K_{vW}: 0 1 2 3 и более черновая обработка 1,0 1,1 1,2 1,3 чистовая » 1 1 1 1 Угол наклона зубьев колеса β $\beta, ^\circ$ 0 15 30 45 60 $K_{v\beta}$ 1 1 0,9 0,8 0,7 Число проходов n n Один Первый Второй K_{vn} 1 1 1,4 Класс точности А В, С D $K_{v\Delta}$ 1,05 1,0 0,8 Материал фрезы Инструментальная сталь Р18 Р6М5 Р6М5К5 Р9М4К8 K_{vM} 1,1 1,0 1,2 1,3 Отношение фактической стойкости T_{cp} к нормативной T $T_{ф}/T$ 0,25 0,5 1 2 3 K_{vT} 1,6 1,25 1 0,8 0,7					

13.52. Поправочные коэффициенты на подачу при зубофрезеровании однозаходными червячными фрезами в зависимости от условий резания

Марка стали	Твердость НВ	Коэффициент на подачу K_{SM}	Марка стали	Твердость НВ	Коэффициент на подачу K_{SM}
Конструкционные углеродистые:			12Х2Н4А 20Х 12ХН3А 20ХНГМ 18ХГТ 20ХН3А	156—229	0,9
35	156—187	1,0			
45	170—207 207—241	1,0 0,9			
50	170—229	0,9	30ХГТ 25ХГТ	156—207	0,9
Конструкционные легированные:			18Х2Н4МА 38Х2МЮА	156—229 229—285	0,8 0,7
35Х 40Х 45Х	156—207	1,0			
Примечание. Поправочные коэффициенты на подачу при зубофрезеровании однозаходными червячными фрезами в зависимости от угла наклона зубьев колеса β: $\beta, ^\circ$ 0 15 30 45 60 $K_{S\beta}$: одноименный наклон 1 0,9 0,8 0,65 0,45 разноименный » 1 0,75 0,65 0,5 0,35					

13.53. Подача S_0 при зубофрезеровании многозаходными червячными фрезами, мм/об

Обработка	Обрабатываемый материал, его твердость	m_0 , мм	Группа станков			
			I	II	III	IV
Двухзаходными фрезами	Сталь 45, 170—207 HB	1—1,5	0,6—0,9	1,0—1,3	1,3—1,4	—
		1,5—2,5	0,9—1,3	1,4—1,6	1,8—2,0	1,8—2,1
		2,5—4,0	—	1,3—1,6	1,9—2,2	2,1—2,4
		4,0—6,0	—	1,1—1,4	1,7—2,0	2,0—2,3
		6,0—8,0	—	—	1,5—1,8	1,8—2,1
		8,0—10,0	—	—	1,4—1,8	1,7—2,0
	Чугун серый, 170—210 HB	1—1,5	0,7—1,0	1,2—1,5	1,4—1,6	—
		1,5—2,5	1,1—1,5	1,8—2,1	1,9—2,2	2,0—2,3
		2,5—4,0	—	1,4—1,8	2,0—2,3	2,3—2,5
		4,0—6,0	—	1,0—1,4	1,8—2,1	2,0—2,3
		6,0—8,0	—	—	1,6—2,0	1,8—2,3
		8,0—10,0	—	—	1,6—1,8	1,8—2,1
Трехзаходными фрезами	Сталь 45, 170—210 HB	1—1,5	0,4—0,7	0,8—1,0	0,9—1,0	—
		1,5—2,5	0,7—1,2	1,0—1,2	1,3—1,5	1,3—1,5
		2,5—4,0	—	0,9—1,2	1,3—1,6	1,4—1,7
		4,0—6,0	—	0,7—1,0	1,2—1,4	1,4—1,6
		6,0—8,0	—	—	1,0—1,3	1,3—1,5
		8,0—10,0	—	—	1,0—1,2	1,2—1,4
	Чугун серый, 170—210 HB	1—1,5	0,5—0,8	0,8—1,2	1,0—1,2	—
		1,5—2,5	0,7—1,2	1,3—1,5	1,4—1,6	1,4—1,6
		2,5—4,0	—	1,0—1,3	1,4—1,7	1,6—1,8
		4,0—6,0	—	0,8—1,0	1,2—1,5	1,5—1,7
		6,0—8,0	—	—	1,2—1,4	1,3—1,6
		8,0—10,0	—	—	1,1—1,3	1,3—1,5

13.54. Скорость резания v при зубофрезеровании многозаходными червячными фрезами, м/мин

Обработка	Подача S_0 , мм/об	Модуль нарезаемых колес											
		от 1,0 до 1,5	св. 1,5 до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	от 1,0 до 1,5	св. 1,5 до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10
		Стали углеродистые и легированные						Чугун серый 170—210 HB					
Двухзаходными фрезами	0,6	60	57	56	52	44	40	60	52	49	45	40	35
	0,8	54	53	52	47	39	34	55	49	46	42	37	33
	1,0	45	44	43	40	34	30	50	46	43	39	34	31
	1,3	40	40	40	35	33	27	46	41	39	35	31	30
	1,5	39	39	39	33	30	25	45	40	39	34	30	28
	1,8	35	35	34	31	27	23	42	39	37	33	29	25
	2,0	34	33	33	30	26	22	40	36	35	32	28	25
	2,3	—	32	32	29	23	20	40	35	34	31	27	24
	2,5	—	30	30	27	22	19	—	34	32	30	26	22
	2,8	—	28	28	25	21	18	—	33	31	30	25	21

Обработка	Подача S_0 , мм/об	Модуль нарезаемых колес											
		от 1,0 до 1,5	св. 1,5 до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	от 1,0 до 1,5	св. 1,5 до 2,5	св. 2,5 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10
		Стали углеродистые и легированные						Чугун серый 170—210 НВ					
Трехзаходными фрезами	0,4	56	55	54	52	45	40	52	50	47	45	40	35
	0,6	52	51	50	46	39	35	50	47	44	40	36	32
	0,8	48	47	46	42	35	30	47	44	41	36	34	30
	1,0	40	39	39	35	30	26	44	41	38	34	30	27
	1,3	36	36	35	31	29	24	41	37	35	31	28	26
	1,5	35	34	34	30	26	22	40	35	34	30	27	25
	1,8	31	31	30	28	24	21	38	34	33	29	26	22
	2,0	30	30	30	27	23	20	36	32	31	28	25	20

13.55. Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при зубофрезеровании многозаходными червячными фрезами в зависимости от твердости материала

Марка стали	Твердость НВ	K_{vM}	K_{SM}
Конструкционные углеродистые:			
35	156—187	1,1	1,0
45	170—207 207—241	1,0 0,8	1,0 0,9
50	170—229	0,9	0,9
Конструкционные легированные:			
35X 40X 45X	156—207	1,0	1,0
12X2H4A 20X 12XH3A 20XНГМ 18ХГТ 20XH3A	156—229	0,9	0,9
30ХГТ 25ХГТ	156—207	0,8	0,9

Марка стали	Твердость HB	K_{v_M}	K_{S_M}
18X2H4MA 38X2MЮА 20XГНР	156—229 229—285 До 320	0,8 0,6 0,5;	0,8 0,7 0,6

Примечание. Поправочные коэффициенты на скорость резания при зубофрезеровании многозаходными червячными фрезами в зависимости от прочих факторов приведены ниже.

Число осевых передвижек фрезы W					
W	0	1	2	3 и более	
K_{v_W}					
черновая обработка	1,0	1,1	1,2	1,3	
чистовая »	1	1	1	1	

Угол наклона зубьев колеса β					
$\beta, ^\circ$	0	15	30	45	60
K_{v_β}	1	1	0,9	0,8	0,7

Число проходов n			
n	Один	Первый	Второй
K_{v_n}	1	1	1,4

Материал фрезы				
Инструментальная сталь	P18	P6M5	P6M5K5	P9M4K8
K_{v_M}	1,1	1,0	1,2	1,3

Отношение фактической стойкости T_ϕ к нормативной T					
T_ϕ/T	0,25	0,5	1	2	3
K_{v_T}	1,6	1,25	1	0,8	0,7

13.56. Допустимый износ и стойкость многозаходных червячных фрез

Параметр	Обрабатываемый материал	m_0 , мм			
		От 1 до 4	Св. 4 до 6	Св. 6 до 8	Св. 8 до 10
Стойкость между двумя передвижками T , мин	Сталь Чугун	240 480	360 720	480 960	720 1440
Критерий затупления (износ по задней поверхности зубьев h_3 , мм)	Сталь и чугун	0,8—0,9		0,9—1,0	

**13.57. Режимы резания червячными фрезами для шлицевых валов
с прямобочным профилем**

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Высота шлицев, мм	Подача S_0 , мм/об, при числе шлицев вала			Скорость резания, v , м/мин
			6—8	10—12	14—16	
Углеродистые и легированные стали $<25 \text{ HRC}_\alpha$	Однократная под шлифование	2—3,5 4—6	2,4 2,2	2,6 2,4	2,9 2,6	40 35
	Однократная окончательная	2—3,5 4—6	1,2 1,0	1,4 1,2	1,6 1,4	35 30
Углеродистые и легированные стали $25—35 \text{ HRC}_\alpha$	Однократная под шлифование	2—3,5 4—6	2,0 1,8	2,2 2,0	2,4 2,2	30 25
	Окончательная после предварительной	2—3,5 4—6	1,4 1,3	1,6 1,5	1,6 1,7	40 35
	Однократная окончательная	2—3,5 4—6	1,0 0,8	1,2 1,0	1,4 1,2	30 25

13.58. Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при зубофрезеровании червячными фрезами шлицах валов с прямобочным профилем в зависимости от твердости материала

Марка стали	Твердость HB	K_{vM}	K_{SM}
Конструкционные углеродистые:			
35	156—187	1,1	1,0
45	170—207 207—241	1,0 0,8	1,0 0,9
50	170—229	0,9	0,9
Конструкционные легированные:			
35X 40X 45X	156—207	1,0	1,0
12XНЧА 12XНЗ 20XНМ 18XГТ 20X	156—207	0,9	0,9
30XГТ 25XГТ	156—207	0,8	0,9

Марка стали	Твердость НВ	K_{vM}	K_{SM}
18НВА, 38ХМЮА, 5ХНМ, 6ХНМ	156—229 229—285	0,6 0,5	0,8 0,7

Примечание. Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при зубофрезеровании червячными фрезами шлицевых валов с прямобочным профилем в зависимости от прочих факторов приведены ниже.

Профиль зуба фрезы

Профиль	Без усиков	С усиками
$K_{vф}$	1	0,85

Число шлицев n

n	4	6	8	10	16	20
K_{vz}	0,85	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5

Материал фрезы

Инструментальная сталь . . .	P18	P6M5	P6M5K5	P9M4K8
K_{vM}	1,1	1,0	1,2	1,3

Отношение фактической стойкости $T_{ф}$ к нормативной T

$T_{ф}/T$	0,25	0,5	1	2	3
K_{vT}	1,6	1,25	1	0,8	0,7

Расчетные величины режимов резания следующие.

1. Основное время t_0 зубофрезерования одной детали

$$t_0 = \frac{(b + l_{вр} + l_{пер}) z_1}{n S_0 z_{10}},$$

где b — ширина венца нарезаемого колеса, мм; $l_{вр}$, $l_{пер}$ — длины врезания и перебега, мм; z_1 — число зубьев нарезаемого колеса; S_0 — подача осевая фрезы, мм/об; n — частота вращения фрезы, об/мин; z_{10} — число заходов фрезы.

Длины врезания и перебега находят по формулам:

$$l_{вр} = \frac{\sqrt{h(d_{a0} - h)}}{\cos(\beta \pm \lambda_{m0})};$$

$$l_{пер} = 3m \operatorname{tg}(\beta \pm \lambda_{m0}) + (3 \div 5),$$

где знак «—» берется при одноименных углах наклона зуба колеса и витка фрезы, знак «+» — при разноименных указанных углах; λ_{m0} — угол наклона стружечных канавок фрезы; h — высота нарезаемого зуба колеса.

**13.59. Допустимый износ
и стойкость червячных фрез
для шлицевых валов с прямобочным профилем**

Вид обработки	Стойкость между переточками T, мин	Износ по задней поверхности зуба h_3 , мм
Черновая	600	0,9
Чистовая	300	0,4

2. Расход червячных фрез H_p (в штуках) на данную программу выпуска деталей Π в штуках определяется по формуле

$$H_p = \frac{\Pi t_0}{T(W+1)(n_i+1)},$$

где T — стойкость фрезы между ее осевыми передвижками, мин;
 n_i — число переточек фрезы; W — число осевых передвижек фрезы между ее переточками.

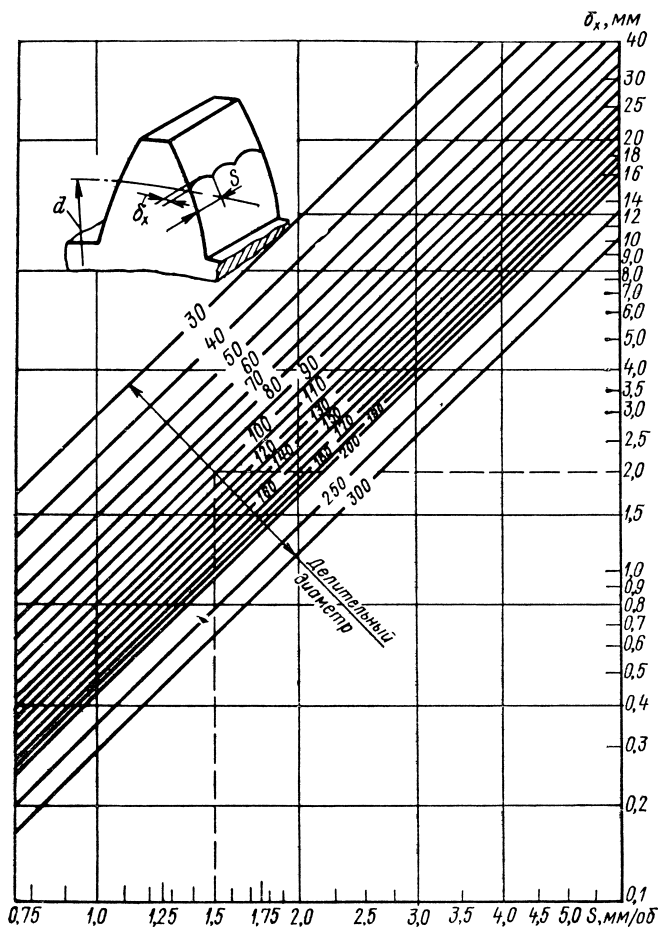


Рис. 13.42. График для определения волнистости по профилю зубьев

Расход фрез может быть значительно уменьшен за счет применения автоматических небольших осевых передвижек фрез (порядка долей окружного шага зубьев нарезаемого колеса) после обработки каждой детали или пакета деталей.

Рациональные значения таких передвижек определяются практически для конкретных условий зубофрезерования. При этом исходный размер передвижки (в мм) однозаходной фрезы можно определить по формулам:

при стружечных канавках, параллельных оси фрезы,

$$B = \frac{\pi m_0}{\cos \gamma_{m0} z_0};$$

при винтовых стружечных канавках

$$B = \frac{\pi m_0 \cos \gamma_{m0}}{z_0}.$$

При выборе режимов резания червячными фрезами следует учитывать волнистость (размер гребешков) по профилю зубьев

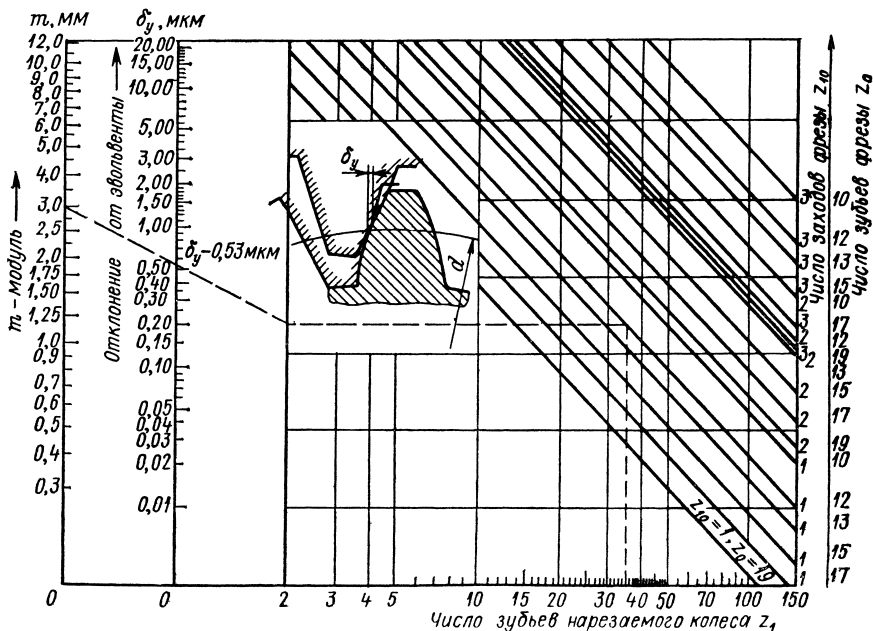


Рис. 13.43. График для определения огранки зуба колеса

в зависимости от подачи (рис. 13.42), а также огранку профиля в зависимости от числа зубьев фрезы и нарезаемого колеса (рис. 13.43).

Червячные фрезы относятся к одному из наиболее сложных и дорогих инструментов, что накладывает определенные условия на его эксплуатацию. Обеспечение правильных условий эксплуатации является залогом снижения стоимости и повышения точности зубообработки. В связи с этим большое внимание необходимо уделять выбору наиболее оптимальных условий и режимов резания, допускаемого износа, а также вопросам заточки и кон-

троля червячных фрез. Неточности червячной фрезы оказывают влияние на точность таких элементов нарезаемых колес, как профиль и основной шаг. Другие размеры элементов зубчатых колес зависят от точности зуборезного станка и различных других факторов процесса зубообработки. Поэтому в процессе эксплуатации особенно тщательно необходимо следить за соблюдением правильной переточки, а также установки фрез на станке.

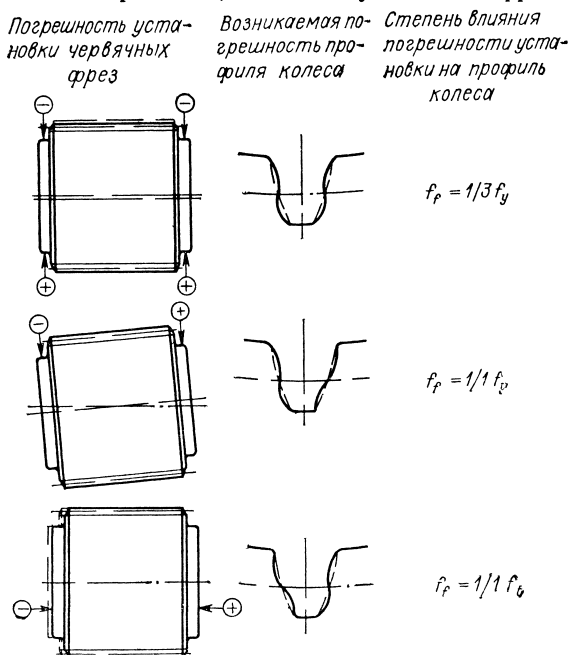


Рис. 13.44. Погрешность установки червячных фрез

На рис. 13.44 показаны три случая наиболее часто встречающихся неточностей установки фрез, среди которых перекос фрезы на оправке и осевое биение фрезы вызывают погрешность профиля колеса в полную величину. Погрешности формы передней поверхности червячной фрезы, возникающие при затачивании, и их влияние на точность профиля нарезаемых колес показаны на рис. 13.45.

Червячные фрезы из быстрорежущей стали должны затачиваться в соответствии с рекомендациями табл. 13.60 и 13.61.

Затачивание червячных фрез может осуществляться различными методами — многопроходного шлифования с делением на зуб после каждого двойного хода, глубинным методом торцом шлифовального круга из эльбора с продольной подачей 0,3—1 м/мин и поперечной подачей 0,2—0,5 мм. Во всех случаях затачивание червячных фрез рекомендуется производить с обильной подачей СОЖ в зону резания.

Формы передней поверхности

Погрешность профиля:
червячной фрезы зубчатого колеса

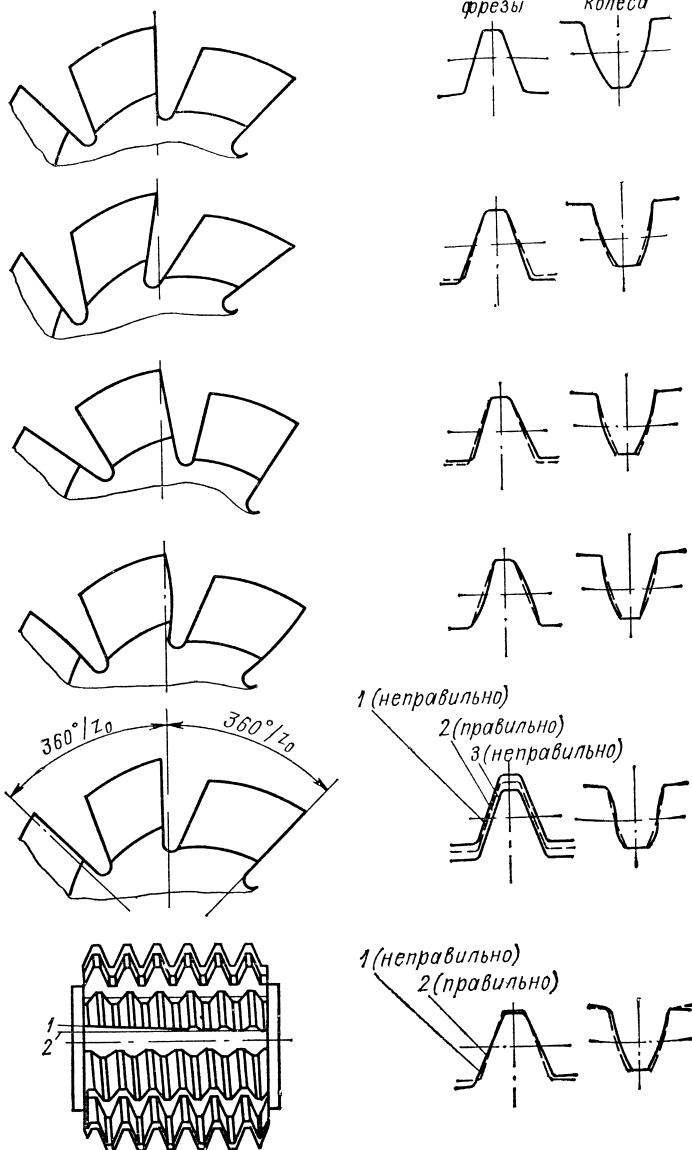


Рис. 13.45. Погрешности формы передней поверхности червячных фрез при затачивании

13.60. Шлифовальные круги для затачивания червячных фрез

Форма затачиваемой поверхности фрезы	Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Плоская передняя поверхность	Эльбор	Л6—Л5	—	Керамическая, бакелитовая
Винтовая передняя поверхность	Монокорунд	16—25 12—16	СМ1—СМ2 СМ3—С1	Керамическая
	Электрокорунд	16—25	СМ3—С1	

13.61. Режимы затачивания червячных фрез

Абразивный материал	Скорость резания v , м/с	$S_{пр}$, м/мин	$S_{поп}$, мм/дв. ход
Монокорунд, электрокорунд Эльбор	18—25	1—15	0,02—0,06
	20—30	1—4	0,01—0,03

Затачивание червячных фрез с винтовой стружечной канавкой рекомендуется производить конической стороной шлифовального круга типа 4П с углом профиля, превышающим 15° , либо тарельчатой формы.

Для уменьшения отклонений передней поверхности от радиального направления (органическая погрешность) целесообразно использовать также относительно малые по диаметру круги с большими углами профиля. При затачивании червячных фрез с большими углами наклона стружечных канавок ($\gamma_{m0} > 5^\circ$) и классов точности ААА, АА и А необходимый профиль передней поверхности можно получить только с помощью специальных устройств для фасонной заправки шлифовального круга, которые имеются на специализированных заточных станках.

Контроль качества заточки по параметрам профиля передней поверхности, окружному шагу и направлению канавок должен осуществляться в обязательном порядке в соответствии с установленными требованиями с помощью измерительных приборов типа БВ5117.

13.4. Зуборезные долбяки

Долбяки для цилиндрических колес с эвольвентным профилем зубьев. Применяются для нарезания методом огибания цилиндрических зубчатых колес с внешними и внутренними зубьями

6—8-й степеней точности. Долбяк представляет собой корригированное зубчатое колесо с прямыми или косыми зубьями, имеющее положительную или отрицательную коррекцию, поэтому зацепление долбяка с зубчатым колесом в процессе обработки, которое обычно называется станочным зацеплением, аналогично зацеплению корригированной зубчатой передачи. Торцовое сечение долбяка, которое при зацеплении с колесом образует нулевую передачу, называют исходным сечением, отстоящим обычно от передней поверхности нового долбяка на расстояние A .

Расстояние от передней поверхности нового долбяка до исходного сечения считается положительным смещением исходного контура, а от торцового сечения предельно сточенного долбяка до исходного сечения — отрицательным смещением. В исходном сечении начальная окружность совпадает с делительной окружностью, а размеры зубьев — толщина зуба по дуге делительной окружности, высота головки и ножки — будут равны соответствующим размерам исходного контура рейки долбяка. В целях повышения срока службы долбяка целесообразно увеличить исходные расстояния, однако данное обстоятельство ограничивается опасностью заострения зубьев или неполной обработкой рабочего участка профиля.

При большом значении отрицательного исходного расстояния возникает опасность подрезания зубьев колеса или среза вершины зуба. Так как конструктивные элементы долбяка: число зубьев, делительный диаметр, исходные размеры зубьев, углы резания — являются известными или обычно задаваемыми величинами, то расчет долбяка в основном сводится к определению оптимальных значений исходных расстояний для конкретных условий обработки.

Очевидно, что задаваемые исходные расстояния должны способствовать максимальному сроку службы долбяка и обеспечению правильности нарезания зубьев колеса. При этом долбяки как с положительным, так и с отрицательным смещением исходного контура, т. е. при любой степени сточенности, должны обеспечивать требуемую точность обработки.

В связи с этим так называемый проектный расчет долбяка для нарезания конкретного изделия зубчатого колеса с заданными размерами состоит из задания исходных расчетных параметров, определения исходных расстояний по лимитирующим факторам и размеров различных конструктивных элементов [20]. Проектный расчет должен обеспечивать получение идентичных размеров нарезаемых зубьев колеса за весь срок службы долбяка, исключая опасность подреза ножки или неполной обработки головки зуба изношенным долбяком, а также образования большой переходной кривой новым долбяком.

Для расчета долбяка необходимо иметь следующие данные нарезаемого колеса (обозначения с индексом 2) и сопряженной с ним шестерни (обозначения с индексом 1). Угол зацепления α_w , мо-

дугу m , профильный угол α , число зубьев шестерни z_1 и колеса z_2 , диаметры делительных окружностей d_1 и d_2 , диаметры вершин зубьев d_{a1} и d_{a2} , диаметры впадин зубьев d_{f1} и d_{f2} , межцентровое расстояние $a_{\omega 1, 2}$, угол наклона линии зуба β .

Действительный угол зацепления в передаче

$$\cos \alpha_{\omega 1, 2} = \frac{(d_1 + d_2) \cos \alpha_{\omega}}{2a_{\omega 1, 2}}.$$

Диаметры основных окружностей шестерни и колеса

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha_{\omega}; \quad d_{b2} = d_2 \cos \alpha_{\omega}.$$

Наибольший радиус кривизны профиля зуба нарезаемого колеса

$$\rho_{2 \max} = \frac{\sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2}}{2}.$$

Радиус кривизны в точке начала активной части профиля зуба нарезаемого колеса

$$\rho_2 = a_{\omega 1, 2} \sin \alpha_{\omega 1, 2} - \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}}{2}.$$

Торцовый угол профиля и модуль:

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_0}; \quad m_t = \frac{m}{\cos \beta_0},$$

где $\beta_0 = 0$ для прямозубых долбяков.

Ниже приводится методика расчета долбяка с прямыми и косыми зубьями для нарезания цилиндрических зубчатых передач с внешним зацеплением.

Определение исходных данных. Число зубьев долбяка выбирается с учетом имеющихся стандартных делительных диаметров долбяков в соответствии с ГОСТ 9323—79* или ГОСТ 10059—81Е, возможностей имеющегося оборудования, эвольвентных копиров, делительных дисков:

$$z_0 = d'_0 / m_t,$$

где d'_0 — номинальный делительный диаметр.

Для косозубого долбяка с учетом имеющегося винтового копира с шагом P_z

$$z_0 = \frac{P_z \sin \beta_0}{\pi m_n},$$

где m_n — модуль нормальный.

Диаметр делительной окружности долбяка

$$d_0 = m_t z_0.$$

Диаметр основной окружности

$$d'_{b0} = d_0 \cos \alpha_t.$$

Боковой задний угол в плоскости, параллельной оси долбяка,

$$\operatorname{tg} \delta_{\text{бок}} = \operatorname{tg} \delta_n / \cos \alpha,$$

где $\delta_n = 2^\circ 30' \div 3^\circ$.

Размеры долбяка в исходном сечении. Диаметр окружности вершин зубьев долбяка в исходном сечении

$$d'_{a0} = d_{b2} + d_{b0} - d_{f2},$$

где d_{f2} — диаметр окружности впадин зубьев колеса.

Толщина зуба на делительной окружности

$$S'_0 = \pi m - S_1.$$

Угол давления на головке зуба

$$\cos \alpha'_{at} = d_{b0} / d'_{a0}.$$

Толщина зуба на вершине в исходном сечении

$$S_a = d'_{a0} \left(\frac{S'_0}{d_{b0} \cos \beta_0} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha'_{at} \right).$$

Расчет исходных расстояний. Станочный угол зацепления переточенного долбяка, гарантирующий отсутствие среза профиля зуба долбяка,

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \frac{2(\rho_{2 \max} + \rho_0)}{d_{b2} + d_{b0}},$$

где ρ_0 — минимальный радиус кривизны профиля зуба долбяка, принимаемый равным в зависимости от d_0 :

d_0 , мм	ρ_0 , мм
50	2
75	3
100	5

Станочный угол зацепления переточенного долбяка, вызывающий подрез ножки зуба колеса, при $d_{f2} < d_{b2}$

$$\cos \alpha''_c = \frac{2d_{f2}(d_{b2} + d_{b0})}{(d_{b2} + d_{b0})^2 + d_{f2}^2 - d_{b0}^2}.$$

Максимально допустимое отрицательное исходное расстояние предельно сточенного долбяка

$$a_c = \frac{(\operatorname{inv} \alpha_c - \operatorname{inv} \alpha_w)(d_2 + d_0)}{C},$$

где $C = \operatorname{tg}(\beta_0 + \delta_{\text{бок}}) - \operatorname{tg}(\beta_0 - \delta_{\text{бок}})$ для косозубых долбяков и $C = 2 \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}$ — для прямозубых.

Станочный угол зацепления нового долбяка, обеспечивающий полную обработку рабочей части профиля зуба колеса,

$$\cos \alpha_{\omega_H} = \frac{2(d_{b2} + d_0)(df_2 - 2\rho_2 \sin \alpha_\omega)}{(d_{b2} + d_0)^2 + d_{f2}^2 - d_{b0}^2 - 4\rho_2^2}.$$

Положительное исходное расстояние, обеспечивающее полную обработку рабочей части профиля зуба колеса,

$$a'_H = \frac{(\text{inv } \alpha_{\omega_H} - \text{inv } \alpha_\omega)(d_2 + d_0)}{C}.$$

Расчетный задний угол по вершине зуба

$$\text{tg } \alpha'_b = \frac{(d_{b2} + d_{b0})(\cos \alpha_c - \cos \alpha_{\omega_H})}{2(a'_H - a_c) \cos \alpha_c \cos \alpha_{\omega_H}}.$$

Исходное расстояние, регламентируемое заострением зуба долбяка,

$$a''_H = \frac{(S'_0 - S_{a0}/\cos \beta) d'_{a0}}{2(d'_{a0} \text{tg } \alpha'_{at} - S'_a) \text{tg } \alpha'_b - d'^2_{a0} C/d_0},$$

где S_{a0} — задаваемая толщина зуба долбяка на вершине.

Максимально допустимая величина стачивания долбяка

$$H = a_H - a_c,$$

где a_H — наименьшая величина из a'_H и a''_H .

Положительное расстояние исходного сечения A от передней поверхности:

$$A = a_H \quad \text{при } H < b_0;$$

$$A = 0,5b_0 \quad \text{при } a_H > 0,5b_0;$$

$$A = b_0 + a_c \quad \text{при } |a_c| < 0,5b_0,$$

где b_0 — длина рабочей части зубьев.

Определение размеров долбяка по передней поверхности. Станочный угол зацепления нового долбяка

$$\text{inv } \alpha_H = \text{inv } \alpha_\omega + \frac{aC}{d_2 + d_0}.$$

Диаметр вершин зубьев нового долбяка

$$d_{a0} = \frac{d_{b2} + d_{b0}}{\cos \alpha_H} - d_{f2}.$$

Станочный угол зацепления предельно сточенного долбяка

$$\text{inv } \alpha_c = \text{inv } \alpha_H - \frac{b_0 C}{d_2 + d_0}.$$

Фактический задний угол по вершине

$$\text{tg } \alpha_{ab} = \frac{(d_{b2} + d_{b0})(\cos \alpha_c - \cos \alpha_H)}{2b_0 \cos \alpha_c \cos \alpha_H}.$$

Высота долбяка

$$B = b_0 + (3 \div 5).$$

Толщина зуба на делительной окружности по нормали

$$S_{n0} = S'_0 + aC \cos \beta_0.$$

Высота головки зуба по передней поверхности

$$h'_{a0} = \frac{d_{a0} - d_0}{2 \cos \gamma},$$

где $\gamma = 5^\circ$ для чистовых долбяков.

Скорректированный из-за наличия переднего и заднего углов торцовый профильный угол долбяка:

для прямозубого долбяка

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha_\omega + \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}};$$

для острой стороны зуба косозубого долбяка

$$\operatorname{tg} \alpha_{0 \text{ ост}} = \frac{(\operatorname{tg} \alpha_\omega + \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}) \cos \delta_{\text{бок}}}{\cos (\beta_0 + \delta_{\text{бок}})};$$

для тупой стороны зуба

$$\operatorname{tg} \alpha_{0 \text{ туп}} = \frac{(\operatorname{tg} \alpha_\omega + \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg} \delta_{\text{бок}}) \cos \delta_{\text{бок}}}{\cos (\beta_0 - \delta_{\text{бок}})}.$$

Диаметры основных окружностей долбяка при шлифовании профиля:

прямозубого долбяка

$$d_{b0} = d_0 \cos \alpha_0;$$

для острой стороны зуба косозубого долбяка

$$d_{b0 \text{ ост}} = d_0 \cos \alpha_{0 \text{ ост}};$$

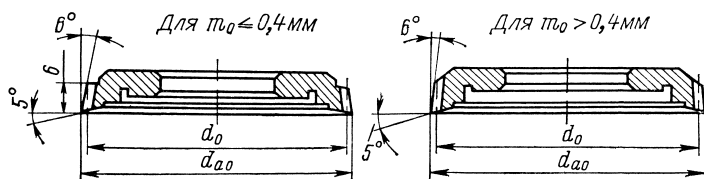
для тупой стороны зуба косозубого долбяка

$$d_{b0 \text{ туп}} = d_0 \cos \alpha_{0 \text{ туп}}.$$

Стандартные зуборезные долбяки рассчитаны из условия нарезания зубчатых колес в диапазоне чисел зубьев 17—120. Чистовые мелко модульные зуборезные долбяки (дисковые и хвостовые) модулей 0,14—0,9 мм представлены в ГОСТ 10059—80 Е. Их основные размеры с номинальными делительными диаметрами 16; 25; 40 и 63 мм (типы 1 и 2) приведены в табл. 13.62 и 13.63. Чистовые зуборезные прямозубые и косозубые долбяки (дисковые, чашечные и хвостовые) модулей 1—12 мм представлены в ГОСТ 9323—79. Основные размеры различных типов долбяков с номинальными делительными диаметрами 25; 38; 80; 100; 125; 160 и 200 мм даны в табл. 13.64—13.68. Допуски и предельные отклонения параметров стандартных долбяков приведены в табл. 13.69 (ГОСТ 10059—80) и табл. 13.70 (ГОСТ 9323—79*).

Шероховатость основных поверхностей долбяков не должна превышать значений, указанных в табл. 13.71.

**13.62. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных мелко модульных дисковых типа 1 (ГОСТ 10059—80), мм**

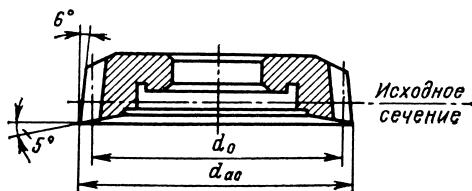


m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0
0,14 0,15 0,19	40	290 266 222	0,28	40 63	140 228	0,45	40 63	90 144	0,70	40 63	56 90
0,20	40 63	200 320	0,30	40 63	132 212	0,50	40 63	80 128		40 63	50 80
0,22	40 63	182 290	0,35	40 63	114 182	0,55	40 63	72 116			
0,25	40 63	160 256	0,40	40 63	100 160	0,60	40 63	66 108		40 63	44 72

**13.63. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных мелко модульных хвостовых типа 2 (ГОСТ 10059—80 Е), мм**

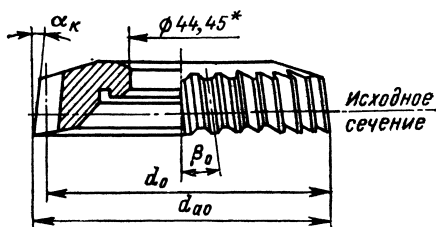
m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_c	d_0	z_0
0,1	12 16 25	128 160 256	0,18	12 16 25	67 90 144	0,30	12 16 25	40 56 84	0,55	16 25	28 45
0,11	12 16 25	108 144 228	0,20	12 16 25	58 80 126	0,35	12 16 25	36 45 72		16 25	25 40
0,12	12 16 25	100 132 200	0,22	12 16 25	58 72 114	0,40	12 16 25	30 40 64	0,70	16 25	23 36
0,14	12 16 25	100 132 182	0,25	12 16 25	50 64 100	0,45	12 16 25	28 36 56		16 25	20 36
0,15	12 16 25	80 108 160	0,28	12 16 25	44 56 90	0,50	12 16 25	24 32 50	0,90	25	28

13.64. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных дисковых типа I (ГОСТ 9323—79*), мм



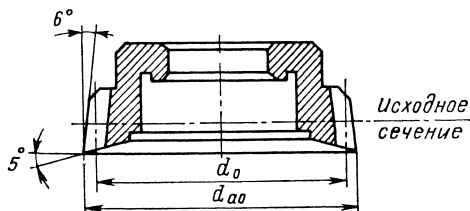
m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0
1,0	80 100	76 100	2,25	80 100 125	34 45 56	3,75	80 100 125	20 27 34	6,0	125 160 100	21 27 16
1,125	80 100	67 90	2,50	80 100 125	30 40 50	4,0	80 100 125	19 25 31	6,5	125 160 100	19 25 16
1,25	80 100	60 80	2,75	80 100 125	28 36 46	4,25	80 100	18 24	7,0	125 160 100	18 23 14
1,375	80 100	56 73	3,0	80 100 125	25 34 42	4,5	80 100 125	17 22 28	8,0	125 160 200	16 20 25
1,5	80 100	50 68	3,25	80 100 125	24 31 38	5,0	80 100 125	16 20 25	9,0	125 160 200	14 18 22
1,75	80 100	43 58	3,50	80 100 125	22 28 36	5,5	100 125 100	18 23 17	10,0	125 160 200	14 16 20
2,0	80 100 125	38 50 62							11,0 12,0	200 200	18 17

13.65. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных дисковых косозубых типа 2
диаметром $d_0 = 100$ мм (ГОСТ 9323—79*), мм



m_0	z_0	$\beta_0, ^\circ$	m_0	z_0	$\beta_0, ^\circ$	m_0	z_0	$\beta_0, ^\circ$	m_0	z_0	$\beta_0, ^\circ$
1,0	100 94	15 23	2,0	50 47	15 23	3,5	28 27	15 23	5,0	20 19	15 23
1,125	88 82	15 23	2,25	44 41	15 23	3,75	26 25	15 23	5,5	18 17	15 23
1,25	80 76	15 23	2,5	40 37	15 23	4,0	25 23	15 23	6,0	16	15 23
1,375	70 67	15 23	2,75	36 34	15 23	4,25	23 22	15 23	6,5	15 14	15 23
1,5	66 62	15 23	3,0	32 32	15 23	4,5	22 21	15 23	7,0	14 13	15 23
1,75	56 53	15 23	3,25	30 28	15 23						

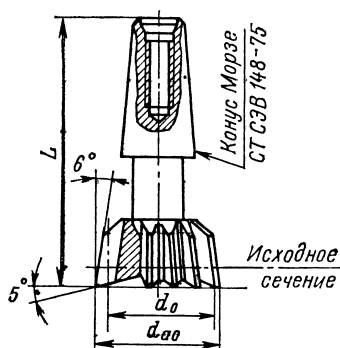
13.66. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных чашечных типа 3 (ГОСТ 9323—79*), мм



m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0
1,0	50 80 100	50 76 100	1,125	50 80 100	44 67 90	1,25	50 80 100	40 60 80	1,375	50 80 100	36 56 73

m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0
1,50	50	34	2,5	50	20	3,50	50 80 100	14 22 28	5,5	100 125	18 23
	80	50		80	30						
	100	68		100	40				6,0	100 125	17 21
1,75	50	24	2,75	50	18	3,75 4,0 4,25 4,50	100	27 25 24 22			
	80	43		80	28				6,5	100 125	16 19
	100	58		100	36						
2,0	50	25	3,0	50	17	5,0	100 125	20 25	7,0 8,0 9,0	125 125 125	18 16 14
	80	38		80	25						
	100	50		100	34						
2,25	50	22	3,25	50	15						
	80	34		80	24						
	100	45		100	31						

13.67. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных хвостовых типа 4 (ГОСТ 9323—79*), мм



m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0	m_0	d_0	z_0
1,0	25 38	26 38	1,375	25 38	18 28	2,0	25 38	12 19	2,75	25 38	10 14
									3,0	25 38	9 12
1,125	25 38	23 34	1,50	25 38	18 25	2,25	25 38	12 16	3,25 3,50 3,75 4,0	38	12 11 10 10
1,25	25 38	20 30	1,75	25 38	14 22	2,50	25 38	10 15			

**13.68. Конструктивные размеры долбяков
зуборезных хвостовых косозубых типа 5 диаметром 38 мм
(ГОСТ 9323—79*), мм**

m_{n0}	z_0	β_0	m_{n0}	z_0	β_0	m_{n0}	z_0	β_0	m_{n0}	z_0	β_0
1,0	36 35	15 23	1,5	24 23	15 23	2,50	15 14	15 23	3,50	10	15 23
1,125	32 31	15 23	1,75	21 20	15 23	2,75	13	15 23	3,75	10 9	15 23
1,25	30 28	15 23	2,0	18	15 23	3,0	12	15 23	4,0	9	15 23
1,375	27 25	15 23	2,25	16	15 23	3,25	11	15 23			

**13.69. Допуски и предельные отклонения параметров
мелкомодульных долбяков (ГОСТ 10059—80 E)**

Параметр	Обозначение	Номинальный делительный диаметр, мм	Класс точности	Допуски и отклонения мкм, при m_0 , мм	
				от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 0,9
Отклонение диаметра посадочного отверстия	f_d	40, 63	AA	+4	
		40	A		
		63	B	+5	
		40			
		63		+6	
Биение конуса хвостовых долбяков	f_{rh}	—	A, B	5	
Отклонение от перпендикулярности внешней опорной поверхности	f_{xy}	—	AA A B	3 4 6	
Отклонение от параллельности опорных поверхностей	f_x	—	AA A B	3 4 6	
Торцовое биение передней поверхности	$f_{\gamma t}$	—	AA A B	10 14 20	

Параметр	Обозначение	Номинальный делительный диаметр, мм	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм	
				от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 0,9
Биеение окружности вершин зубьев	f_{rra0}	—	AA A B	8 12 18	
Отклонение диаметра окружности вершин зубьев	f_{da0}	40, 63	AA	± 125	
		12, 16 25, 40, 63	A	± 100 ± 160	
		12, 16 25, 40, 63	B	± 125 ± 200	
Погрешность профиля зуба	f_{f0}	—	AA A B	4 5 8	
Отклонение высоты головки зуба	f_{ha0}	—	AA, A, B	± 12	
Разность соседних окружных шагов	f_{co}	—	AA A B	3 4 6	
Накопленная погрешность окружного шага	F_{P0}	40 63	AA	8	10 10
		16, 25 40 63	A	10 12 14	12 14 16
		16, 25 40 63	B	16 18 22	18 22 25
Радиальное биеение зубчатого венца	F_{r0}	40 63	AA	6 7	7 8
		16, 25 40 63	A	9 10 11	10 11 12
		16, 25 63	B	14 16	16 20

**13.70. Допуски и предельные отклонения параметров долбяков
(ГОСТ 9323—79*)**

Параметр	Обозначение	d_0 , мм	Класс точности	Допуски и отклонения мкм, при m_0 , мм			
				от 1 до 3,5	св 3,5 до 6,3	св 6,3 до 10	св. 10
Отклонение от параллельности опорных поверхностей	f_x	50	A B	5 8	6 10	—	—
		Св. 50 до 125	AA A B	3 5 8	4 6 10	4 6	—
		Св. 125 до 200	AA A B	—	—	5 8 12	6
Торцовое биение передней поверхности	$f_{\gamma t}$	До 50	A B	14 20	—		
		Св. 50 до 125	AA A B	12 16 25			—
		Св. 125 до 200	AA A B	—	20 28 40		
Биение окружности вершин зубьев	$f_{rra 0}$	До 50	A B	12 20	16 25	—	
		Св. 50 до 125	AA A B	10 16 25	12 20 32	—	
		Св. 125 до 200	AA A B	—		16 25 40	20 32 50
Погрешность профиля	f_{f_0}	—	AA A B	3—4 4—5 8—10	4 7 12	6 7 12	10 16—20
Разность соседних окружных шагов	f_{u0}	—	AA A B	3—4 5—6 8—10	4 6 10	5 8 12	

Параметр	Обозначение	d_0 , мм	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм			
				от 1 до 3,5	св. 3,5 до 6,3	св. 6,3 до 10	св. 10
Накопленная погрешность окружного шага	F_{P0}	—	AA A B	9—11 14—18 20—24	11 18 30	—	14 22 36
Радиальное биение зубчатого венца	F_{r0}	До 50	A B	14—16 20—24	16 26	—	—
		Св. 50 до 125	AA A B	12—14 16—18 24—26	14 20 32	14 20 32	—
		Св. 125	AA A B	—	—	18 24 36	20 — 40

13.71. Шероховатость рабочих поверхностей долбяков

Поверхности	Класс точности долбяка	Параметр шероховатости поверхности, мкм	
		R_a	R_z
Передняя и задние поверхности зубьев	AA и A B	— —	1,6 2,5
Опорная поверхность дисковых и чашечных долбяков	AA, A и B	0,16	—
Посадочное отверстие дисковых и чашечных долбяков	AA A и B	0,16 0,25	—
Внутренняя опорная поверхность дисковых и чашечных долбяков	AA, A и B	0,63	—
Поверхность хвостовика хвостовых долбяков	A B	0,5 0,63	—
Остальные поверхности	AA, A и B	2,5	—

Возможность использования имеющегося стандартного долбяка для нарезания корригированного зубчатого колеса должна проверяться расчетом [269], целью которого является определение правильности профилирования эвольвентной части зуба, так как переходная кривая при нарезании долбяком может распространиться и на активную часть зуба, исключая возможность нарезания зубьев колеса необходимой высоты.

Последовательность проверочного расчета долбяка следующая. Станочный угол зацепления долбяка и нарезаемого колеса

$$\cos \alpha_{H2, 0} = \operatorname{inv} \alpha_{\omega} \pm \frac{S_2 + S_0 - \pi m_0}{m_0 (z_2 \pm z_0)},$$

где знак «+» относится к нарезанию колеса внешнего зацепления, знак «—» — внутреннего.

Диаметр окружности впадин зубьев колеса после нарезания долбяком

$$d'_{f2} = 2a_{2, 0} \mp d_{a0},$$

где $d'_{f2} \leq d_{f2}$ при наружном зацеплении; $d'_{f2} \geq d_{f2}$ — при внутреннем зацеплении;

$$a_{2, 0} = \frac{m_0 (z_2 \pm z_0) \cos \alpha_{\omega}}{\cos \alpha_{H2, 0}}.$$

Угол зацепления нарезаемого и сопряженного с ним колеса в зубчатой передаче

$$\cos \alpha_{\omega 1, 2} = \frac{m (z_1 \pm z_2) \cos \alpha_{\omega}}{2a_{1, 2}},$$

где $a_{1, 2}$ — межосевое расстояние в зубчатой передаче.

Диаметр теоретической основной окружности долбяка принимается по таблице или рассчитывается по формуле

$$d_{b0} = d_0 \cos \alpha_{\omega}.$$

Радиус кривизны профиля зубьев колеса в точке начала активной части

$$2\rho_2 = 2a_{1, 2} \cos \alpha_{\omega 1, 2} \mp \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}.$$

Радиус кривизны профиля зубьев колеса после нарезания в точке начала обработки долбяком

$$2\rho_{2, 0} = 2a_{2, 0} \sin \alpha_{H2, 0} \mp \sqrt{d_{a0}^2 - d_{b0}^2},$$

где $\rho_{2, 0} \leq \rho_2$ при внешнем зацеплении; $\rho_{2, 0} \geq \rho_2$ при внутреннем зацеплении.

При проверке косозубого долбяка требуется дополнительно выдержать условия по равенству углов наклона зубьев колеса и инструмента, т. е. обеспечить равенство шагов винтовой линии зубьев долбяка и винтового копира $S_{\text{коп}}$ зубодолбежного станка:

$$S_{\text{коб}} = z_0 \pi m_n / \sin \beta_0.$$

Стандартными долбьяками (ГОСТ 9323—79*) можно нарезать колеса с углами наклона 15 и 23°, и они изготавливаются комплектами из 2 шт. (правого и левого направления). Данные долбьяки предусматривают возможность применения винтовых копиров с шагом $S_{\text{коп}}$, равным 1198,0004 мм и 751,9566 мм.

Проверочный расчет косозубого долбьяка. Исходными данными являются те же параметры, что и при расчете прямозубого долбьяка. Необходимо только дополнительно знать $S_{\text{коп}}$ и β_0 .

Угол наклона и направление зуба долбьяка выбирается из условия $\beta_0 = \beta$. Для колес внешнего зацепления направление зубьев долбьяка и нарезаемого колеса должно быть противоположным, а для колес внутреннего зацепления — одинаковым.

Требуемый шаг копира для имеющегося долбьяка

$$S_{\text{коп}} = \pi m_n z_0 / \sin \beta_0.$$

Фактический угол наклона зуба колеса после нарезания долбьяком при использовании имеющегося копира

$$\sin \beta_{2\phi} = \pi m_n z_0 / S'_{\text{коп}},$$

где $S'_{\text{коп}} = 1198,0004$ или $751,9566$ мм. Разность в углах β_0 и $\beta_{2\phi}$ не должна превышать допустимого отклонения направления зуба.

Последующий расчет ведется как и для прямозубого долбьяка, но в торцовом сечении:

$$\text{inv } \alpha_{t2,0} = \text{inv } \alpha_t \pm \frac{S_2 + S_0 - \pi m_n}{m_n (z_2 \pm z_0)};$$

$$2a_{2,0} = \frac{(d_2 \pm d'_0) \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{t2,0}};$$

$$d'_{f2} = 2a_{2,0} \mp d_{a0}, \quad d'_{f2} \leq d_{f2}$$

(при наружном зацеплении);

$$\cos \alpha_{t1,2} = \frac{(d_1 \pm d_2) \cos \alpha_t}{2a_{1,2}};$$

$$2\rho_2 = 2a_{1,2} \sin \alpha_{t1,2} \mp \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2}.$$

Долбьяки для нарезания зубчатых колес под шевингование. В промышленности нашли наибольшее распространение две модификации профиля зубьев долбьяков, обеспечивающие наилучшие условия их изготовления и эксплуатации: 1) долбьяки с измененным углом профиля, изготавливаемые в диапазоне модулей 1—3 мм; 2) долбьяки с усиком на профиле зуба, изготавливаемые в диапазоне модулей 1,5—6,5 мм.

Долбьяки с измененным (уменьшенным) углом профиля рассчитывают по обычной методике, принимая во внимание, что размеры зуба в исходном сечении — толщина зуба на делительной окружности и угол профиля исходного контура — должны быть опре-

**13.72. Основные размеры, мм, по передней поверхности
зуборезных дисковых долбяков с измененным углом профиля α_0
под шевингование**

m_0	Угол профиля α_0	d_0	z_0	S	h_{a0}	d_0	z_0	S_0	h_{a0}
1,0	18° 49'	75	76	2,05	1,98	100	100	2,33	2,4
1,125	18° 58'		67	2,28	2,2		90	2,54	2,57
1,25	19° 06'		60	2,51	2,41		80	2,73	2,74
1,375	19° 11'		56	2,73	2,6		73	2,96	2,94
1,5	19° 05'		50	2,92	2,78		68	3,16	3,13
1,75	19° 14'		43	3,35	3,17		58	3,59	3,52
2,0	19° 21'		38	3,77	3,54		50	3,99	3,86
2,25	19° 16'		34	3,96	3,63		45	4,4	4,25
2,5	19° 21'		30	4,35	3,95		40	4,72	4,48
2,75	19° 26'		28	4,77	4,32		36	5,12	4,82
3,0	19° 29'		25	5,09	4,7		34	5,44	5,21

делены из условия обеспечения следующего припуска на толщину зуба по окружности вершин зубьев:

m_0	ΔS_0
1—1,375 мм	0,1 мм;
1,5—2,0 мм	0,12 мм;
2,25—3,0 мм	0,15 мм

Модификация угла профиля долбяков под шевингование обуславливает неравномерное распределение припуска по высоте зуба колеса: максимальный припуск остается на вершине зуба колеса, затем припуск несколько уменьшается в направлении основания зуба, приобретая форму запятой.

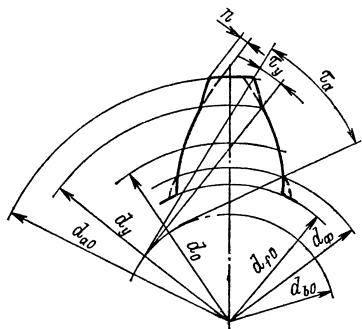


Рис. 13.46. Модифицированный профиль зуба долбяка под шевингование

В табл. 13.72 представлены основные размеры дисковых прямоугольных долбяков в диапазоне модулей 1—3 мм с измененным углом профиля, которые могут быть применены для нарезания зубчатых колес под шевингование. Долбяки рассчитаны с учетом высоты головки зуба в исходном сечении $h_{a0} = 1,35m_0$, а также из условия обеспечения необходимого бокового зазора в передаче.

Наибольшее применение для нарезания зубчатых колес под шевингование имеют зуборезные долбяки с утолщением (усиком) на головке зуба.

Обработанные подобными долбяками зубчатые колеса имеют небольшое подрезание в зоне ножки, которое однако не должно распространяться на активную часть профиля зуба колеса.

Основные конструктивные размеры долбяков под шевингование определяются так же, как и размеры обычных долбяков. Исключение составляют размеры модифицированного участка профиля зуба, расчет которых может быть выполнен по следующей методике (рис. 13.46).

Торцовый станочный угол зацепления долбяка и колеса

$$\text{inv } \alpha_{t_2, 0} = \text{inv } \alpha_t + \frac{S_0 + S_2 - \pi m}{m(z_2 + z_0)}.$$

Радиус кривизны профиля зуба нарезаемого колеса в точке начала активной части

$$\rho_2 = a_{1,2} \sin \alpha_{t_1, 2} - 0,5 \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2},$$

где $\alpha_{t1,2}$ — угол зацепления в зубчатой паре.

Радиус кривизны зуба долбяка, сопрягающегося с началом активной части зуба колеса

$$\rho_{0y} = 0,5(d_{b2} + d_{b0}) \text{tg } \alpha_{t_2, 0} - \rho_2.$$

Диаметр начала усика

$$d_y = \sqrt{d_{b0}^2 + (2\rho_{0y})^2}.$$

Угол развернутости усика

$$\tau_y = (\text{tg } \alpha_a - \text{tg } \alpha_y) 57,29578,$$

где $\alpha_a = \arccos(d_b/d_{a0})$; $\alpha_y = \arccos(d_b/d_y)$.

Угол развернутости до начала фланка

$$\tau_\phi = \left(\text{tg } \alpha_a - \text{tg } \alpha_\phi - \frac{n}{r_0 \cos \alpha_0} \right) 57,29578,$$

где α_0 — скорректированный профильный угол долбяка в зависимости от наличия переднего и заднего углов,

$$\text{tg } \alpha_0 = \frac{\text{tg } \alpha}{1 - \text{tg } \alpha_b \cdot \text{tg } \gamma}$$

(у стандартных долбяков $\gamma = 5^\circ$ и $\alpha_b = 6^\circ$); высота усика $n = \Delta S/2 + (0,02 \div 0,03)$; $\cos \alpha_\phi = d_b/d_\phi$.

На рис. 13.46 и в табл. 13.73 приведены основные конструктивные размеры дисковых прямозубых долбяков с усиком на профиле зуба с номинальными делительными диаметрами 75 и 100 мм в диапазоне модулей 1,5—6,5 мм. Углы развернутости эвольвенты и толщина усика даны в контрольном сечении на расстоянии 2,5 мм от передней поверхности.

Долбяки для нарезания валов и отверстий шлицевых соединений с эвольвентным профилем. Применяются для нарезания зубьев с эвольвентным профилем на валах с плоской впадиной при центрировании по профилю зубьев (центрирование по S) и по наружному диаметру соединения (центрирование по D) и

**13.73. Основные размеры, мм, по передней поверхности
зуборезных дисковых долбяков с «усиком» на профиле
под шевингование**

m_0	n	d_0	z_0	S_0	h_{a_0}	d_0	z_0	S_0	h_{a_0}
1,5	0,07	75	50	2,95	2,78	100	68	3,2	3,13
1,75			43	3,38	3,17		58	3,63	3,52
2,0			38	3,8	3,54		50	4,03	3,86
2,25			34	4,02	3,63		45	4,47	4,25
2,5			30	4,4	3,95		40	4,78	4,48
2,75	0,08		28	4,82	4,32		36	5,18	4,82
3,0			25	5,13	4,55		34	5,5	5,06
3,25			24	5,51	4,87		31	5,81	5,28
3,5			22	5,88	5,17		28	6,15	5,53
3,75			0,09	20	6,24		5,46	27	6,44
4,0	19			6,65	5,82		25	6,84	6,07
4,25	18			7,06	6,19		24	7,13	6,27
4,5	0,09		17	7,48	6,55		22	7,47	6,55
5,0			—	—	—		20	8,31	7,28
5,5			—	—	—		19	9,13	8,0
6,0	0,10		—	—	—		17	9,96	8,73
6,5			—	—	—		16	10,79	9,46

в отверстиях при центрировании по профилю зубьев (центрирование по S) в соответствии со стандартами СЭВ 259—76 и СТ СЭВ 269—76. Долбяки по ГОСТ 6762—79* изготавливаются трех типов: 1 — дисковые, 2 — чашечные, 3 — хвостовые — классов точности А и В. Для нарезания втулок с полем допуска ширины впадины 7Н применяются долбяки класса точности А; полем допуска 9Н и 11Н — класса В; для нарезания валов с полями допусков толщины зуба 8р, 8к, 8f — долбяки класса А, с полями допусков 9г, 9h, 9q, 11с — долбяки класса В.

Основные конструктивные размеры данных долбяков приведены в табл. 13.74 и 13.75, допуски и предельные отклонения — в табл. 13.76.

Долбяки для нарезания зубчатых колес с внутренними зубьями. Конструктивно долбяки для нарезания зубчатых колес с внутренними зубьями ничем не отличаются от долбяков, применяемых для нарезания зубчатых колес с наружными зубьями. Не имеется также каких-либо отличий в методике расчета конструктивных элементов, поэтому стандартные долбяки могут применяться также и для нарезания зубчатых колес с внутренними зубьями [54, 269].

Однако основная особенность работы долбяков при нарезании зубчатых колес с внутренними зубьями заключается в необходимости выбора для обработки конкретного колеса с числом зубьев z_1 долбяка, число зубьев которого z_0 не превышало бы определенного значения, в противном случае может иметь место срезание вер-

13.74. Основные размеры долбяков зуборезных чистовых с номинальным делительным диаметром 75 мм для валов и отверстий шлицевых соединений с эвольвентным профилем (ГОСТ 6762—79*), мм

m_o	z_o	Диаметры окружностей			Расстояние ис-ходного сече-ния A	Размеры зуба в проекции перед-ней поверхности на плоскость, перпендикулярную к оси			Ширина ступи-цы b	Высота долбяка B
		d_o	d_{b_o}	d_{a_o}		h_{a_o}	h_o	S_o		
0,5	150	75	64,801	75,81	0,5	0,4	0,75	0,85	8	12
0,6	125	75	64,801	76,57	0,6	0,48	0,9	1,02		
0,8	94	75	64,801	76,49	0,8	0,64	1,2	1,35		
1,0	76	76	65,665	77,61	1,0	0,8	1,5	1,69		
1,25	60	75	64,801	77,01	1,25	1,0	1,88	2,12		
1,5	50	75	64,801	77,42	1,5	1,21	2,25	2,54		
2,0	38	76	65,665	79,22	2,0	1,61	3,0	3,39	8	15
2,5	30	75	64,801	79,03	2,5	2,01	3,75	4,23		
3,0	25	75	64,801	79,83	3,0	2,42	4,5	5,08		17
3,5	22	77	66,529	83,0	5,25	3,0	5,25	6,14		
4,0	19	76	65,665	82,86	6,0	3,43	6,0	7,02		
5,0	15	75	64,801	83,58	7,5	4,29	7,5	8,77	10	20
6,0	12	72	62,209	82,29	9,0	5,15	9,0	10,53		
7,0	10	70	60,481	82,01	10,5	6,0	10,5	12,28	12	22

13.75. Основные размеры долбяков зуборезных чистовых с номинальным делительным диаметром 100 и 125 мм для валов и отверстий шлицевых соединений с эвольвентным профилем (ГОСТ 6762—79*), мм

m_o	z_o	Диаметры окружностей			Расстояние ис-ходного сечения А	Размеры зуба в проекции перед- ней поверхности на плоскость, перпендикулярную к оси			Ши-рина сту- пицы b	Вы-сота дол- бяка B
		d_o	d_{b_o}	d_{a_o}		h_{a_o}	h_o	s_o		
3,5	28	98	84,673	104,0	5,25	3,0	5,25	6,14	12	20
4,0	25	100	86,401	106,86	6,0	3,43	6,0	7,02		
5,0	20	100	86,401	108,58	7,5	4,29	7,5	8,77		
6,0	17	102	88,129	112,29	9,0	5,15	9,0	10,53	14	26
7,0	15	105	92,721	117,01	10,5	6,0	10,5	12,28		
	18	126	108,866	138,01						
8,0	12	96	82,945	109,72	12	6,86	12	14,04		
	16	128	110,594	140,88						
10,0	10	100	86,401	117,15	15	8,58	15	17,55		
	12	120	103,682	137,15						

**13.76. Допуски и предельные отклонения параметров долбяков
для шлицевых соединений с эвольвентным профилем**

Параметр	Обозначение	d_0 , мм	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм							
				0,5 св. до 1,0	1 св. до 1,5	1,5 св. до 2,5	2,5 св. до 4	4 св. до 6	6 св. до 10		
Отклонение диаметра посадочного отверстия	f_d	—	A B	$\begin{matrix} +5 \\ +8 \end{matrix}$							
Биеение конуса хвостовых долбяков	f_{rk}	—	A, B	5							
Отклонение от перпендикулярности опорной поверхности к поверхности посадочного отверстия	f_{xy}	До 50	A B	4 6,3				5 8			
		Св. 50 до 125	A B	5 8				6,3 10			
Отклонение от параллельности опорных поверхностей	f_x	До 50	A	5				6,3			
		Св. 50 до 125	B	8				10			
Торцовое биеение передней поверхности на делительной окружности	$f_{\gamma t}$	До 50	A B	16 25				20 32			
		Св. 50 до 125	A B	20 32				25 40			
Отклонение профиля	f_{f_0}	—	A B	4 8	6,3 10	8 12,5	10 16	12,5 20	16 25	20 32	
Разность соседних окружных шагов	f_{u_0}	—	A B	4 6,3		5 8		6,3 10			
Накопленная погрешность окружного шага	F_{P_s}	—	A B	12,5 20		16 25		20 32			
Радиальное биеение зубчатого венца	F_{r_0}	До 50	A B	16 25			20 32				
		Св. 50 до 125	A B	20 32			25 40				
Отклонение углов переднего и заднего	$f_{\gamma_{0a}}$	—	A B	$\begin{matrix} \pm 8' \\ \pm 12' \end{matrix}$							
	$f_{\alpha_{0a}}$	—	A, B	$\pm 5'$							
Отклонение высоты головки	f_{ha_0}	—	A B	± 12 ± 20	± 16 ± 25	± 20 ± 32	± 25 ± 40	± 32 ± 50	± 40 ± 60	± 50 ± 80	

шины зубьев колеса. Для определения минимального числа зубьев колеса $z_{1\text{ min}}$, которое может быть нарезано стандартным долбяком с числом зубьев z_0 при различных углах профиля исходного контура и высотах головки зуба h_{a0} , рекомендуется использовать график на рис. 13.47. Долбяки для нарезания колес с внутренними зубьями могут быть как прямозубыми, так и косозубыми. При обработке колес с заданным числом зубьев рационально выбрать долбяк с максимальным числом зубьев, определяемым по графику на рис. 13.47.

Эксплуатация зуборезных долбяков. Зубодолбление применяется главным образом для обработки зубчатых колес с закрытыми венцами. Основные характеристики и назначение стандартных долбяков даны в табл. 13.77.

Дисковые и чашечные долбяки изготавливаются из быстрорежущей стали преимущественно цельной конструкции. Хвостовые долбяки в основном изготавливаются сварными, при этом хвостовая часть их выполнена из стали марки 40Х или 45. Твердость режущей части долбяков должна быть не менее 63—66 HRC_a, а хвостовой части — не менее 35 HRC_a. Выбор режимов резания должен осуществляться в следующей последовательности.

Устанавливается длина хода долбяка $L = b + 2l$, где $l = 5\div 25$ мм является величиной перебега при входе и выходе; b — ширина зубчатого венца.

Круговая подача S (мм/дв. ход) для долбяков $m \geq 1$ мм может быть выбрана из табл. 13.78. При этом радиальная подача $S_r = (0,1\div 0,3) S$. Скорость резания и поправочные коэффициенты на v и S приведены в табл. 13.79—13.81.

Данные по числу проходов при зубодолблении, допустимому износу, стойкости между переточками, размерам стачивания за одну переточку имеются в табл. 13.82. Режимы резания мелко-модульных долбяков представлены в табл. 13.83.

Отдельные расчетные величины режимов резания могут быть определены по следующим формулам.

Число двойных ходов долбяка n в минуту

$$n = 1000v/2L,$$

где L — длина хода долбяка, $L = b + l$.

Величина перебега долбяка на две стороны l (в мм) в зависимости от ширины зубчатого венца колеса b (в мм) приведена ниже:

b	До 19	Св. 19 до 51	Св. 51 до 72	Св. 72 до 85	Св. 85 до 122	Св. 122 до 165
l	5	8	12	15	20	25

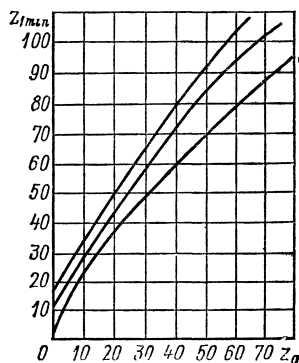


Рис. 13.47. График для определения предельного числа зубьев долбяка при нарезании колес внутреннего зацепления

13.77. Основные характеристики и назначение долбяков
(ГОСТ 10059—80Е и ГОСТ 9343—79*)

Тип долбяка	Долбяк	Назначение	m_0 , мм	d_0 , мм	β_0 , °	Класс точности долбяка
1	Дисковый прямо- зубый	Для нарезания прямозубых колес внешнего и внутреннего зацеплений 6—8-й степеней точности	0,14—0,9 0,2—0,9 1,0—5,0 1,0—8,0 2,0—10 6,0—10 8,0—12	40 63 80 100 125 160 200	0	АА, А, В
2	Дисковый косозубый	Для нарезания косозубых колес внешнего и внутреннего зацеплений 7—8-й степеней точности	1,0—7,0	100	15; 23	А, В
3	Чашечный прямо- зубый	Для нарезания в упор прямозубых колес с закрытым венцом при диаметре бурта, превышающем диаметр вершин зубьев более чем на $(4 \div 5) m$, 6—7-й степеней точности	1,0—3,5	50	0	А, В
			1,0—3,5 1,0—6,5 5,0—9,0	80 100 125		АА, А, В
4	Хвостовой прямо- зубый	Для нарезания прямозубых зубчатых колес внутреннего зацепления 7—8-й степеней точности	0,1—0,5 0,1—0,8 0,1—0,9 1,0—3,0 1,0—4,0	12 16 25 25 38	0	А, В
5	Хвостовой косозубый	Для нарезания косозубых зубчатых колес внутреннего зацепления 8-й степени точности	1,0—4,0	38	15; 23	В

Основное время t_0 (мин) долбления одной детали

$$t_0 = \frac{\pi m_0 z_1}{nS} i + \frac{h}{nS_{\text{рад}}},$$

где z_1 — число зубьев нарезаемого колеса; n — число двойных ходов долбяка в мин; h — высота нарезаемого зуба, мм; i — число проходов; S — круговая подача, мм/дв. ход; $S_{\text{рад}}$ — радиальная подача, мм/дв. ход, $S_{\text{рад}} = (0,1 \div 0,3) S$.

13.78. Круговая подача $S_{кр}$ при зубодолблении цилиндрических зубчатых колес, мм/дв. ход

Вид обработки	Обрабатываемый материал, твердость	m_0 , мм	Группа станков			
			I	II	III	IV
Черновая и получистовая под последующую обработку долбяком	Сталь 45, 170—229 НВ	Св. 3 до 4	0,2—0,5	0,4—0,5	—	—
		Св. 4 до 6	0,1—0,25	0,25—0,4	0,45—0,6	
		Св. 6 до 8	—	—	0,35—0,45	0,4—0,6
		Св. 8 до 10	—	—	0,35—0,4	0,4—0,6
		Св. 10 до 12	—	—	0,25—0,5	0,35—0,55
	Чугун серый, 170—229 НВ	Св. 3 до 4	0,35—0,55	0,45—0,6	—	—
		Св. 4 до 6	0,2—0,3	0,35—0,5	0,4—0,55	
		Св. 6 до 8	—	—	0,4—0,5	0,5—0,6
		Св. 8 до 10	—	—	0,4—0,55	0,5—0,7
		Св. 10 до 12	—	—	0,3—0,5	0,4—0,6
Черновая и получистовая под шевингование	Сталь 170—207 НВ	От 1 до 2,5	0,1—0,3	0,15—0,35	—	—
		Св. 2,5 до 4	0,25—0,35	0,35—0,4		
		Св. 4 до 6	0,1—0,2	0,25—0,35	0,35—0,45	0,35—0,50
		Св. 6 до 8	—	—	0,3—0,4	
	Чугун серый, 170—229 НВ	От 1 до 2,5	0,2—0,4	0,2—0,4	—	—
		Св. 2,5 до 4	0,35—0,45	0,4—0,5		
		Св. 4 до 6	0,2—0,3	0,3—0,45	0,35—0,5	0,45—0,55
		Св. 6 до 8	—	—	0,35—0,45	

Вид обработки	Обрабатываемый материал, твердость	m_0 , мм	Группа станков			
			I	II	III	IV
Черновая и получистовая под шлифование	Сталь 45, 170—207 HB	От 1 до 2,5	0,12—0,3	0,18—0,36	—	—
		Св. 2,5 до 4	0,3—0,4	0,4—0,45		
		Св. 4 до 6	0,15—0,25	0,3—0,4	0,4—0,5	
		Св. 6 до 8	—	—	0,32—0,45	0,4—0,5
		Св. 8 до 10			0,3—0,4	0,36—0,5
		Св. 10 до 12			0,25—0,45	0,3—0,5
Чистовая по сплошному металлу ($R_z \leq 10$ мкм)	Сталь 45, 170—207 HB	От 1,0 до 3,0	0,28—0,35			
	Чугун серый, 170—229 HB		0,32—0,40			
Чистовая по предварительно прорезанному зубу ($R_z \leq 10$ мкм)	Сталь 45, 170—207 HB	Св. 3 до 12	0,25—0,30			
	Чугун серый, 170—229 HB		0,35—0,40			

Примечания: 1. Численные значения подачи приведены для обработки за один проход. При двух проходах значения подач следует увеличить на 20 %. 2. Большие значения подач необходимо применять при обработке колес с $z > 25$, меньшие — при $z \leq 25$. 3. Радиальная подача равна $(0,1 \div 0,3) S_{кр}$.

**13.79. Скорости резания v при зубодолблении
цилиндрических зубчатых колес из углеродистых и легированных сталей,
м/мин**

Вид обработки	$S_{кр}$ мм/дв. ход	m_0 мм					
		от 1,0 до 3	св. 3 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12
Черновая, полу- чистовая и чистовая по сплошному металлу	0,10	41,5	36	29	—	—	—
	0,15	34	28	23	—	—	—
	0,20	30	25	21	18,5	17	16
	0,25	27	22	18,5	17	16	14
	0,30	24	20	16	15,5	14	13
	0,35	22,5	18	15	14,5	13	12
	0,40	21	17	14,5	14	12	11
	0,45	—	16	13,5	12	11	10
	0,50	—	15,5	13,5	11,5	10	9,5
	0,55	—	—	12,5	10,5	9,5	9
	0,60	—	—	12	10	9	—
Чистовая по пред- варительно обрабо- танному зубу	0,15	—	44				
	0,20	—	40				
	0,25	—	35				
	0,35	—	31				

**13.80. Скорости резания v при зубодолблении зубчатых колес
из серого чугуна с 170—210 НВ, мм/мин**

Вид обработки	$S_{кр}$ мм/дв. ход	Модуль нарезаемых колес m_0 , мм					
		от 1 до 3	св. 3 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12
Черновая, полу- чистовая и чистовая по сплошному металлу	0,2	24,5	22	19	—	—	—
	0,25	23	21	18	—	—	—
	0,30	22	20,5	17	16	15	14
	0,35	21	18,6	16	15,7	14,5	13,5
	0,40	20,5	18	16,5	15	14	13
	0,45	19,5	17,5	15	14,8	13,5	12,5
	0,50	19	17	14,8	14,5	13	11,5
	0,55	—	16,5	14,5	14	12	11
	0,60	—	16	14	13	11	10
	0,70	—	—	—	—	10	—
Чистовая по пред- варительно обрабо- танному зубу	0,15	—	44				
	0,20	—	42				
	0,25	—	37				
	0,35	—	33				

**13.81. Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу
при зубодолблении для измененных условий работы
в зависимости от твердости материала**

Марка стали	Твердость HB	K_{v_M}	K_{S_M}
Конструкционные углеродистые:			
35	156—187	1,1	1,0
45	170—207 207—241	1,0 0,8	1,0 0,9
50	170—229	0,9	0,9
Конструкционные легированные:			
35X 40X 45X	156—207	1,0	1,0
12X2H4A 20X 12XH3A 20XНГМ 18ХГТ 20ХН3А	156—229	0,9	0,9
30ХГТ 25ХГТ	156—207	0,8	0,9
18X2H4MA 38X2MЮA 20XГНР	156—229 229—285 До 320	0,8 0,6 0,5	0,8 0,7 0,7

Примечания: 1. Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при зубодолблении для измененных условий резания в зависимости от прочих факторов приведены ниже.

Число зуб. в нарезаемого колеса

z	12	20	40	80	120
K_{v_z}	0,95	1,0	1,1	1,2	1,2

Материал долбляка

Марка стали	P18	P6M5	P6M5K5
K_{v_M}	1 1	1,0	1 2

Отношения фактической стойкости T_Φ к нормативной T

T_Φ/T	0,25	0,5	1,0	2	3
K_{v_T}	1,6	1,25	1,0	0,8	0,7

2. В качестве СОЖ рекомендуется применять при обработке сталей 45, 40X и других марок этой группы жидкие масла типа Индустриальное 20А; при обработке сталей марок 20X, 12XН3А и других — сульфорезол марки В или Р.

**13.82. Допустимый износ и стойкость зуборезных долбяков
в зависимости от модуля**

Вид обработки	Число проходов при t		Допустимый износ h_3 , мм, при t			Стойкость между переточками T , мин, при t			Размеры стачивания за одну переточку Δl , мм, при t	
	св. 3 до 6	св. 6 до 12	от 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 12	от 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 12	от 1 до 6	св. 6 до 12
По сплошному металлу:										
черновая	—	—	—	0,7	0,7	—	420	420	$h_3 + 0,10$	$h_3 + 0,15$
чистовая	—	—	0,3	0,3	0,3	240	240	240		
под шевингование и шлифование	—	—	0,5	0,5	0,5	300	300	300		
По предварительно обработанному зубу:										
получистовая	—	1	—	—	0,7	—	—	420		
чистовая	1	1	—	0,3	0,3	—	240	300		

13.83. Режимы резания мелко модульными зуборезными долбяками

Обрабатываемый материал	Модуль m_0 , мм	$S_{кр}$, мм/дв. ход	v , м/мин
Конструкционные углеродистые стали типа стали 45 в состоянии поставки	До 0,5 Св. 0,5 до 0,9	0,14 0,17	30—25
Конструкционные легированные стали типа стали 40X в состоянии поставки	До 0,5 Св. 0,5 до 0,9	0,14 0,17	25—20
Конструкционные легированные стали типа стали 40X после термообработки	До 0,5 Св. 0,7 до 0,9	0,11 0,14	25—15
Цветные металлы при $\sigma = 300 \div 500$ Н/мм ²	До 0,5 Св. 0,5 до 0,9	0,17 0,20	50—40
Средняя стойкость долбяков между переточками, мин	100—150		

Норма расхода зуборезных долбяков H_p (в шт.) на данную программу выпуска деталей Π определяется по формуле

$$H_p = \frac{\Pi t_0}{T(n_i + 1)},$$

где T — стойкость между двумя переточками, мин; n_i — число переточек.

В процессе эксплуатации перетачивание зуборезных долбяков может выполняться на круглошлифовальных, плоскошлифовальных с круглым поворотным столом и универсальнозаточных станках, а также специальных станках для заточки долбяков модели 3673. Установка при заточке прямозубых долбяков должна производиться в соответствии с примером на рис. 13.48. Для затачивания применяются обычно круги характеристик 24А, 25Н, СМ1—СМ2, 7К7.

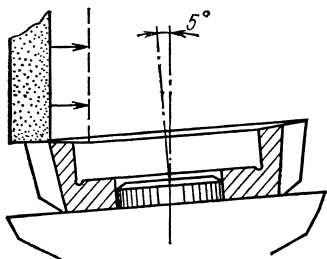


Рис. 13.48. Установка долбяков при заточке по передней поверхности

Для уменьшения шероховатости передней поверхности ее доводят кругами из карбида кремния зеленого (63С, 8—3, СЗ, 6, Б6) или эльбора (Л5 и КБ). Радиусы по вершинам зубьев снимаются обычно вручную абразивными брусками 15А; 6—10; СМ1.

13.5. Шеверы и зуборезные гребенки

Шеверы. Для чистовой обработки прямозубых и косозубых колес с наружными и внутренними зубьями в диапазоне модулей 0,2—8,0 мм предназначены шеверы. Наибольшее распространение они получили при чистовой обработке цилиндрических зубчатых колес в крупносерийном и массовом производстве.

В процессе шевингования инструмент и колесо находятся во вращении, воспроизводя зацепление винтовой передачи с точечным контактом. Вследствие скрещивания осей шевера и заготовки возникает составляющая скорости скольжения профилей, направленная вдоль образующих зубьев. Данная составляющая является движением резания, при котором острые кромки стружечных канавок зубьев шевера срезают с поверхностей зубьев колеса тонкие стружки, образуя профиль зубьев колеса, сопряженный с профилем зубьев инструмента — шевера. Шевингование позволяет повысить точность зубчатых колес по нормам плавности и контакта ГОСТ 1643—81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски». В отношении требований по плавности достигается уменьшение волнистости поверхности зубьев, уменьшение погрешностей шага зацепления и профиля зубьев, а по контакту обеспечивается увеличение протяженности контакта по высоте зубьев. Уменьшается также радиальное биение зубчатого венца, переходящее обычно в накопленную погрешность окружного шага.

Шеверы бывают дискового и реечного типов. Однако применяются в основном только дисковые шеверы.

Шеверы, как и долбяки, должны проектироваться для обработки колес с определенным числом зубьев. В условиях мелкосерийного и индивидуального производства применяют обычно шеверы общего назначения (ГОСТ 10222—81Е* и ГОСТ 8570—80Е*).

При выборе стандартного шевера следует руководствоваться следующими условиями:

точность шевера назначают согласно рекомендаций стандартов;

число зубьев шевера не должно иметь общих множителей с числом зубьев колеса;

при обработке колес с $z < 20$ шевер должен иметь наибольшее число зубьев;

выбранный шевер должен быть проверен на удовлетворение требованию обеспечения правильности зацепления колес, обработанных им.

Шеверы, применяемые в массовом производстве, проектируются для обработки колеса одного размера. При этом обычно при переточке корректируют профиль шевера для компенсации систематических погрешностей шевингования и упругих деформаций зубьев под нагрузкой в передаче.

Дисковый шевер по конструкции представляет собой цилиндрическое косозубое зубчатое колесо. Угол наклона линии зуба шевера β_0 выбирается из условия обеспечения межосевого угла шевера и колеса в пределах $\Sigma = 10 \div 20^\circ$.

Для правильного зацепления двух косозубых колес, например шевера и обрабатываемого колеса, шаги по делительным цилиндрам, измеренные в сечении, перпендикулярном к винтовой линии на этом цилиндре, должны быть равны [26, 269].

Расчет дискового шевера. Исходными данными для расчета дискового шевера являются размеры обрабатываемого зубчатого колеса в нормальном сечении к направлению зуба: m_n , p_n , α , β_1 , S_{n1} , h_{a1} , h_1 , z_1 , z_2 ,

Расчет конструктивных элементов шевера ведется в следующей последовательности.

Угол наклона линии зуба шевера $\beta_0 = \Sigma \pm \beta_1$. При этом угол скрещивания осей инструмента и колеса должен быть в пределах $10 \div 20^\circ$.

Торцовый модуль шевера $m_t = m_n / \cos \beta_0$.

Число зубьев шевера z_0 выбирается с учетом следующих условий:

достижения наибольшего коэффициента перекрытия при зацеплении с обрабатываемым колесом по формуле $z_0 = d_{a0}/m_t - 2$, где d_{a0} — максимально допустимый размер диаметра вершин зубьев для данной модели зубошевинговального станка или по ГОСТ 8570—80Е*;

улучшения условий обработки зубчатых колес, для чего число зубьев шевера не должно быть кратным или иметь общих множи-

телей с числом зубьев обрабатываемого колеса, быть по возможности простым числом; для мелко модульных шеве­ров допускают число зубьев шевера, образованное двумя или даже тремя множи­телями (например, $z_0 = 172$, $z_0 = 106$);

наличия эвольвентных копиров (обкаточных барабанов) и де­лительных дисков; наиболее употребительные числа зубьев шеве­ров приведены в ГОСТ 8570—80Е* и ГОСТ 10222—81Е*.

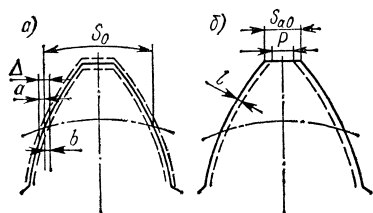


Рис. 13.49. Расположение при­пуска на переточку у шеве­ров

Торцовый угол зацепления ше­вера $\operatorname{tg} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta_0$.

Диаметр делительной окружно­сти $d_0 = m_t z_0$.

Диаметр основной окружности $d_{b0} = d_0 \cos \alpha_t$.

Толщина зуба шевера по дуге делительной окружности:

для шеве­ров со сквозными стру­жечными канавками (типа 1 при $m = 0,3 \div 1,75$ мм (ГОСТ 10222—81Е* и ГОСТ 8570—80Е*) $S_0 = \pi m_n / 2$;

для нового шевера с прорезанными несквозными стружечными канавками типа 2 при $m > 1,75$ (ГОСТ 8570—80Е*) $S_{0 \text{ нов}} = (\pi m_n - S_{n 1,2}) + 2a$;

для изношенного шевера типа 2 $S_{0 \text{ изн}} = (\pi m_n - S_{n 1,2}) - 2b$, где $S_{n 1,2}$ — толщина зуба по делительной окружности колеса (шестерни); $(a + b) = \Delta$ — припуск на переточку шевера на одну сторону зуба.

Размеры и расположение припуска на переточку зависят от ряда причин (рис. 13.49): необходимого срока службы шевера до полного износа; заострения зубьев шевера; ширины впадины между зубьями на окружности впадин. Обычно принимают $a = b = \Delta / 2$ или допускают следующее расположение: a равно $\Delta / 3$; $\Delta / 4$; 0 и b равно $2\Delta / 3$; $3\Delta / 4$; Δ .

Припуск Δ устанавливается в зависимости от модуля m_n по таблице:

m_n , мм	Δ мм
2,0—2,75	0,25
3,0—6,0	0,40
6,5—8,0	0,45

Высота ножки зуба:

для шевера типа 1 $h_{f0} = h_{a 1,2} + 0,25m_n$;

для шевера типа 2 $h_{f0} = h_{a 1,2} + K + b \operatorname{ctg} \alpha$, где $h_{a 1,2}$ — высота головки зуба колеса (шестерни); K — запас на величину возможного увода сверла при сверлении отверстий для выхода гребенки, определяемый по таблице:

m_n , мм	K , мм
2,0—2,5	0,35
2,5—2,75	0,50
3—3,5	0,75
3,75—8,0	1,0

Диаметр окружности впадин шевра $d_{f0} = d_0 - 2h_{f0}$. Необходимо, чтобы было выполнено условие $d_{f0} \geq d_{b0} + 2$. Если это не обеспечено, осуществляется высотное корригирование шевра на величину $y = (d_{b0} - d_{f0})/2 + 1$ мм.

После этого производится перерасчет величин $S_{0 \text{ нов}}$, h_{f0} , d_{f0} :

$$S_{0 \text{ нов. кор}} = S_{0 \text{ нов}} + 2y \operatorname{tg} \alpha; \quad h_{f0 \text{ кор}} = h_{f0} + y; \quad d_{f0 \text{ кор}} = d_{f0} + 2y.$$

Высота головки зубьев:

для шевров типа 1 $h_{a0} = h_{f1,2} + 0,1m_n$;

для шевров типа 2

$$h_{a0} = h_{f1,2} + 0,1m_n + a \operatorname{ctg} \alpha; \quad h_{a0 \text{ кор}} = h_{f1,2} + 0,1m_n + a \operatorname{ctg} \alpha + y,$$

где $h_{f1,2}$ — высота ножки колеса (шестерни) без учета, радиального зазора; $0,1m_n$ — дополнительное увеличение высоты с учетом предварительной обработки.

Диаметр вершин зубьев:

$$d_{a0} = d_0 + 2h_{a0}; \quad d_{a0 \text{ кор}} = d_0 + 2h_{a0 \text{ кор}}.$$

Высота зуба шевра:

$$h_0 = (d_{a0} - d_{f0})/2; \quad h_{0 \text{ кор}} = (d_{a0 \text{ кор}} - d_{f0 \text{ кор}}).$$

Проверяют заострение зубьев после изготовления стружечных канавок с обеих сторон зубьев (рис. 13.49)

$$P = S_{a0} - 2l/\cos \alpha_a \geq 0,1 \text{ мм},$$

где l — глубина стружечной канавки; α_a — угол давления на окружности вершин, $\cos \alpha_a = d_{b0}/d_{a0}$; S_{a0} — толщина зуба на диаметре вершин,

$$S_{a0} = d_{a0} \left(\frac{S_{0 \text{ нов}}}{d_0 \cos \beta_0} + \operatorname{inv} d_t - \operatorname{inv} \alpha_a \right).$$

При $P < 0,1$ мм необходимо изменить расположение припуска (уменьшить a или увеличить b) или уменьшить глубину канавки l .

Проверяют достаточность ширины впадины по окружности впадины шевра типа 2 для прохождения гребенки в процессе долбления стружечных канавок:

$$T_{ft0} = \pi d_{f0}/z_0 - S_{ft0\Phi} > 1,3 \text{ мм},$$

где $S_{ft0\Phi}$ — толщина зуба шевра в торцовом сечении на окружности впадин,

$$S_{ft0\Phi} = d_{f0} (S_{0S\Phi}/d_0 + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_f),$$

где $S_{0S\Phi}$ — толщина зуба шевра после фрезерования по дуге делительной окружности в торцовом сечении,

$$S_{0S\Phi} = (S_{0 \text{ нов}} + \delta)/\cos \beta_0; \quad \cos \alpha_f = d_{b0}/d_{f0}.$$

Припуск δ в зависимости от m_n назначают по таблице:

m_n , мм	δ , мм
2; 2,5	0,35
2,5—3,75	0,45
4,0—8,0	0,50

Диаметр отверстий шевера для выхода гребенки при долблении $d_f = T_{f0} + (1,5 \div 3)$.

Среднее значение диаметра в зависимости от модуля выбирается из таблицы:

m_n , мм	d_r , мм
2,0—2,25	3,0
2,5—3,75	4,0
4,0—4,5	5,0
5,0—5,5	6,0
6,0—8,0	7,0

Диаметр окружности расположения центров отверстий для выхода гребенки

$$d_{\text{ц}} = d_{f0} - \sqrt{d_r^2 - T_{f0}^2}$$

Окончательные результаты по обеспечению правильного выхода гребенки проверяются прочерчиванием, при неудовлетворительном результате меняют d_r и определяют вновь $d_{\text{ц}}$.

Угол наклона оси отверстия для выхода гребенки

$$\text{tg } \beta' = d_{f0} \text{ tg } \beta_0 d_0.$$

Обычно принимают $\beta' = \beta_0 - 1^\circ$.

Размеры и формы канавок выбираются в соответствии с рекомендациями ГОСТ 10222—81*Е и ГОСТ 8570—80*Е.

Ширина рабочей части зубьев шевера:

для типа 1 при $m_n \leq 1,75$ мм $b_0 = 10 \div 15$ мм

для типа 2 при $m_n > 1,75$ мм $b_0 = 20 \div 25$ мм.

Полная ширина шевера с учетом буртика обычно принимается равной $b = b_0 + 1$.

Помимо расчета конструктивных элементов шевера следует произвести проверку полученной конструкции на правильность зацепления колес, обработанных шевером. Для нормальной работы зубчатых колес, обработанных шевером, необходимо, чтобы активная часть их профилей зубьев была меньше активной части профилей зубчатых колес при их зацеплении с шевером в процессе обработки. Это условие обеспечивается в случае, если проекция активной части линии зацепления на торец сопрягаемых колес при шевинговании будет больше проекции активной части линии зацепления этих колес в работе.

Проекция активной части линии зацепления на торцы шевера и обрабатываемого колеса могут быть представлены как торцовые

радиусы кривизны точек начала активной части на начальных цилиндрах. Условие правильности зацепления имеет вид

$$\rho_{1,2} + \Delta g \leq \rho_0.$$

Здесь $\rho_{1,2}$ — радиус кривизны профиля зубьев колес в передаче,

$$\rho_{1,2} = \frac{1}{2} \sqrt{d_{1,2}^2 - d_b^2} - g_a,$$

где g_a — длина активной части линии зацепления пары колес,

$$g_a = \frac{1}{2} (\sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2}) - a \sin \alpha_t;$$

a — межосевое расстояние передачи; ρ_0 — радиус кривизны профиля зуба шевера, сопрягающейся с точкой начала активной части профиля колеса,

$$\rho_0 = \left(g - \frac{\rho_{1,2} - \Delta g}{\sin \sigma_{1,2}} \right) \sin \sigma_0;$$

Δg — необходимое перекрытие обработанной активной части профиля зубьев колеса

$$\Delta g = (0,15 \div 0,20) m_t / \sin \alpha_t;$$

g — длина линии зацепления шевера и зубчатой пары,

$$g = \frac{\sqrt{d_{\omega 1,2}^2 - d_{b1,2}^2}}{2 \sin \sigma_{1,2}} + \frac{\sqrt{d_{\omega 0}^2 - d_{b0}^2}}{2 \sigma_0},$$

$d_{\omega 1,2}$ и $d_{\omega 0}$ — диаметры начальных цилиндров колеса (шестерни) и шевера, $d_{\omega 0} = d_{a0} + 2h_{a0}$ — для шеверов типа 1, $d_{\omega 0} + d_0 + 2a \operatorname{ctg} \alpha$ — для нового шевера типа 2; $d_{\omega 0} = d_0 - 2b \operatorname{ctg} \alpha$ — для переточенного шевера типа 2; $\cos \sigma_{1,2} = \cos \alpha \cdot \sin \beta_{1,2}$; $\cos \sigma_0 = \cos \alpha \cdot \sin \beta_0$.

При несоблюдении условия $\rho_{1,2} + \Delta g \leq \rho_0$ необходимо диаметр вершин зубьев шевера пересчитать по формуле

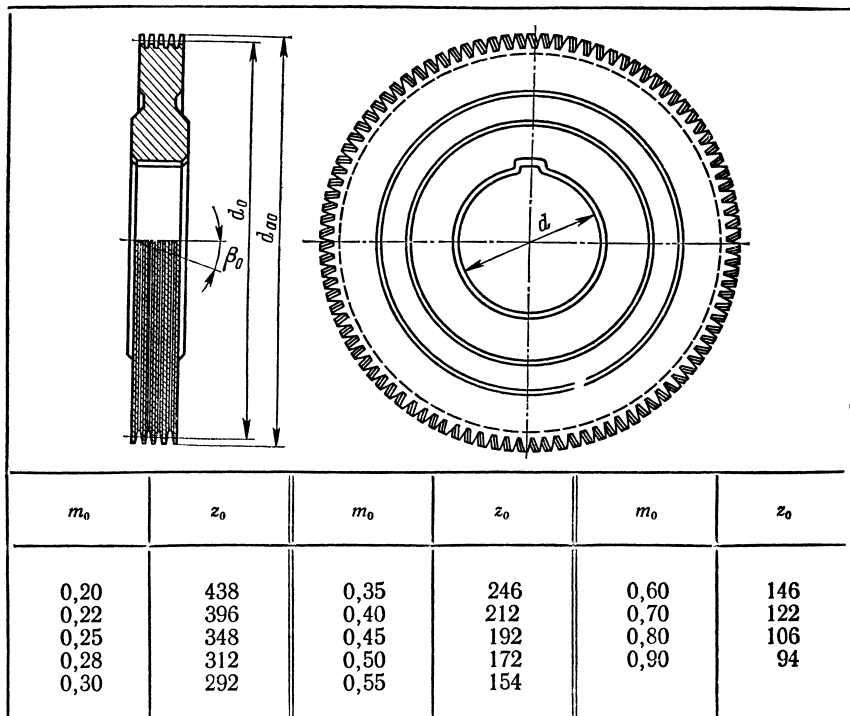
$$d_{a0} = \sqrt{(2\rho_0)^2 + d_{b0}^2}.$$

Необходимо также пересчитать толщину и высоту головки зуба.

Шеверы общего назначения изготавливаются в диапазоне модулей 0,2—0,9 мм по ГОСТ 10222—81*Е и модулей 1—8 мм по ГОСТ 8570—80*Е (СТ СЭВ 881—78 и СТ СЭВ 882—78).

Основные конструктивные размеры дисковых шеверов по ГОСТ 10222—81*Е даны в табл. 13.84, а по ГОСТ 8570—80*Е — в табл. 13.85. Рекомендуемая форма и размеры стружечных канавок, образующих режущие кромки зубьев шеверов типов 1 и 2, представлены на рис. 13.50, 13.51 и в табл. 13.86, 13.87.

13.84. Шеверы дисковые мелко модульные типа 1
с номинальным делительным диаметром 85 мм
и углом наклона линии зубьев $\beta_0 = 10^\circ$ (ГОСТ 10222—81Е*)



Допуски и предельные отклонения проверяемых параметров шеверов классов точности АА, А и В в диапазоне модулей 0,2—8 мм по данным стандартам приведены в табл. 13.88.

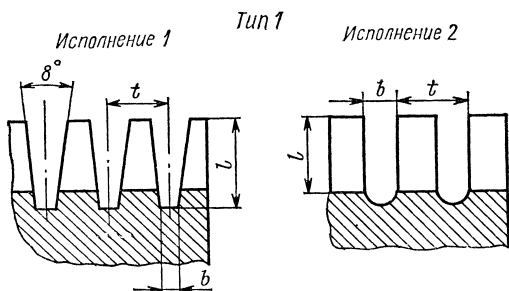


Рис. 13.50. Форма и размеры стружечных канавок шеверов модулей менее 1,75 мм

Шеверы изготавливаются только из быстрорежущей стали марок Р18, Р6М5, Р6М5К5 (ГОСТ 19265—73*), при этом твердость режущей части должна быть не менее 62—65 HRC₉. Не допускается на всех поверхностях шевера наличие трещин, забо-

ин, выкрошенных мест, следов коррозии. Параметры шероховатости рабочих поверхностей шеверов по ГОСТ 2789—73* должны быть не более следующих значений, мкм:

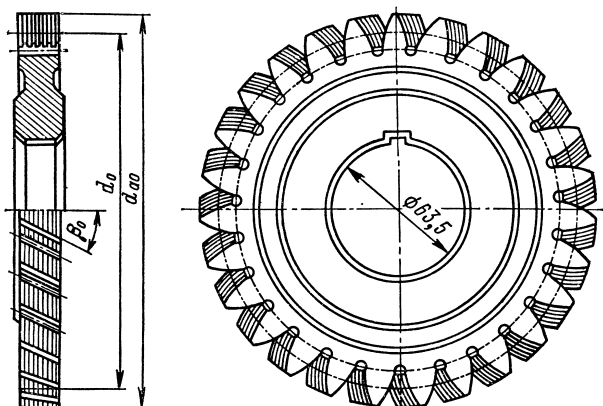
боковых поверхностей зубьев — $R_z = 1,6$
 опорных торцовых поверхностей — $R_a = 0,40$
 поверхности посадочного отверстия:
 классов точности АА и А — $R_a = 0,20$
 класса точности В — $R_a = 0,32$

Рекомендуемое назначение шевров:

класса АА — для колес 5-й степени точности;
 класса А — для колес 6-й степени точности;
 класса В — для колес 7-й степени точности.

Конструкции шевров. В практике обработки цилиндрических зубчатых колес нашли применение исключительно цельные конструкции дисковых шевров, различающихся отдельными кон-

13.85. Шевры дисковые (ГОСТ 8570—80Е*)



m_0 , мм	d_0 , мм	z_0	β_0 , °	m_0 , мм	d_0 , мм	z_0	β_0 , °	m_0 , мм	d_0 , мм	z_0	β_0 , °	m_0 , мм	d_0 , мм	z_0	β_0 , °
1,0	85	86	10	2,0	180	83	5; 15	3,25	180	53	5; 15	4,50	180	37	5; 15
1,125	85	76	10	2,25	250	115		3,50	250	71		5,0	250	51	
1,25	180	67	5; 15	2,50	180	73		3,75	180	47		5,5	180	31	
1,375	180	115	5; 15	2,75	250	103		4,0	250	67		6,0	250	43	
1,50	180	62	5; 15	3,0	180	67		4,25	180	43		6,5	250	29	
1,75	180	115	5; 15	3,25	250	91	5; 15	4,50	250	61	5; 15	7,0	250	41	5; 15
2,0	180	58	10	3,50	180	61		4,75	180	41		7,5	250	37	
2,25	180	115	5; 15	3,75	250	83		5,0	250	53		8,0	250	31	
2,50	180	100	5; 15	4,0	180	53		5,5	250	41				29	
2,75	180	100	5; 15	4,25	250	73		6,0	250	53					

структивными разновидностями выполнения или расположения стружечных канавок, формой профиля зубьев и т. п. К наиболее перспективным конструкциям следует отнести дисковые шеверы, стружечные канавки которых располагаются по винтовой линии,

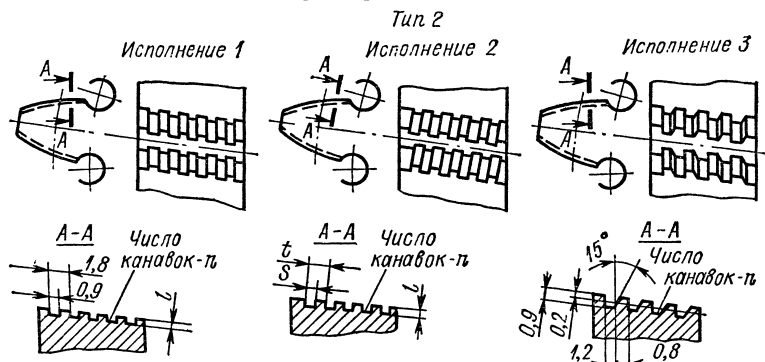


Рис. 13.51. Форма и размеры стружечных канавок шеверов модулей более 1,75 мм

что способствует более равномерному съему припуска, повышению точности и производительности обработки.

У шеверов данного типа осевой отрезок винтовой линии, шаг которой кратен или равен шагу стружечных канавок t , разби-

13.86. Размеры профиля зубьев шеверов типа 1, мм

m_0	t	l	b	Число канавок K
От 0,2 до 0,28	1,4	1,0	0,7	6
Св. 0,28 до 0,5	1,7	1,5		5
Св. 0,5 до 0,7		2,0	0,6	
0,8	2,1	2,5	0,7	6
0,9		3,0	0,6	
1,0				
1,125; 1,25	2,7	4,5	0,8	5
1,375; 1,5		5,0		

вается между несколькими зубьями шевера, объединяемыми условно в группу. Следовательно, в каждую группу входит несколько зубьев шевера. При этом желательно, чтобы число зубьев заготовки не было кратным или не имело общих множителей с числом зубьев в группе, а общее число зубьев шевера было кратным числу зубьев в группе, но не равно ему. Поэтому число зубьев шевера не может быть простым числом. Необходимо также стремиться, чтобы число зубьев в группе или число

зубьев шевера отличались от числа зубьев колеса на возможно меньшее число. Например, у зубчатого колеса с $z = 23$ каждый зуб будет обработан шевером с $z_0 = 37$ только через 37 оборотов. Приняв у шевера с $z_0 = 36$ три группы зубьев с числом зубьев

13.87. Размеры стружечных канавок дисковых шеверов типа 2, мм

m_0	Исполнение 1			Исполнение 2				Исполне- ние 3		
	d_0									
	180; 250	180	250	180 и 250		180	250	180	250	
	l	n		l	t	s	n		n	
				не менее		не менее				
От 2 до 2,75	0,6	10	12	0,6	2,2	1,1	7	9	9	11
3	0,8			0,8						
Св. 3 до 5	1,0			1,0						
Св. 5 до 8	1,0	9	11	2,4	1,2	7	8			

в каждой группе 12, можно обеспечить обработку каждого зуба уже на 12 оборотов. На рис. 13.52 показана схема развертки одной стороны зубьев дискового шевера, у которого канавки расположены на соседних зубьях по винтовой линии с шагом $s = t$ и углом подъема ω_0 . Число зубьев в группе $r_{гр}$ принято равным 7, а число зубьев обрабатываемого колеса $z = 8$, поэтому первый зуб колеса зацепляется с 1-м, 2-м, 3-м, ..., 7-м зубьями шевера, чем обеспечивается непрерывный съем металла.

При обработке улучшенных и термически обработанных до твердости 35—48 HRC₂ зубчатых колес с $m = 2 \div 6$ мм могут применяться дисковые шеверы с напайными твердосплавными зубьями (рис. 13.53). Крепление твердосплавных зубьев в прямоугольной формы пазах может производиться с помощью специального клея или пайки.

При шевинговании зубчатых колес находят применение так называемые облегающие шеверы (рис. 13.54). Дисковые облегающие шеверы имеют те же основные конструктивные элементы и геометрию, что и обычные шеверы, за исключением вогнутости зубьев по длине на величину Δ , т. е. толщина зуба шевера от торцов к середине постепенно уменьшается на несколько сотых долей

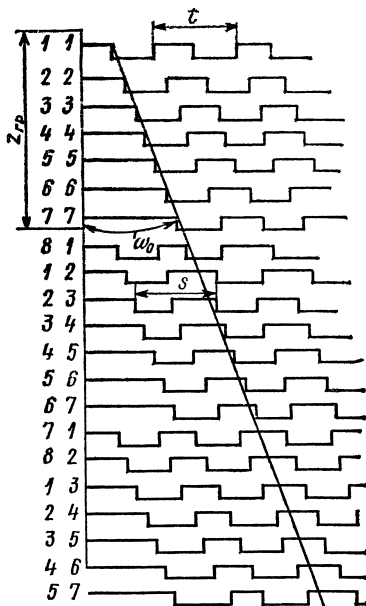


Рис. 13.52. Схема развертки боковой стороны зубьев шевера

13.88. Допуски и предельные отклонения параметров шевров
(ГОСТ 10222—81Е*, ГОСТ 8570—80Е*)

Параметр	Обозначение	Класс точности	Допуски и отклонения, мкм, при m_0 , мм		
			до 0,9	от 1 до 3,55	св. 3,55
Диаметр посадочного отверстия	f_d	AA A B	— +5 +5	+5 +5 +8	
Отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности	f_{xy}	AA A B	— 5 5	5 7 8	
Отклонение от параллельности торцовых поверхностей	f_x	AA A B	— 5 5	5 8 10	
Отклонение диаметра окружности выступов	f_{da0}	AA A B	— ± 180 ± 200	± 200 ± 400 ± 400	
Погрешность направления зуба	$F_{\beta 0}$	AA	—	± 6	± 8
		A B	± 6 ± 8	± 9 ± 11	
Профиль зуба	f_{f0}	AA	—	3	4
		A B	4 5	4 6	6 8
Разность окружных шагов	f_{ta0}	AA	—	3	3
		A B	3 4	3 5	5
Накопленная погрешность окружного шага	f_{vpt0}	AA	—	8	10
		A B	12 16	12 16	
Радиальное биение зубчатого венца относительно оси	F_{p0}	AA	—	6	8
		A B	10 14	10 18	
Отклонение высоты головки зуба	F_{r0}	AA	—	± 12	± 20
		A B	± 10 ± 15	± 15	± 25

миллиметра, а ширина шевра зависит от ширины венца колеса. При обработке облегающими шеверами не требуется обязательного продольного перемещения, так как они имеют не точечный, а линейный характер контакта с изделием, поэтому любое

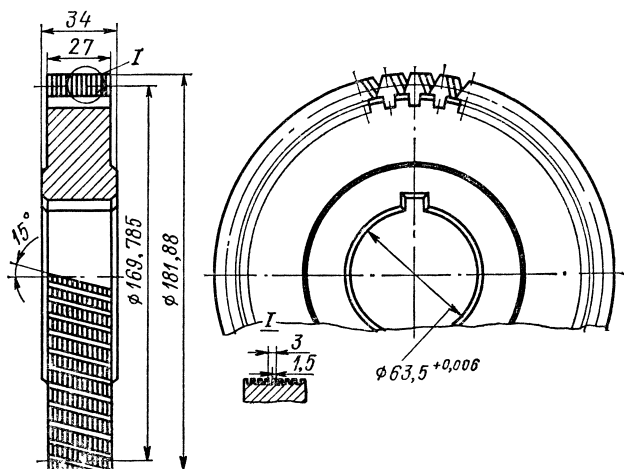


Рис. 13.53. Дискový шевер с твердосплавными зубьями

их торцовое сечение является профилирующим. Из-за невозможности теоретически правильно спрофилировать форму их зубьев на существующих зубошлифовальных станках точность обработки ими зубчатых колес несколько ниже, чем при шевинговании обычными шеверами.

Главной особенностью расчета данных шеверов является определение стрелы прогиба и изменения толщины зуба по длине шевра. При увеличении расчетного значения вогнутости в случае обычного шевингования и отсутствия продольной подачи можно получить бочкообразный зуб колеса. Облегающие шеверы выгодно применять при диагональной и касательной подачах. В этом случае вогнутость шевра должна быть равна заданной бочкообразности зуба колеса. Более конкретный расчет облегающих шеверов дан в работах [269]. При шевинговании точных червячных колес находят применение червячные шеверы, имеющие на боковых поверхностях режущие зубчики, представляющие собой исходные основные червяки,

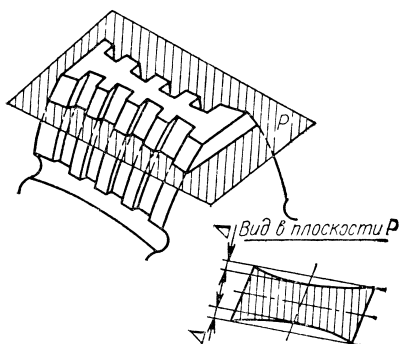


Рис. 13.54. Профиль зуба облегающего шевера

на базе которых спрофилирована червячная передача. Существуют в основном два типа червячных шеверов.

Первый тип — червячные шеверы со стружечными канавками, образующими режущие зубья и имеющими по профилю узкие ленточки шириной 0,2—0,6 мм, полученные в результате шлифования профиля на резьбошлифовальном станке без затылующего движения.

Второй тип — червячные шеверы (рис. 13.55), представляющие собой червяки, на боковых поверхностях витка которых выполнены насеченные зубья в виде ленточек 0,3—0,5 мм. Они образуют режущие кромки, снимающие очень небольшую стружку.

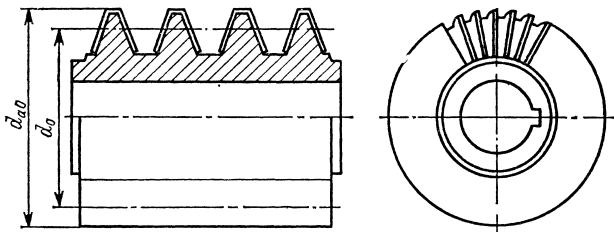


Рис. 13.55. Червячный шевёр

Расчетные размеры червячных шеверов должны строго соответствовать размерам червяков передачи, однако размеры зубьев нового шевера делают несколько увеличенными против расчетных размеров червяка, учитывая уменьшение диаметральных размеров при последующих переточках и допуск на обязательный боковой зазор в передаче.

Для повышения точности обработки шлифование профиля червячного шевера и червяка следует производить с одной установки одинаково заправленным шлифовальным кругом.

Эксплуатация шеверов. Режимы резания при шевинговании характеризуются скоростью резания продольной и радиальной подачами и числом одинарных ходов без радиальной подачи.

Скоростью резания при шевинговании называется скорость бокового скольжения зубьев шевера относительно зубьев шевингуемого колеса:

для косозубых колес

$$v = v_0 \sin \Sigma / \cos \beta;$$

для прямозубых колес

$$v = v_0 \sin \Sigma,$$

где Σ — межосевой угол шевера и колеса; v_0 — окружная скорость шевера, м/мин,

$$v_0 = \frac{\pi d_{a0} n_0}{1000},$$

n_0 — частота вращения шевера, об/мин.

13.89. Режимы резания для мелко модульных шеверов $m_0 = 0,2 \div 0,9$ мм

Обрабатываемый материал	Радиальная подача $S_{\text{рад}}$, мм/дв. ход	Продольная подача S_0 , мм/об	Окружная скорость шевера v_0 , м/мин
Конструкционные углеродистые и легированные стали с 240—280 НВ	0,01—0,04	0,5—0,1	50
Конструкционные и легированные стали, серый чугун с 160—240 НВ		0,1—0,2	80
Цветные металлы и сплавы с 80—160 НВ		0,2—0,4	127

13.90. Окружная скорость шеверов v_0 , м/мин, при $m_0 = 1—8$ мм

Обрабатываемый материал	Твердость НВ	Окружная скорость v_0 , м/мин
Конструкционные углеродистые стали: 15, 20, 25	156—170	150
30, 35	170—207	140
40, 45, 50	170—229 229—285	130 80
Конструкционные легированные стали: 20Х, 35Х, 40Х, 18ХГТ, 30ХГТ, 45Х, 20ХНМ, 5ХНМ, 12ХНВА, 38ХМЮА	187—229	105
Чугун серый	170—207	110

Скорость резания при межосевом угле 15° будет равна примерно $(1/4) v_0$.

Продольной подачей называется перемещение обрабатываемого колеса за один его оборот (S_0 , мм/об).

Радиальная подача — перемещение шевера в радиальном направлении за один его ход вдоль обрабатываемого колеса:

$$S_{\text{рад}} = \frac{0,5 \Delta S \operatorname{ctg} \alpha_0}{n_1},$$

где ΔS — припуск по толщине зуба колеса, мм; α_0 — угол профиля исходного контура; n_1 — число рабочих одинарных ходов станка.

Минутная продольная подача (мм/мин) может быть определена по формуле

$$S_m = S_0 z_0 n_0 / z_1.$$

Рекомендуемые режимы резания при шевинговании (v_0 , S_0 , S_p) представлены в табл. 13.89—13.92.

Износ шевера определяется по качеству и точности обработки зубьев колеса. По мере износа возрастает выделяемое тепло; стружка сильно деформируется, ухудшается шероховатость поверхностей зубьев колеса. Поэтому за критерий затупления шевера принимают обычно появление стружки с цветами побежалости. Критерием затупления может быть также недопустимый шум зубчатой пере-

13.91. Радиальная подача при шевинговании

Степень точности зубчатого колеса ГОСТ 1643—81	Радиальная подача $S_{рад}$, мм/дв. ход	Число ходов стола без радиальной подачи
6	0,02—0,025	4—6
7	0,04—0,05	2—4

дачи при проверке на контрольном станке, ухудшение шероховатости поверхности обработанных зубьев, появление блеска на рабочих профилях зубьев шевера. Стойкость шевера регламентируется также временем его работы между двумя заточками и измеряется в минутах (табл. 13.93).

Для повышения стойкости шеверов и точности обработки рекомендуется в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости при-

13.92. Продольная подача S_0 при шевинговании, мм/об

Степень точности зубчатого колеса (ГОСТ 1643—81)	Класс шероховатости поверхности (ГОСТ 2789—73*)	z				
		12	17	25	40	100
6—7	8 и выше	0,10—0,15	0,15—0,20	0,20—0,25	0,25—0,30	0,35—0,40
	7	0,16—0,20	0,20—0,25	0,25—0,30	0,35—0,40	0,50—0,60

13.93. Стойкость шеверов

m_n	Обрабатываемый материал	Твердость HB	Стойкость T , мин
0,2—0,9	Сталь, чугун	160—290	1000
1—8	Сталь Чугун серый	160—240	2400 1200

менить сульфифрезол (ГОСТ 122—84) или масло индустриальное 20А (ГОСТ 20799—75*).

Машинное время процесса шевингования (мин) может быть определено по формуле

$$t_0 = \frac{L}{S_0 n_0} K.$$

Здесь L — длина рабочего хода шевра, определяемая в зависимости от принятого метода шевингования; S_0 — продольная подача; n_0 — частота вращения шевра; $K = 1,370 \Delta/S_p + 2$ — число ходов, где S_p — радиальная подача; Δ — припуск по толщине зуба.

В процессе эксплуатации шевр должен периодически подвергаться перетачиванию по профилю зубьев. Шлифование профиля зубьев шевров производится на зубошлифовальных станках моделей 5891, 5892С, 5893, МШ-232, SRS-400 или SRS-401 фирмы К. Хурт (К. Hurth, ФРГ), станках типа «Маг» (Maag, Швейцария) плоской торцовой поверхностью шлифовального круга или на станках типа модели 5В833, оснащенных червячными абразивными кругами. При переточке шлифуют также поверхность вершин зубьев. Число возможных переточек при правильной эксплуатации составляет 5—10. При шлифовании профиля шевров рекомендуется применять шлифовальные круги следующих характеристик: 25А (24А); 16—25, М2—М3, 8—7, К5, утвержденных ГОСТ 2424—75.

После затачивания обязателен контроль шевра на соответствие требованиям ГОСТ 10222—81Е* или ГОСТ 8570—80*Е.

Зуборезные гребенки. Гребенки являются наиболее простым зуборезным инструментом, работающим по методу обкатки, при этом принцип образования зубьев колес аналогичен зацеплению колеса с зубчатой рейкой, являющейся инструментом. Применяются зуборезные гребенки для нарезания на специальных зубострогальных станках цилиндрических зубчатых колес с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями.

Процесс резания гребенками производится при их возвратно-поступательном перемещении вдоль образующей обрабатываемого зуба колеса. Изготавливаются гребенки как прямозубыми, так и косозубыми классов точности АА, А и В в диапазоне модулей 1—20 мм.

Наиболее перспективной областью их применения является обработка зубчатых колес с шевронными зубьями, блочных колес с буртом за нарезаемым венцом, крупномодульных прецизионных колес.

В СССР зубострогальные станки не вошли в типаж оборудования, поэтому применение зуборезных гребенок очень ограничено, в связи с чем вопросы их конструирования в настоящем справочнике не рассматриваются, а при необходимости могут быть заимствованы из материалов [26].

13.6. Инструмент для обработки зубчатых изделий методом зуботочения

Метод зуботочения представляет собой нарезание зубчатых изделий обкаткой многозубым инструментом (обкаточным резцом) дискового типа при взаимосвязанном вращении изделия и инструмента вокруг скрещивающихся осей, при этом боковая поверхность впадины образуется единичными резами различных зубьев, число которых связано с подачей. Профиль зубьев обкаточного резца зависит от многих факторов: профиля обрабатываемого изделия, самого процесса и конструктивных элементов инструмента.

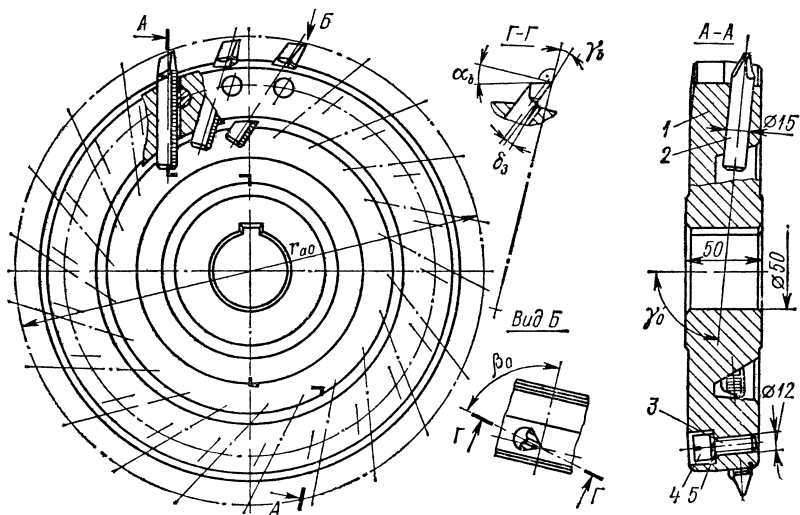


Рис. 13.56. Сборный обкаточный резец с острозаточенными зубьями

В общем виде обкаточный резец можно представить как многозаходную червячную фрезу, в каждом заходе которой имеется только один зуб, но который за один раз полностью профилирует впадину между зубьями или, точнее, участок ее, расположенный в окрестности контактной линии [273].

Станочное зацепление обкаточного резца с зубчатым изделием характеризуется следующими тремя основными параметрами: углом скрещивания осей инструмента и изделий V , межосевым расстоянием a_0 и передаточным числом $u_0 = z/z_0$, где z — число зубьев колеса; z_0 — число зубьев обкаточного резца.

Метод зуботочения колес с наружными и внутренними зубьями в настоящее время осуществляется на модернизированных зубофрезерных станках моделей 5К32, 5К328, шлицевых валов — на шлицефрезерных станках моделей МШ-300 и МШ-301Т. В качестве режущего инструмента применяются сборные и цельные конструкции обкаточных резцов.

Расчет на ЭВМ координат точек режущих кромок обкаточных резцов, предназначенных для нарезания методом зуботочения зубчатых колес с внешними и внутренними зубьями, достаточно полно представлен в работах [258, 259], поэтому в данном справочнике не приводится. Методика расчета координат точек режущих кромок обкаточных резцов для нарезания шлицевых валов с прямобочным профилем приведена в [262].

Применяемые сборные обкаточные резцы являются, как правило, инструментом с острозаточенными зубьями (рис. 13.56), пе-

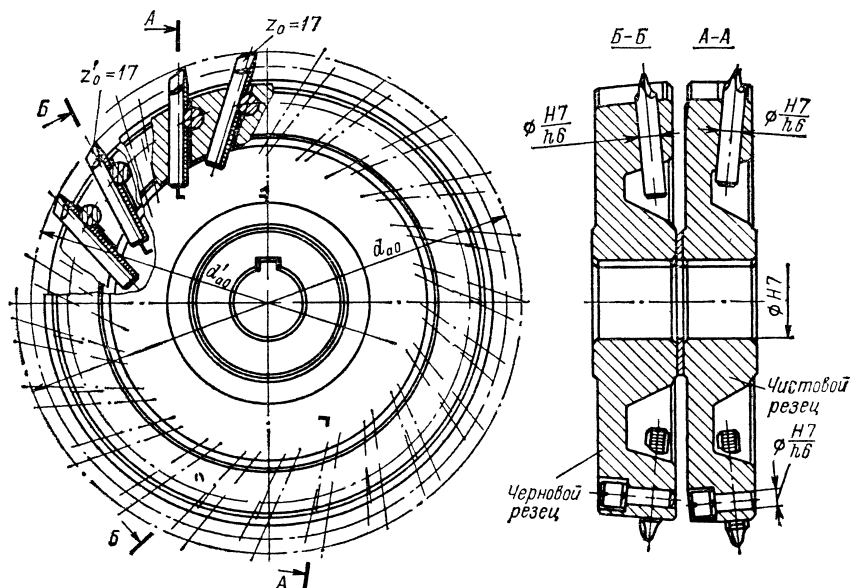


Рис. 13.57. Двухрядный обкаточный резец

речка которых производится каждый раз по профилю, т. е. по задним и передним поверхностям. Обкаточный резец состоит из корпуса 1, цилиндрической формы зубьев 2, закрепляемых в корпусе с помощью цилиндрических клиньев 3, гайки 4 и шайбы 5. Цилиндрические зубья и клинья имеют рифления, что позволяет производить мерное выдвижение зубьев по мере переточек и их надежное крепление. Корпус обкаточного резца и детали крепления используются с несколькими комплектами зубьев, что значительно повышает эффективность применения инструмента.

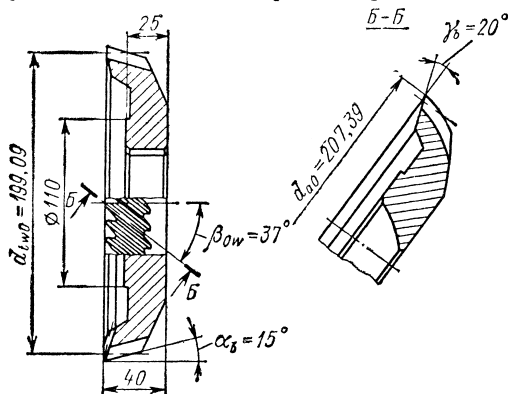
Режущая кромка зуба острозаточенного обкаточного резца образована в результате пересечения цилиндрической задней поверхности с плоской передней поверхностью. Шлифование профиля и затачивание по передней поверхности резцов производится обычно на универсально-заточном станке с применением специального приспособления, которое обеспечивает установку резца под заданными углами заточки. Шлифование по задней поверх-

Достаточно прогрессивным инструментом для нарезания зубчатых изделий по методу зуботочения являются сборные двухрядные обкаточные резцы (рис. 13 57). Они представляют собой

Размеры режущей части зуба, параметры черного обкаточного резца и расположение его на шпинделе подбираются таким образом, чтобы на него приходилась большая часть работы по удалению

Расчет на ЭВМ цельных обкаточных резцов с заменой теоретического профиля эвольвенты, предназначенной для нарезания зубчатых колес с внутренними зубьями, представлен в [260].

640



13.7. Инструмент для нарезания конических зубчатых колес

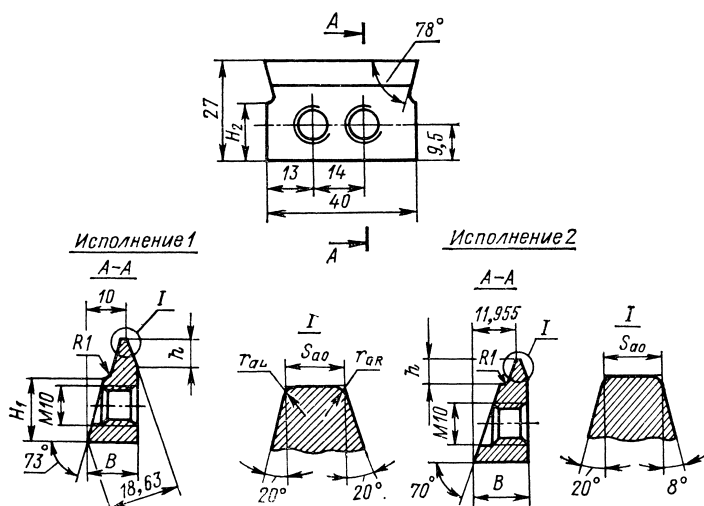
Зубострогальные резцы. Применяются для нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями по методу обкатки в единичном, серийном и массовом производствах.

Нарезание основано на принципе зацепления обрабатываемой заготовки с производящим плоским колесом; при этом каждый зуб заготовки обрабатывается с двух сторон двумя резцами.

Конструктивные размеры зубострогальных резцов стандартизованы в диапазоне модулей от 0,3 до 20 мм (ГОСТ 5392—80Е).

Стандартные зубострогальные резцы выпускаются четырех типов: 1, 2, 3 и 4.

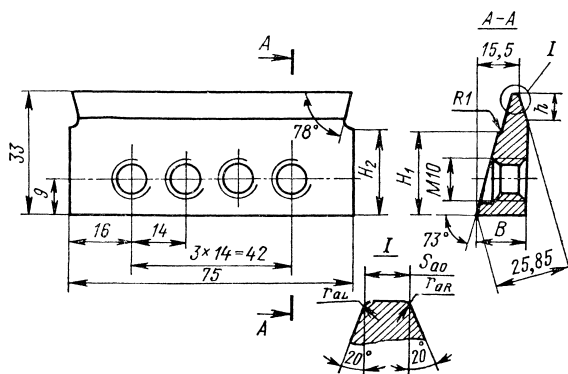
13.94. Конструктивные размеры зубострогальных резцов типа 1 (ГОСТ 5392—80Е), мм



m_0	Исполнение 1		Исполнение 2		H_1	H_2	r_{aR}	r_{aL}	S_{a0}
	B	h	B	h					
0,3; 0,35	10,36	1,0	12,18	2,0	25,7	25,0	0,08	—	0,12
0,4; 0,45	10,44	1,2	12,22	2,2			0,12		0,16
0,5; 0,55	10,51	1,4	12,26	2,5	25,0	24,0	0,15		0,20
0,6; 0,7	10,66	1,8	12,30	3,0			0,18		0,24
0,8; 0,9	10,80	2,2	12,38	3,5	23,9	23	0,24	0,15	0,32
1,0; 1,125	11,09	3,0	12,46	4,0			0,3		0,4
1,25; 1,375	11,18	3,3	12,56	4,5	22,7	22,0	0,38		0,5
1,5; 1,75	11,53	4,2	12,66	5,5			0,45		0,6
2,0; 2,25	11,93	5,3	12,86	6,0	20,5	20,0	0,6	0,18	0,8
2,5	12,18	6,0	13,06	6,0			0,75	0,2	1,0

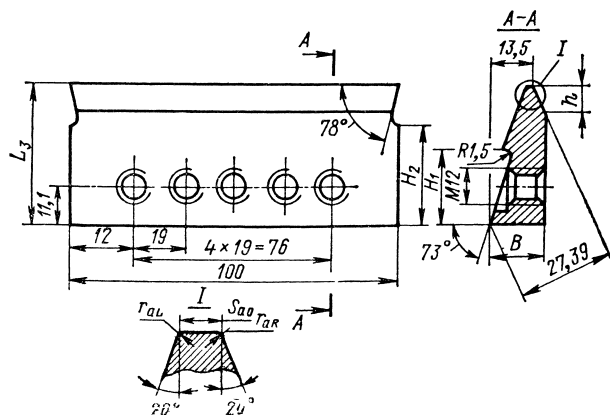
Резцы типа 1 изготавливаются длиной 40 мм двух исполнений в диапазоне модулей 0,3—2,5 мм (табл. 13.94); типа 2 — длиной 75 мм в диапазоне модулей 0,5—5,5 мм (табл. 13.95); типа 3 — длиной 100 мм в диапазоне модулей 1—10,0 мм (табл. 13.96); типа 4 — трех исполнений модулей 3—20 мм (табл. 13.97).

13.95. Конструктивные размеры зубострогальных резцов типа 2 (ГОСТ 5392—80Е), мм



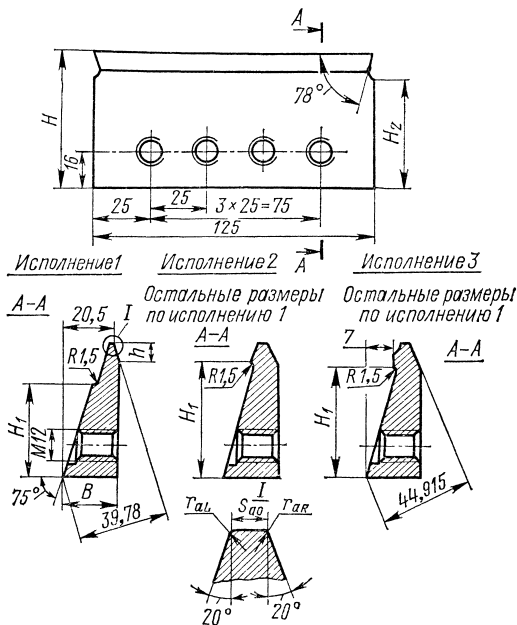
m_0	B	h	H_1	H_0	r_{aR}	r_{aL}	S_{a0}
0,5; 0,55	16,01	1,4	29	30,0	0,15	—	0,20
0,6; 0,70	16,16	1,8		30,0	0,18		0,24
0,8; 0,9	16,3	2,2		29,0	0,24		0,32
1,0; 1,125	16,59	3,0		29,0	0,33		0,40
1,25; 1,375	16,68	3,3		28,0	0,38		0,50
1,5; 1,75	17,03	4,2	23	28,0	0,45	0,15	0,60
2,0; 2,25	17,43	5,3		26,0	0,60	0,18	0,80
2,5; 2,75	17,86	6,5		26,0	0,75	0,20	1,0
3,0; 3,25	18,27	7,6		23,0	0,80	0,25	1,2
3,5; 3,75	18,70	8,8		23,0	1,0	0,30	1,4
4,0; 4,25; 4,5	19,36	10,6	18	21,5	1,2	0,35	1,6
5,0; 5,5	20,24	13,0		19,0	1,5	0,45	2,0

13.96. Конструктивные размеры зубострогальных резцов типа 3 (ГОСТ 5392—80Е), мм



m_0	B	h	H_1	H_2	r_{aR}	r_{aL}	S_{a0}
1,0; 1,125	14,59	3,0	35	39,0	0,3	—	0,4
1,25; 1,375	14,70	3,3		37,0	0,38		0,5
1,50; 1,75	15,03	4,2			34,5	0,45	0,15
2,0; 2,25	15,59	5,3		30		0,6	0,18
2,5; 2,75	15,87	6,5			31,5	0,75	0,2
3,0; 3,25	16,27	7,6	26	29,0		0,8	0,25
3,5; 3,75	16,7	8,8			1,0	0,3	1,4
4,0; 4,25; 4,5	17,36	10,6			1,2	0,35	1,6
5,0; 5,5	18,23	13,0			1,5	0,45	2,0
6,0; 6,5	19,14	15,5			1,8	0,55	2,4
7,0	19,51	16,5	25,5	2,1	0,65	2,8	
8,0	20,42	19,0	23,0	2,4	0,7	3,2	
9,0	21,33	21,5	20,5	2,7	0,8	3,6	
10,0	22,24	24,0	18,0	3,0	0,9	4,0	

13.97. Конструктивные размеры зубострогальных резцов типа 4 (ГОСТ 5392—80Е), мм



m_0	B	H	h	H_1	H_2	r_{aR}	r_{aL}	S_{a0}
Исполнение 1								
3,0; 3,25	23,27	60	7,6	48	50	0,8	0,25	1,2
3,5; 3,75	23,7		8,8		1,0	0,3	1,4	
4; 4,25; 4,5	24,36		10,6		48,5	1,2	0,35	1,6
5,0; 5,5	25,23		13	46	1,5	0,45	2	
6,0; 6,5	26,14		15,5	43,5	1,8	0,55	2,4	
7,0	26,51		16,5	42,5	2,1	0,65	2,8	
Исполнение 2								
8,0	27,42	60	19,0	38	40	2,4	0,7	3,2
9,0	28,33		21,5		37,5	2,7	0,8	3,6
10,0	29,24		24,0		35	3,0	0,9	4,0
11,0	29,80		25,8	33	3,3	1,0	4,4	
12,0	30,73		28,1	31	3,6	1,1	4,8	
Исполнение 3								
14,0	32,44	75	32,8	30	41	4,2	1,25	5,6
16,0	34,15		37,5		36,5	4,8	1,45	6,4
18,0	35,86		42,2		31	5,4	1,6	7,2
20,0	37,61		47		27	6,0	1,8	8,0

Выбор типа резца диктуется размерами обрабатываемого колеса и имеющимся оборудованием (табл. 13.98).

Резцы изготавливаются из быстрорежущей стали марок Р6М5, Р6М5К5 с твердостью 63—66 НРС_э, причем резцы длиной более 40 мм могут быть сварными, а также с износостойкими покрытиями Ti N.

Допускаемые предельные отклонения основных параметров резцов приведены в табл. 13.99, а допускаемые параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73* — в табл. 13.100. Ниже дана методика расчета основных конструктивных размеров резцов.

Расчет конструктивных размеров резцов. Исходными данными для расчета являются внешний модуль m_e , угол зацепления α_{ne} ,

13.98. Типы оборудования для зубострогальных резцов

Тип резца (ГОСТ 5392—80Е)	Диапазон модулей нарезаемых зубчатых колес, мм	Модели зубострогальных станков
Тип 1 (исполнение 1)	От 0,3 до 2,5	523, 5П23Б, 5П23БП (СССР), «Глисон 3"» и № 103 (США), 12Н (фирма Г. Гарбек, ФРГ)
Тип 1 (исполнение 2)	» 0,3 » 2,5	5Т23В (США)
Тип 2	» 0,5 » 5,5	15КН, 15КНС, 26Н, (фирма Г. Гарбек, ФРГ)
Тип 3	» 1 » 10,0	5А26, 526, 5А250, 5А250П, 5С276П (СССР), «Глисон 14», № 14 и № 710 (США), 25КН, 25КНС, 50КН, 50КНС (фирма Г. Гарбек, ФРГ)
Тип 4	» 3,0 » 20,0	5282, 5С286П (СССР), «Глисон 24"А» (США), 75КН, 75КНС (фирма Г. Гарбек, ФРГ)

13.99. Допуски и предельные отклонения параметров зубострогальных резцов

Проверяемые параметры	Допуск и отклонения, мм, при m_0 , мм				
	от 0,3 до 1,125	св. 1,125 до 2,75	св. 2,75 до 6,5	св. 6,5 до 10,0	св. 10,0 до 20,0
Угол профиля α_c ,	± 6	± 5	± 4	± 3	± 2
Ширина вершины S_{a0}	j_{S11}	j_{S12}	j_{S14}	j_{S14}	j_{S15}
Базовый размер К для резцов типа					
1			$\pm 0,03$		
2			$\pm 0,05$		
3			$\pm 0,05$		
4			$\pm 0,10$		

13.100. Параметры шероховатости зубострогальных резцов

Поверхность	Шероховатость, мкм
Поверхность рабочей стороны профиля резцов и передняя поверхность режущей части	$R_a = 0,32$
Поверхность по вершине резца, поверхность под углом и поверхность нерабочей стороны профиля резцов	$R_a = 0,63$
Поверхность основания и широкая небазовая поверхность	$R_a = 1,25$
Остальные поверхности	$R_z = 20$

ширина впадины зуба у малого диаметра $S_{f \min}$ и у большого диаметра колеса $S_{f \max}$.

Толщина зуба резца на вершине должна быть $S_{f \min} > S_{a0} > S_{f \max}/2$, или $0,35m_e < S_{a0} < 0,54m_e$.

Высота режущей кромки резца по рабочей стороне профиля

$$h = m_e (2 + C) / \cos \alpha_0,$$

где α_0 — угол профиля резца, принимаемый равным углу зацепления передачи; C — коэффициент радиального зазора в паре.

Ширина основания резца для резцов:

типов 1 (исполнение 1), 2, 3 и 4

$$B = b + h \operatorname{tg} \alpha_0;$$

типа 2 (исполнение 2)

$$B = b + S_{a0} + 0,1,$$

где b — базовое расстояние, принимаемое в соответствии с размерами станка.

Угол профиля резца α_0 принимается равным углу зацепления передачи, т. е. 20° , 15° или $14^\circ 30'$.

Установка резца под углом 12° для получения необходимых задних углов на вершине и боковых сторонах вызывает небольшое искажение угла профиля, но это не сказывается на правильности зацепления, так как колесо и шестерня нарезаются резцами, с одним и тем же искажением угла профиля.

Передний угол γ на боковой режущей кромке устанавливается в зависимости от обрабатываемого материала в пределах $\gamma = 10^\circ \div 25^\circ$.

Радиус закругления на рабочей стороне профиля следует рассчитывать по формуле

$$r_{aR} = C / (1 - \sin \alpha_0),$$

на нерабочей стороне профиля он равен

$$r_{aL} = (0,2 \div 0,3) r_{aR}.$$

Остальные конструктивные размеры резцов следует выбирать в соответствии с рекомендациями ГОСТ 5392—80Е.

Эффективно применение на резцах износостойких покрытий, нанесенных методом КИБ на установках типа «Булат».

Эксплуатация зубострогальных резцов. Скорость резания может быть определена по формуле

$$v = 2(b + a)n/1000,$$

где b — ширина зубчатого колеса; a — перебег инструмента; n — число двойных ходов в минуту.

Расчетное основное нормативное время $t'_{0.н}$, с, на обработку одного зуба выбирается в зависимости от модуля, вида обработки, материала, его твердости и определяется с учетом соответствующих поправочных коэффициентов по табл. 13.101, 13.102 как $t'_{0.н} = t_{0.н}K_{\Sigma 0}$, после чего подлежит уточнению по паспорту зубострогального станка.

Поправочные коэффициенты на стойкость в зависимости от материала инструмента даны в табл. 13.103. Поправочный коэффициент на основное время обработки одного зуба в зависимости от фактической стойкости резцов приведен в табл. 13.104.

Основное время на обработку одного колеса t_0 (в мин) определяется по формуле

$$t_0 = t'_{0.н} zi/60,$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса; i — число проходов.

Расчетная нормативная скорость резания $v'_н$ выбирается как произведение нормативного значения скорости резания $v_н$ и поправочного коэффициента K_v , также по табл. 13.101 и 13.102. По данной скорости может быть определено число двойных ходов в минуту:

$$n = \frac{1000v'_н}{2(b + a)}.$$

Нормы износа и стойкости зубострогальных резцов между двумя переточками взяты из табл. 13.105.

Затачивание и перетачивание резцов обычно производят в специальных двухместных приспособлениях на универсально-заточных станках для обеспечения идентичности профилей. Для предварительной заточки можно рекомендовать шлифовальные круги формы 4К характеристик 24А, 40, МЗ, 8, К5, для окончательной заточки — круги из эльбора 1Т, Л6—8, СМ1, К 100 %-ной концентрации. Суммарная стойкость комплекта резцов $\sum T$ (в ч) до полного износа может быть определена по формуле

$$\sum T = (k + 2) T/60.$$

Здесь k — число переточек, $k = M/\Delta l$, где M — размер допустимого стачивания, равный $0,7L$ (L — длина резца); Δl — размер стачивания за одну переточку, $\Delta l = h_a + \delta$ (h_a — допустимый износ; δ — допуск на заточку, равный 0,1—0,2 мм).

Вид обработки	Модель станка	Ширина зубчатого венца, мм, до	Скорость резания v , м/мин	Основное время на обработку одного зуба $t_{об}$, н, с, при внешнем модуле m_e , мм, до																
				0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
Чистовое нарезание комбинированным способом (врезание—обкатка) для колес с углом конуса менее 45°	5236П	10	10—14	8	8	10	12	15												
		20	20—24	10	10	12	15	18												
	5С276П	20	20—26						19	22	24									
		40						26	30	35	36	42	50							
		60							35	37	42	50	58	65						
		80									50	58	65	75	92					
		100										68	75	82	92	102	112	125	130	
		125												92	102	102	112	122	130	
Чистовое нарезание с обкаткой по предварительно нарезанной заготовке с углом делительного конуса менее 45°	5Т23В	10	14—18			8	8	10												
		20	20—24			10	10	12,5												
	5С276П	20	20—24			8	10	12	14,5	17	20									
		40					14	16	20	25	28	33	36	45						
		60							30	33	43	48	55	65						
		80								43	48	55	65	75						
	5С286П	20	18—22						14,5	17	20									
		40						20	25	28	33	38	45							
		60							28	33	43	48	55	65						
		80									48	55	65	75	85					
		100										60	70	80	90	100	110	120	130	
		125												90	100	110	120	130	140	

**13.102. Поправочные коэффициенты на скорость резания
и основное время обработки K_{v_0} при зубострогании
в зависимости от твердости материала заготовок**

Материал заготовки	Твердость НВ	K_{v_M}	K_{v_0}
Конструкционные углеродистые стали:			
35	156—187	1,1	0,9
45	170—207	1,0	1,0
	207—241	0,9	1,4
50	170—229	0,9	1,2
Конструкционные легированные стали:			
35X, 40X, 45X	156—229	1,0	1,1
20X, 18XГТ, 12ХНЗА, 20ХНЗА, 12Х2Н4А	156—229	0,9	1,2
25ХГТ, 30ХГТ	156—207	0,8	1,3
20ХГН	156—229	0,8	1,5
38Х2МЮА, 18Х2НЧМА	229—269	0,6	1,8

П р и м е ч а н и я. 1. Для других моделей зубострогальных станков основное время на обработку одного зуба выбирается ближайшим к нормативному. 2. Основное время на обработку одного зуба при чистовом нарезании методом обкатки приведено для предварительно нарезанной заготовки фрезерованием. При чистовой обработке штампованного зуба основное время увеличить на 20—30 %, а скорость резания уменьшить на 20—25 %. 3. При обработке чугуна серого 170—229 НВ при черновом и чистовом нарезании колес простым и комбинированным способами основное время на обработку одного зуба увеличить на 20 %. 4. Основное время на обработку одного зуба приведено для колес 8-й степени точности (ГОСТ 1758—81), для колес 7-й степени точности основное время на обработку увеличить на 25 %, а для 9-й степени точности соответственно уменьшить на 25 %. 5. Основное время обработки одного зуба приведено для обработки колеса за один проход при работе в два и более прохода оно соответственно увеличивается. Цифры, обведенные жирной линией, предусматривают основное время на обработку одного зуба в два прохода. 6. При нарезании конических колес применяются СОЖ: масло индустриальное 20А (ГОСТ 20799—75*) или масло турбинное марки Т22 (ГОСТ 32—74*).

**13.103. Поправочный коэффициент
на стойкость резания K_{v_T}
в зависимости от материала
инструмента**

Марка стали	K_{v_T}
P18	1,1
P6M5	1,0
P6M5K5, P9K5	1,2

**13.104. Поправочный коэффициент
на основное время обработки
одного зуба K_{v_0}
в зависимости от фактической
стойкости инструмента T_Φ**

T_Φ/T	K_{v_0}
1,2	1,4
1,1	1,2
1,0	1,0
0,8	0,9
0,6	0,8

13.105. Нормы износа и расхода зубострогальных резцов

Тип резца	Допустимый износ h_3 , мм		Величина стачивания за одну переточку Δl мм		Стойкость между двумя переточками T , мин
	Вид обработки				
	черно- вая	чистовая	черновая	чистовая	
Исполнение 1	0,6—0,8	0,25—0,35	0,7—0,95	0,35—0,50	180
Исполнение 2					200
Исполнение 2, 3 и 4	0,8—1,0	0,3—0,4	0,9—1,2	0,4—0,6	180

Расход комплектов зубострогальных резцов на заданную производственную программу рассчитывается по формуле

$$P_{\text{п}} = \frac{\Pi t_0}{\sum T} K_y,$$

где Π — производственная программа обрабатываемых деталей, шт.; K_y — коэффициент естественной убыли, равный 1,1.

Зуборезные головки для нарезания конических колес. Для нарезания *прямозубых* конических колес в условиях массового их производства применяются в диапазоне модулей 0,5—12 мм. Зуборезные головки работают в комплекте, состоящем из право- и леворежущей головок, отличающихся между собой расположением главных режущих кромок.

В промышленности нашли применение зуборезные головки диаметром 150, 278 и 450 мм, изготавливаемые по ГОСТ 24904—81Е. Резцы к головкам производятся по ГОСТ 24905—81Е, технические требования на головки и резцы регламентированы ГОСТ 24906—81Е.

Зуборезными головками нарезаются конические колеса как с прямыми, так и с бочкообразными зубьями. Так как расчет профиля резцов к головкам принципиально ничем не отличается от расчета профиля зубострогальных резцов, а все необходимые конструктивные размеры даны в указанных выше стандартах, то в данном справочнике не приводятся методические указания по расчету этого инструмента.

Зуборезные головки для нарезания *конических и гипоидных* зубчатых колес с *круговыми зубьями* стандартизованы по номинальным диаметрам d_0 . Резцовые головки с метрической системой размеров изготавливаются по ГОСТ 11902—77*, ГОСТ 11903—77* и ГОСТ 11906—77*, а также отраслевым стандартам Минстанкопрома: ОСТ2 И45-12—86 и ОСТ2 И45-13—86 (черновые головки), ОСТ2 И45-4—79 и ОСТ2 И45-5—79 (чистовые головки). В данных стандартах принят ряд номинальных диаметров: 20, 25, 32, 40,

**13.106. Параметры метрических зуборезных головок
для конических и гипоидных колес с круговыми зубьями, мм**

d_0	Наибольшая внешняя высота зуба h_e	Наибольший модуль, мм		d_0	Наибольшая внешняя высота зуба h_e	Наибольший модуль, мм	
		внешний около- ной m_{te}	нормаль- ный m_n			внешний около- ной m_{te}	нормаль- ный m_n
20	3	—	0,80	160	13	5,0	4,0
25	3		1,00	200	16	6,0	5,0
32	4		1,25	250	20	8,0	6,0
40	5		1,50	320	24	10,0	8,0
50	6		2,00	400	30	13,0	10,0
60	7		2,25	500	36	16,0	12,0
80	8		2,5	630	45	20,0	16,0
				800	60	26,0	20,0
100	9	4,0	3,0	1000	70	30,0	25,0
125	10	4,5	3,5				

**13.107. Параметры дюймовых зуборезных головок
для конических и гипоидных колес с круговыми зубьями**

Номи- нальный диаметр резцовой головки d_0 , дюйм	Внешнее конусное рассто- яние R_e , мм	Наи- большая ширина зубчатого колеса b , мм	Наи- большая высота зуба h_e , мм	Номи- нальный диаметр резцовой головки d_0 , дюйм	Внешнее конусное рассто- яние R_e , мм	Наи- большая ширина зубчатого колеса b , мм	Наи- большая высота зуба h_e , мм
0,5	6—13	5	1,75	5,0	65—80	28	9,5
1,1	13—19	6,5	3,5	6,0	70—89	32	9,5
1,5	19—25	8	5	7,5	89—102	38	13
2,0	25—38	11	5	9,0	102—133	48	14,5
2,75	32—45	14	6,5	12,0	133—190	64	19,5
3,5	38—70	19	9	16,0	190—381	89	19,5
4,5	63—76	25	9,5	18,0	190—381	102	19,5

50, 60, 80 мм (цельные головки) и 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 мм (сборные головки). Одновременно имеют большее распространение в промышленности резцовые головки с дюймовой системой, которые подразделяются на следующий ряд номинальных диаметров по данным фирмы «Глисон» (Gleason, США): 0,5" (12,7 мм); 1,1" (27,94 мм); 1,5" (38,1 мм); 2" (50,8 мм); 3,5" (88,9 мм); 4,5" (114,3 мм); 5" (127 мм); 6" (152,4 мм); 7,5" (190,5 мм); 9" (228,6 мм); 12" (304,8 мм); 16" (406,2 мм); 18" (457,2 мм) и 21" (533,4 мм).

В зависимости от вида обработки зуборезные головки относят к черновым и чистовым, праворежущим и леворежущим. По методу обработки головки разделяют на односторонние и двухсторонние; в свою очередь, черновые двухсторонние головки — на двухсторонние и трехсторонние.

Стандартные метрические резцовые головки включают 18 типоразмеров, позволяя обеспечить нарезание колес с наибольшим нормальным модулем m_n в диапазоне 0,8—2,5 мм, внешним окружным модулем m_{te} в диапазоне 4—30 мм и наибольшей высотой зуба 70 мм (табл. 13.106). Резцовые головки с дюймовой системой содержат 14 типоразмеров (табл. 13.107).

Цельные зуборезные головки (рис. 13.59) изготавливаются в соответствии с ГОСТ 11903—77* с номинальными диаметрами 20—80 мм, сборные зуборезные головки — с номинальными диаметрами 100—1000 мм по указанным выше отраслевым стандартам.

Для чистового зубонарезания применяются сборные одно- и двухсторонние головки (рис. 13.60) с наружными (обозначение Н) или внутренними (В) резцами, а для чернового зубонарезания — двух- и трехсторонние головки (рис. 13.61). Стандартные черновые головки не имеют радиальной регулировки резцов, хотя в практике применяются черновые головки с тонкой радиальной регулировкой установки резцов в корпусе. Основные размеры стандартных цельных резцовых головок представлены в табл. 13.108, сборных черновых головок — в табл. 13.109, сборных чистовых двухсторонних — в табл. 13.110 и чистовых односторонних — в табл. 13.111. Допускаемые предельные отклонения основных элементов цельных и резцовых головок приведены соответственно в табл. 13.112 и 13.113, допускаемая шероховатость рабочих поверхностей резцов — в табл. 13.114.

Цельные зуборезные головки и резцы к сборным головкам изготавливаются из быстрорежущей стали марок Р18, Р6М5, Р6М5К5. Резцы к головкам диаметром 250 мм и более могут быть сварными.

Корпуса сборных головок рекомендуется выполнять из цементируемой стали марки 12ХН3А или 20ХН2М (ГОСТ 4543—71*).

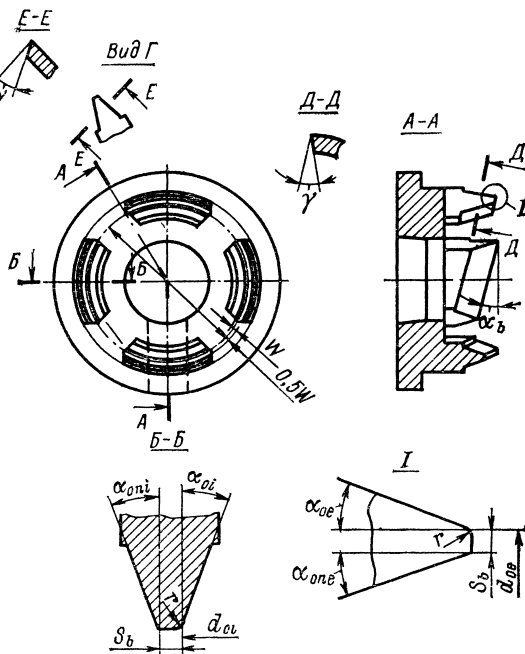


Рис. 13.59. Цельная зуборезная головка

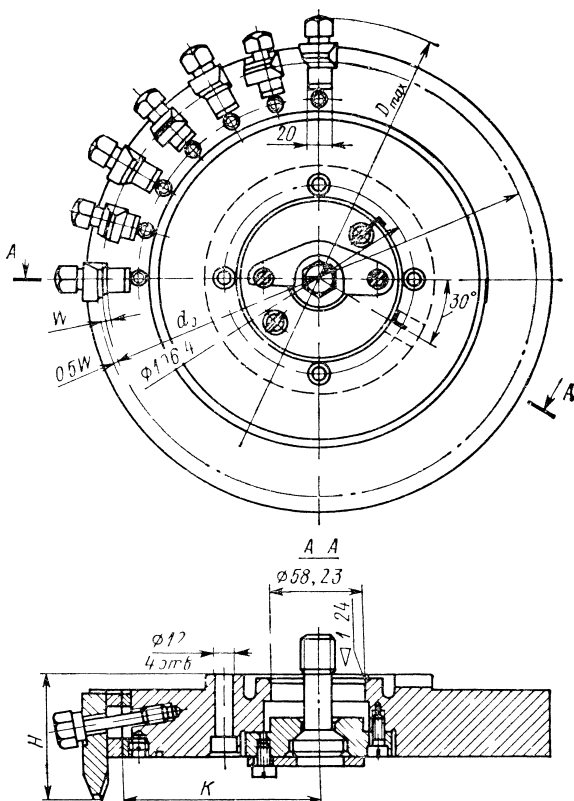
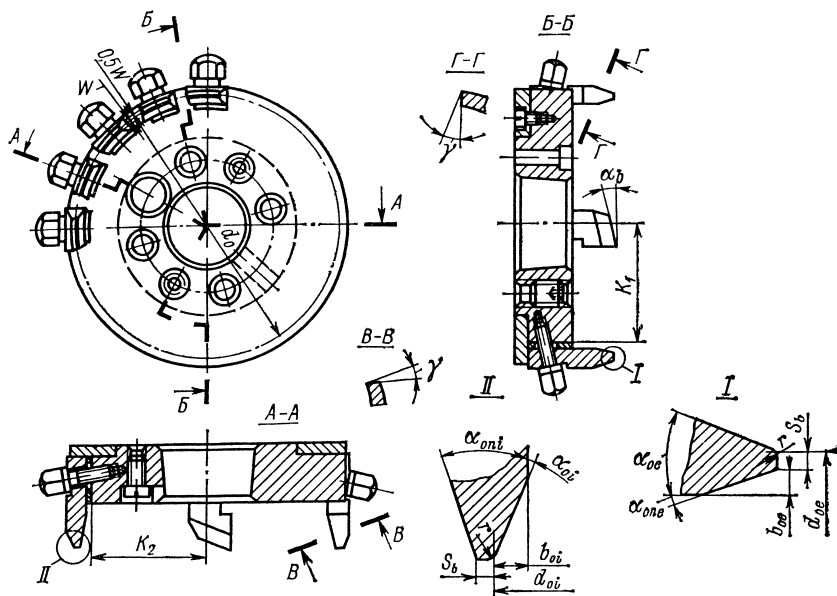


Рис. 13.60. Сборная чистовая зуборезная головка

13.108. Основные размеры цельных зуборезных головок

Номинальный диаметр d_0 мм	Пределы разводов резцов W , мм	Число резцов		Номинальный диаметр d_0 мм	Пределы разводов резцов W , мм	Число резцов	
		наружных	внутренних			наружных	внутренних
20	0,20—0,70	2	2	40	0,32—1,30	2	2
25	0,20—0,80			50	0,32—1,60		
(27,94)	0,25—1,00			(50,8)	0,30—1,50		
32	0,32—1,00			60	0,32—1,80		
(38,1)	0,30—1,25			80	0,32—2,00	4	4

Примечание В скобках указаны номинальные диаметры дюймовых головок d_0



13.109. Основные размеры черновых зуборезных головок

13.110. Основные размеры чистовых двухсторонних зуборезных головок

Номинальный диаметр d_0 , мм	Базовое расстояние корпуса K_1 , мм	Пределы разводов W , мм	Число резцов	
			наружных	внутренних
(88,9)	37,306	0,40—2,50	4	4
100	41,000	0,40—2,60	4	4
125	53,000	0,40—2,80	6	6
(152,4)	67,724	0,50—3,25	6	6
160	66,000	0,60—3,60	6	6
(190,5)	74,480	0,65—5,00	6	6
200	84,000	0,60—4,00	8	8
(228,6)	103,055	0,65—5,00	6	6
			8	8
250	103,000	0,60—5,20	10	10
(304,8)	138,940	0,75—6,50	8	8
			10	10
315	133,000	1,00—6,50	10	10
400	172,000	1,00—8,00	14	14
(457,2)	205,524	0,75—9,50	12	12
500	215,000	1,00—10,00	16	16

Примечание. В скобках указан номинальный диаметр дюймовых головок d_0 .

Обычно цементируется слой $h = 0,8 \div 1,2$ мм, кроме резбовых отверстий; твердость после закалки 56—62 HRC₉. Корпуса черновых головок нормальной точности изготавливают из стали 40X или стали ХВГ.

Клинья и подкладки, опорные кольца черновых головок могут быть сделаны из стали марки X или ХВГ по ГОСТ 5950—73* с твердостью 45—50 HRC₉, клинья и подкладки головок нормальной точности — из инструментальных углеродистых сталей марок У7, У8, У9 или У10. Винты крепления, регулировочные, центральные и съемные должны быть изготовлены из стали марки 35ХГСА или 40ХН2МА с 40—45 HRC₉.

Эффективно нанесение износостойких покрытий TiN методом КИБ с использованием установок типа «Булат» на цельные головки и резцы к сборным головкам, обеспечивающих повышение их стойкости до двух раз.

Расчет зуборезных резцовых головок. Исходными данными конических зубчатых колес для расчета зуборезной резцовой головки являются внешний окружной $m_{tв}$ и нормальный m_n модули, угол зацепления в нормальном сечении α_n , числа зубьев z_1 и z_2 , угол наклона зуба в среднем сечении β , внешнее конусное расстояние R_e , углы ножки зуба шестерни и колеса θ_{f1} и θ_{f2} , ширина зубчатого венца b , высоты головки шестерни и колеса h_{ae1} и h_{ac2} , высоты ножки зуба шестерни и колеса h_{fe1} и h_{fe2} , толщины зуба

13.111. Основные размеры чистовых односторонних зуборезных головок

Номинальный диаметр d_0 , мм	Базовое расстояние корпуса K , мм	Диапазоны образующих диаметров мм		Число резцов
		наружных d_{0e}	внутренних d_{0i}	
88,9	37,306	84,88—91,4	86,4—98,92	8
100	37,0	89—99	89—99	8
	41	97—107	97—107	8
125	46,0	107—121	107—121	12
	53,0	121—133	121—135	12
152,4	67,724	146,812—156,210	149,098—158,242	12
160	58,0	131—147	133—149	12
	66,0	147—163	149—165	12
	72,5	160—176	162—178	16
190,5	74,48	165,608—180,086	168,37—180,848	12
200	77,5	171—187	175—191	16
	84,0	184—200	188—204	16
	91,0	198—216	202—220	20
228,6	80,83	178,308—192,786	178,070—193,548	12
	87,18	191,01—205,486	191,770—206,248	12
	93,53	203,708—218,186	204,470—218,948	16
	96,705	210,058—224,536	210,820—225,298	16
	103,055	222,758—237,236	223,520—237,998	16
	108,135	232,918—247,396	233,680—248,158	16
	114,485	245,618—260,096	246,380—260,858	16
250	97,0	214—232	218—236	20
	103,0	226—244	230—248	20
	108,0	238—252	240—258	20
	115,0	250—268	254—272	24
(304,8)	122,43	263,144—282,194	265,176—284,226	16
	130,05	278,384—297,434	280,416—288,466	20
	138,94	296,164—315,214	298,196—317,246	20
	146,56	311,404—330,454	313,436—332,486	20

Номинальный диаметр d_0 мм	Базовое расстояние корпуса К, мм	Диапазоны образующих диаметров, мм		Число резцов
		паружных d_{0e}	внутренних d_{0i}	
315	122	265—289	272—296	20
	133	287—311	294—318	24
	139	299—323	306—330	24
	151	323—347	330—354	24
400	160	346—372	354—380	28
	172	370—396	378—404	28
	183	392—422	400—426	32
(457,2)	205,524	428,752—458,724	—	24
	215,68	—	458,724—487,172	24
500	193	415—445	425—455	28
	207	443—461	453—471	32
	215	459—489	469—499	32
	229	487—517	497—527	36
Примечание. В скобках указан номинальный диаметр дюймовых головок d_0 .				

13.112. Допускаемые предельные отклонения параметров цельных резцовых головок

Параметры	Допуски и отклонения головок точности, мм	
	нормальной	повышенной
Образующие диаметры	$\pm 0,020$	$\pm 0,015$
Торцовое биение по вершинам резцов:		
от резца к резцу	0,015	0,010
в пределах одного оборота	0,025	0,020
Радиальное биение резцов посередине режущих кромок	0,010	0,005
Отклонение режущих кромок резцов от плоскости, проходящей через ось головки	0,030	0,020
Профиль рабочей стороны резцов на длине, мм:		
5	0,005	0,003
6	0,006	0,004
8	0,008	0,006

**13.113. Допускаемые предельные отклонения параметров
сборных резцовых головок**

Параметр	Номиналь- ный диаметр головки d_0	Допуски и отклонения, мм, параметров сборных головок		
		чистовых точности		черно вых
		нормаль- ной	повы- шенной	
Диаметр посадочного отвер- стия: 58,23 и 127 215,8 и 330	160—140 500—1000	+0,002 —0,005 H5	+0,002 —0,005 H5	+0,002 —0,005 H5
Базовое расстояние корпуса	100—1000	J_{S7}	J_{S6}	J_{S6}
Базовое расстояние резцов: в пределах одного комп- лекта между комплектами	100—1000	$\pm 0,012$ $\pm 0,050$	$\pm 0,008$ $\pm 0,050$	$\pm 0,012$ $\pm 0,050$
Торцовое биение по вершинам резцов: от реза к резцу	100; 125 160; 200 250; 320 400; 500 630; 1000	0,010 0,012 0,015 0,020 0,025	0,005 0,007 0,010 0,010 —	— 0,025 0,025 0,030 —
в пределах одного комп- лекта	100; 250 160; 200 250; 320 400; 500 630—1000	0,030 0,030 0,035 0,040 0,050	0,016 0,020 0,025 0,030 —	— 0,050 0,055 0,060 —
Радиальное биение резцов по середине режущих кромок	100—320 400; 500 630—1000	0,0025 0,0040 0,0060	0,0016 0,0025 —	0,030 0,040 —
Профиль рабочей стороны ба- зового реза на длине, мм:				
9	100; 125	0,060	0,003	—
10	160; 200	0,060	0,003	0,010
15	250; 320	0,010	0,004	0,016
24	400; 500	0,016	0,005	0,020
35	630	0,025	—	—
60	800—1000	0,040	—	—

Параметр	Номиналь- ный диаметр головки d_0	Допуски и отклонения, мм, параметров сборных головок		
		чистовых, точности		черно- вых
		нор- мальной	повы- шенной	
Профиль рабочей стороны рез- цов относительно базового на длине, мм:				
9	100; 125	0,012	0,0016	—
10	160; 200	0,012	0,0016	0,020
15	250; 320	0,020	0,0016	0,030
24	400; 500	0,030	0,0025	0,050
35	630; 800	0,050	—	—
60	1000	0,080	—	—
Отклонение режущих кромок от плоскости, проходящей через ось головки	100; 125 160; 200 250; 320 400; 500 630; 800 1000	0,04 0,05 0,06 0,08 0,10 0,12	0,03 0,04 0,05 0,06 — —	— 0,08 0,100 0,120 — —
Предельное отклонение перед- него угла резцов	—	$\pm 30'$		

13.114. Параметры шероховатости рабочих поверхностей резцов
зуборезных головок (ГОСТ 2789—73 *)

Поверхность	Шероховатость резцов, мкм		
	чистовых точности		черновых
	нормальной	повышенной	
Задняя поверхность на рабочей стороне профиля, R_z	1,6	0,8	1,6
Передняя поверхность, R_z	3,2	1,6	3,2
Базовая широкая поверхность, R_a	0,32	0,32	0,32
Задняя поверхность нерабочей сто- роны профиля, R_z	3,2	1,6	—
Поверхность опорного торца, R_a	—	—	0,63
Широкая небазовая поверхность, R_a	6,3	3,2	6,3

по дуге делительной окружности шестерни и колеса S_{te_1} и S_{te_2} , направление зуба (правое или левое), межосевой угол Σ .

Номинальный диаметр d_0 головки. Под d_0 подразумевается диаметр условной окружности, проходящей приблизительно посередине впадины нарезаемых зубьев (рис. 13.62). Выбор d_0 зависит от многих факторов: осевой формы зуба, вида передачи и обработки, длины внешнего конусного расстояния, ширины зубчатого венца, полной высоты и угла наклона зуба.

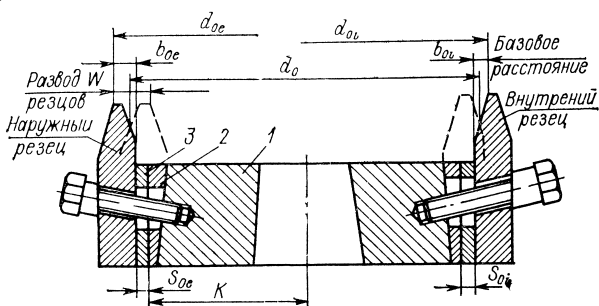


Рис. 13.62. Основные конструктивные размеры зуборезной головки:

1 — корпус; 2 — клин; 3 — подкладка

Выбор номинального диаметра в метрической системе может быть сделан в соответствии с табл. 13.115—13.117.

Число резцов в головке. Обычно для черновых и чистовых односторонних головок принимают наибольшее число

13.115. Номинальные диаметры зуборезных головок, мм, в зависимости от осевой формы зуба типа 1 (ГОСТ 19326—73)

Номинальный диаметр головки d_0	Наибольший нормальный модуль m_n	Пределы среднего конусного расстояния R	Наибольшая внешняя высота зуба h_e	Ширина зубчатого венца b
(88,9)	3,0	36—62	8	10—20
100	3,0	40—70	9	10—20
125	3,5	50—90	10	12—25
(152,4)	3,5	60—110	10	15—30
160	4,0	65—110	12	16—32
(190,5)	5,0	75—135	15	20—40
200	5,0	80—140	16	20—40
(228,6)	5,0	90—160	15	20—40
250	6,0	100—175	18	25—50
(304,8)	7,0	120—215	20	30—65
315	8,0	120—220	24	32—65
400	10,0	160—280	30	40—80
(457,2)	10,0	180—320	28	50—100
500	12,0	200—350	36	50—100

Примечание. В скобках указан номинальный диаметр дюймовой головки.

**13.116. Номинальные диаметры зуборезных головок, мм,
в зависимости от осевой формы зуба типа 2 (ГОСТ 19326—73)**

Номинальный диаметр головки d_0	Наибольший нормальный модуль m_n	Предельное среднее конусное расстояние R	Наибольшая внешняя высота зуба h_e	Ширина зубчатого венца b
20	0,8	6—13	3	1—5
25	1,0	10—16	3	2—6
(27,94)	1,0	11—18	3	2,2—6
32	1,25	13—21	4	2,5—8
(38,1)	1,25	15—25	5	3—8
40	1,5	16—26	5	3—8
50	2,0	20—32	6	4—12
(50,8)	2,0	20—32	6	4—12
60	2,0	24—40	7	5—15
80	2,5	32—52	8	6—20
(88,9)	2,5	36—58	8	8—20
100	3,0	40—65	9	8—25
125	3,5	50—80	10	10—30
(152,4)	3,5	60—100	10	12—30
160	4,0	65—105	12	13—40
(190,5)	5,0	75—120	15	15—40
200	5,0	80—130	15	16—50
(228,6)	6,0	90—150	15	18—60
250	6,0	100—160	18	20—65
(304,8)	7,0	120—200	20	25—80
315	8,0	120—200	24	25—80
400	10,0	160—250	30	32—100
(457,2)	10,0	180—300	28	36—120
500	12,0	200—320	36	40—125

Примечание. В скобках указан номинальный диаметр дюймовой головки.

резцов, что способствует повышению производительности, стойкости и точности обработки. Однако у чистовых двухсторонних головок в процессе резания могут участвовать одновременно в работе и наружный и внутренний резцы, усилия резания от которых направлены в противоположные стороны, или только один резец, что вызовет появление неравномерных отжимов заготовки. Это сказывается отрицательно на точности обработки, поэтому двухсторонние резцовые головки необходимо проектировать так, чтобы в резании всегда участвовал только один резец.

Номер резцов. Для получения одинаковых углов зацепления на начальных конусах соприкасающихся поверхностей зубьев необходимо ввести поправку в угол профиля наружных и внутренних резцов. С учетом поправки наружные резцы должны иметь угол зацепления меньше номинального на величину $\Delta\alpha_n$, а внутренние — больше номинального на ту же величину. Величину $\Delta\alpha_n$ называют номерной поправкой. Таким образом, угол профиля наружного резца будет $\alpha_{ce} = \alpha_n - \Delta\alpha_n$. Угол профиля внутреннего резца — $\alpha_{oi} = \alpha_n + \Delta\alpha_n$.

**13.117. Номинальные диаметры зуборезных головок, мм,
в зависимости от осевой формы зуба типа 3 (ГОСТ 19326—73)**

Номинальный диаметр головки d_0	Наибольший нормальный модуль m_n	Пределы среднего конусного расстояния R	Наибольшая внешняя высота зуба h_e	Ширина зубчатого венца b
(88,9)	3,0	60—90	8	10—20
100	3,5	65—100	9	10—20
125	4,0	80—125	10	12—25
(152,4)	4,0	100—150	10	15—30
160	5,0	105—160	12	16—32
(190,5)	6,0	125—190	15	20—40
200	6,0	130—200	15	20—40
(228,6)	6,0	150—230	15	25—50
250	7,0	160—250	18	25—50
(304,8)	8,0	200—305	20	32—65
315	8,0	205—315	24	32—65
400	12,0	260—400	30	40—80
(457,2)	12,0	300—460	28	50—100
500	15,0	330—500	36	50—100

Примечание. В скобках указан номинальный диаметр дюймовой головки.

Для обеспечения правильного зацепления соприкасающимися поверхностями зубьев не обязательно иметь строго расчетные углы зацепления, определяемые по формуле $\Delta\alpha_n = \theta_f \sin \beta$. Обязательным условием является равенство углов зацепления между собой, поэтому резцы стандартизованы по номерам и номер (в угл. мин.) резца для нарезания шестерни и колеса принимается одним и тем же и равным сумме углов ножек, деленной пополам:

$$N = \pm \frac{\Delta\alpha_n}{10} = \sin \beta \frac{\theta_{f1} + \theta_{f2}}{2 \cdot 10} = \frac{\sin \beta (\theta_{f1} + \theta_{f2})}{20}$$

или

$$N = \sin \beta \cdot \theta_{f2} / 10.$$

Поправка на углы зацепления, определяемая номером резца, должна учитываться только при расчете резцов для изготовления конических колес с круговыми зубьями методом обкатки. Для других видов конических передач это правило неприемлемо.

У г о л п р о ф и л я р е з ц о в. Номинальный угол профиля резцов чистовых головок должен соответствовать углу зацепления передачи в нормальном сечении. Однако действительные углы профиля наружных и внутренних резцов отличаются от номинального по причинам, перечисленным выше.

В соответствии с ГОСТ 11902—77* установлен следующий стандартный ряд номеров резцов N :

для чистовых головок 0—2—4—6—8—10—12—14—16—18—20—22—24—30—36—42;

для черновых головок 0—4—8—12—16—20—24.

Полученный при расчете по формуле номер N является теоретическим, после чего он округляется до ближайшего стандартного номера. Фактическая разница в углах профиля резцов определяется путем умножения номера резца N на 10, т. е. угол профиля резцов цельных головок, чистовых и черновых сборных головок может быть найден:

для рабочих сторон:

наружных $\alpha_{0e} = \alpha_n - 10N$;

внутренних $\alpha_{0i} = \alpha_n + 10N$;

нерабочих сторон:

наружных $\alpha_{n0e} = \alpha_{0i}$;

внутренних $\alpha_{n0i} = \alpha_{0e}$.

Например, при $N = 12$ поправка $10N = 120'$, т. е. при номинальном угле зацепления $\alpha_n = 20^\circ$ имеем $\alpha_{0e} = 18^\circ$ и $\alpha_{0i} = 22^\circ$.

13.118. Припуск Δ по толщине
на обе стороны зуба,
под чистовое нарезание
конических колес, мм

m_{te}	Δ	m_{te}	Δ
От 2 до 3	0,5	Св. 7 до 10	1,0
Св. 3 » 5	0,7	» 10 » 12	1,2
» 5 » 7	0,8	» 12 » 16	1,4

Обычно стандартные чистовые и черновые резцы изготавливаются в двух исполнениях (1 и 2) в зависимости от охватываемого диапазона углов профиля. Например, для наружных резцов исполнение 1 распространяется на углы профиля резцов от 10 до 20° , исполнение 2 — от 20 до 26° .

Резцы для нарезания конических колес типа «Зерол» не имеют номерной поправки на угол профиля, поэтому углы профиля наружных и внутренних резцов черновых и чистовых головок соответствуют номинальному углу зацепления.

Методика определения углов профиля резцов полуобкатных конических передач несколько иная, поэтому следует руководствоваться рекомендациями [261].

Развод резцов. Определяется расчетным путем в зависимости от метода нарезания, вида обработки, типов конических колес и их параметров. Одни и те же резцы можно применять в головках с различным значением развода за счет выбора соответствующих подкладок под резцы.

Развод резцов для чистового нарезания зубьев колеса двухсторонней головкой

$$W_k = \frac{A}{A_0} (S_1 \cos \beta - h_{f2} 2 \operatorname{tg} \alpha_n),$$

где A — длина образующей конуса до середины венца зуба; A_0 — наружная длина образующей начального конуса; S_1 — толщина зуба шестерни по дуге делительной окружности; h_{f2} — высота ножки зуба колеса; β — угол наклона зуба в среднем сечении.

Оптимальный размер развода при нарезании конических колес определяют из условия: ширина дна впадины колеса должна быть несколько больше ширины вершины (ленточки) зуба.

Вычитая из значения развода резцов для чистового нарезания припуск, получаем развод головки для чернового нарезания колеса:

$$W_{\text{к. ч}} = W_{\text{к}} - \Delta,$$

где Δ — припуск на обработку на обе стороны зуба, мм (табл. 13.118).

Чистовое нарезание шестерни в большинстве случаев производится при помощи односторонних головок. При этом за развод резцов принимают ширину вершины чистового резца, выбираемую в зависимости от номинального диаметра головки.

В мелкосерийном и индивидуальном производствах применяют двухсторонние головки для нарезания шестерни с любым разводом, размер которого не превышает ширины впадины на ее узком конце. Развод резцов при черновом нарезании зубьев шестерни определяют в нормальном сечении не посередине зуба, как для колеса, а на его узком конце

$$W_{\text{ш. ч}} = \frac{A_f}{A_0} [\pi m_n \cos \beta + 2(h_{f1} + h_{f2}) \operatorname{tg} \alpha_n] - W_{\text{к}} + \Delta,$$

где A_f — внутренняя длина образующей начального конуса; h_{f1} и h_{f2} — высота ножки зуба колеса и шестерни. Рассчитанный развод $W_{\text{ш. ч}}$ округляют до ближайшей стандартной величины.

Радиус закругления и ширина вершины резцов. Для повышения прочности зубьев передачи их следует изготавливать резцами с максимально возможным радиусом закругления. Одновременно с радиусом закругления на вершине необходимо оставлять минимальную площадку $p = 0,4$ мм для базирования калибра при контроле радиуса закругления. Максимальный радиус закругления

$$r_{a0} = \frac{(S_b/2 - p) \cos \alpha_n}{1 - \sin \alpha_n},$$

где S_b — ширина зуба резца на вершине; p — размер площадки на вершине. Если прочность зуба зубчатой передачи не является лимитирующим фактором, то радиус закругления резцов принимают стандартным.

Для повышения стойкости вершину резца закругляют со стороны боковой режущей кромки. У резцов чистовых двухсторонних головок радиус закругления следует выполнять несколько большим, чем у резцов черновых головок. В трехсторонних головках радиус закругления всех типов резцов одинаков.

Односторонние и соответствующие им черновые двухсторонние головки имеют резцы с одинаковыми радиусами закругления. Ширина вершины черновых резцов должна быть несколько больше

половины развода, чтобы во впадине зуба не образовался выступ в виде гребешка. Можно рекомендовать применять стандартные размеры ширины вершин резцов в зависимости от их развода.

Базовое расстояние резца. Это расстояние от опорной поверхности, на которой резец устанавливают в корпусе головки, до ближайшей точки, находящейся на рабочей боковой затылованной поверхности (см. рис. 13.62). Принимают таким, чтобы иметь возможность обработать наибольшую высоту зуба заготовки, допустимую для данной головки, и определяют по формулам:

для наружных резцов $b_{0e} = T - h \operatorname{tg} \alpha_{0e} - g$;

для внутренних резцов $b_{0i} = h \operatorname{tg} \alpha_{0i} + g$,

где T — толщина резца; h — высота зуба; α_{0e} и α_{0i} — углы профиля наружного и внутреннего резцов; $g = 1 \div 2$ мм.

Подкладки под резцы. Применяют для получения необходимого развода резцов и образующих диаметров. Толщину подкладок S определяют по формулам:

подкладка под внутренние резцы

$$S_i = \frac{d_{0i} - 2k - 2b_{0i}}{2}.$$

подкладка под наружные резцы

$$S_e = \frac{d_{0e} - 2k - 2b_{0e}}{2}.$$

Образующие диаметры. Это диаметры, отнесенные к вершинам режущих кромок (рис. 13.62). Образующие диаметры для наружных d_{0e} и внутренних d_{0i} резцов двухсторонних, черновых и чистовых головок, для которых развод резцов располагается симметрично относительно номинального диаметра, определяются по формулам:

для наружного резца $d_{0e} = d_0 + W$;

для внутреннего » $d_{0i} = d_0 - W$.

При определении образующего диаметра для односторонних головок вносится поправка на диаметр, обусловленная наладочными установками станка для улучшения зоны касания. Тогда

$$d_{0e} = d_0 + \Delta_1 d_0;$$

$$d_{0i} = d_0 - \Delta_1 d_0,$$

где значение поправки Δ_1 может быть определено по дополнительным формулам [261].

Базовые размеры корпусов. Для односторонних и двухсторонних головок указанные размеры устанавливаются в зависимости от размеров их номинальных диаметров.

Углы резания. Передний угол, рассматриваемый в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке, принимается у резцов черновых и чистовых головок равным $\gamma = 20^\circ$.

Передний угол в плоскости, перпендикулярной к оси вращения головки и пересекающей режущую кромку, для наружных резцов $\operatorname{tg} \gamma_e = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \alpha_{oe}$, для внутренних резцов $\operatorname{tg} \gamma_i = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \alpha_{oi}$.

Смещение P передней поверхности с оси головки при правильной заточке может быть определено по формулам:

для наружных резцов $P_e = \frac{d_{oe}}{2} \sin \gamma_e$;

для внутренних резцов $P_i = \frac{d_{oi}}{2} \sin \gamma_i$.

Задний угол на вершине резца α_v принимается обычно в пределах $12-15^\circ$, при этом задний боковой угол на режущей кромке получается равным $2-5^\circ$.

Форма боковой поверхности резцов является одним из важных конструктивных элементов резца, определяющих ряд эксплуатационных показателей головки: точность и производительность обработки зубчатых колес.

Рабочая задняя боковая поверхность резца может быть оформлена в виде винтовой архимедовой поверхности, получаемой затылованием (затылованный профиль), либо по плоскости или по цилиндру (острозаточенный профиль). В первом случае перетачивание производят каждый раз по передней поверхности. При этом обеспечивается сохранность профиля резцов в любом сечении, проходящем через ось. Во втором случае перетачивание осуществляют каждый раз по всему профилю резца, что дает возможность иметь увеличенные задние боковые углы, но несколько усложняет процесс эксплуатации головок.

Эксплуатация зуборезных резцовых головок. Основные параметры зуборезных головок (номинальный диаметр d_0 , развод резцов W и др.) определяются при расчете наладочных установок зуборезных станков для нарезания конических колес с круговыми зубьями.

Зуборезные головки изготавливаются:

по ГОСТ 11903—77* — головки зуборезные цельные нормальной и повышенной степеней точности с номинальными диаметрами от 20 до 80 мм;

по ОСТ2 И45-12—86 и ОСТ2 И45-13—86 — головки зуборезные черновые двух типов: Г — двухсторонние, Т — трехсторонние с номинальными диаметрами от 160 до 500 мм;

по ОСТ2 И45-4—79 и ОСТ2 И45-5—79 — головки зуборезные чистовые нормальной и повышенной степеней точности с номинальными диаметрами от 100 до 500 мм трех типов: Д — двухсторонние, Н — односторонние с наружными резцами, В — односторонние с внутренними резцами.

Зуборезные головки с номинальными диаметрами от 27,94 до 457,2 мм ($\frac{1''}{10} - 18''$) выполняются по чертежам заводов-потребителей.

Зуборезные головки нормальной степени точности рекомендуются применять для нарезания колес 7—8-й степеней точности, а головки повышенной степени точности — для колес 6-й степени точности по стандарту СТ СЭВ 186—75.

Цельные зуборезные головки и резцы к сборным зуборезным головкам в соответствии с ГОСТ 11906—77* изготавливаются из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265—73* преимущественно из сталей марок Р6М5 и Р6М5К5. Инструмент из стали Р6М5К5 рекомендуется применять при обработке колес из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов, сталей повышенной твердости и вязкости.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве допускается использование чистовых двухсторонних зуборезных головок для чернового нарезания зубьев с припуском под последующую чистовую операцию. Расчетное основное время (подача) $t'_{0.н}$, с, на обработку одного зуба выбирается в зависимости от модуля и материала нарезаемого конического колеса (шестерни), его твердости, характера обработки и определяется как произведение нормативного значения основного времени $t_{0.н}$ на коэффициент k_{v_0} , учитывающий измененные условия работы в зависимости от механической характеристики стали (табл. 13.119 и 13.120):

$$t'_{0.н} = t_{0.н} k_{v_0}.$$

Время $t'_{0.н}$ уточняется по паспорту зуборезного станка и принимается для сталей повышенной твердости ближайшее большее значение, а для сталей пониженной твердости — ближайшее меньшее значение.

Основное время на обработку t_0 (в мин) одного колеса (шестерни) определяется по формуле

$$t_0 = t'_{0.н} zi / 60,$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса (шестерни); i — число проходов.

Расчетная скорость резания $v'_н$ (м/мин) есть произведение нормативного значения скорости резания $v_н$ на поправочный коэффициент на скорость резания $K_{v_н}$, учитывающий измененные условия работы в зависимости от механической характеристики стали,

$$v'_н = v_н K_{v_н}.$$

По данной скорости резания находят частоту вращения зуборезной головки (об/мин)

$$n' = \frac{1000 v'_н}{\pi d_0}.$$

Для работы принимают ближайшее значение частоты вращения инструментального шпинделя n по паспорту станка, и тогда фактическая скорость резания будет равна

$$v = \pi d_0 n / 1000,$$

13.119. Режимы резания резцовыми зуборезными головками

Вид обработки	Переда- точное число	Скорость резания v_n , м/мин	Модель станка	Основное время на обработку одного зуба $t_{0.н}$, с									
				1,0	1,5	2 0	2,5	3,5					
Чистовое нарезание колеса и шестерни мето- дом обкатки цельными и сборными до диаметра 125 мм головками	—	50—60	5С23П 5П23А 5С23П 5П23А	Нормальный модуль m_n , мм, до									
				7,0	8,0	10	14	17					
				6,8	8,5	10,8	14,2	17,1					
				8,0	10	14	17	21					
				8,5	10,8	14,2	17,1	21,5					
Черновое нарезание колеса двухсторонней головкой без обкатки	—	30—45	5А27С4 5С270П 5С280П	Внешний окружной модуль m_{te} , мм, до									
				3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
				14,5	16,4	19,7	22,5	25,7	30,9	36,8	—	—	—
				15	16	18	20	24	30	—	—	—	—
				14	15	15	18	22	24	30	40	60	30
Черновое нарезание колеса двухсторонней головкой с обкаткой	До 2 : 1	35—50	5А27С4	16,4	19,7	22,5	25,7	30,9	44	54	—	—	—
			5С270П	18	22	25	30	32	48	—	—	—	—
			5С280П	18	22	24	30	35	45	55	65	80	90
	Св. 2 : 1		5А27С4	16,4	19,7	25,7	30,9	44	54	69	—	—	—
			5С270П	18	24	30	38	48	60	—	—	—	—
			5С280П	20	22	28	32	38	55	60	70	85	100
Черновое нарезание шестерни двухсторон- ней головкой с обкаткой	—		5А27С4	19,4	25,7	36,8	44	54	69	76,5	—	—	—
			5С270П	24	30	38	48	60	70	—	—	—	—
			5С280П	23	28	35	40	55	65	75	85	95	100

Вид обработки	Переда- точное число	Скорость резания v_n м/мин	Модель станка	Основное время на обработку одного зуба $t_{0. н. с}$										
				1,0	1,5	2,0	2,5	3,5						
Чистовое нарезание колеса двухсторонней головкой с обкаткой	—	50—60		<i>Внешний окружной модуль m_{te}, мм, до</i>										
				3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	
				5A27C4	16,4	19,7	22,5	30,9	30,9	36,8	44	—	—	—
				5C270П	16	20	24	30	32	38	—	—	—	—
5C280П	18		22	24	28	32	35	38	40	50	70			
Чистовое нарезание колеса односторонней головкой с обкаткой	5A27C4		194	225	257	309	368	36,8	44	—	—	—		
	5C270П		18	20	24	30	35	38	—	—	—	—		
	5C280П		18	20	24	28	32	35	38	40	50	70		
Чистовое нарезание шестерни односторонней головкой с обкаткой	До 2 : 1		5A27C4	194	225	257	309	368	368	44	—	—	—	
			5C270П	18	20	24	28	32	35	38	—	—	—	
			5C280П	18	20	24	28	32	35	38	40	50	70	
	Св. 2 : 1		5A27C4	194	225	257	368	368	44	44	—	—	—	
			5C270П	20	24	30	35	38	48	—	—	—	—	
			5C280П	18	22	28	32	35	40	45	50	70	80	

Примечания: 1. Для других моделей зуборезных станков основное время на обработку одного зуба выбирается ближайшим к нормативному. 2. Режимы резания даны для ведущих шестерен с числом зубьев меньше 12. Для чисел зубьев свыше 12 время обработки одного зуба уменьшить в пределах 10 %.

3. Для ведомых колес при работе черновыми трехсторонними головками скорость резания должна быть увеличена на 20 %, а время обработки зуба уменьшено на 20 %.

4. Основное время на обработку одного зуба приведено для колес 7-й степени точности (ГОСТ 1758—81) для колес 6-й степени точности основное время на обработку одного зуба увеличить на 10—15 %, а для 8-й степени точности соответственно уменьшить на 10—15 %. Нарезание колес 6-й степени точности цельными головками рекомендуется производить за два прохода; на второй проход оставлять не более $0,3h_e$ внешней высоты зуба.

5. Ширина зубчатого колеса, на которую предусмотрены данные режимы резания равна $(5 \div 8) m_n$.

6. При нарезании конических колес применяют СОЖ: масло индустриальное 20А (ГОСТ 20799—75*).

**13.120. Поправочные коэффициенты на скорость резания K_{v_m}
и основное время обработки K_{v_o}
в зависимости от обрабатываемого материала**

Марка стали	Твердость HB	K_{v_M}	K_{v_O}
Конструкционные углеродистые стали:			
35	156—180	1,1	0,9
45	181—229	1,0	1,0
50	230—260	0,8	1,4
Конструкционные легированные стали:			
35X	156—207	1,0	1,0
40X	208—229	0,9	1,2
45X	230—260	0,74	1,4
20X, 18ХГТ 12ХН3А 20ХН3А 12Х2Н4А	156—229	0,9	1,2
25ХГТ, 30ХГТ	156—207	0,8	1,3
20ХГНР 38Х2МЮА 18Х2НЧМА	156—229	0,8	1,5
	230—260	0,6	1,8

Примечания: 1. Поправочный коэффициент на скорость резания $K_{v_{и}}$ в зависимости от материала инструмента:

Марка стали	P6M5	P18	P6M5K5, P9K5	P9M4K8
$K_{v_{и}}$	1,0	1,1	1,2	1,3

2. Поправочный коэффициент на основное время обработки одного зуба K_{o_T} в зависимости от отношения фактической стойкости инструмента T_{Φ} к нормативной T :

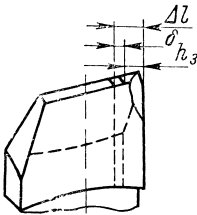
T_{Φ}/T	1,2	1,1	1,0	0,8	0,6
K_{o_T}	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8

где d_0 — номинальный диаметр зуборезной головки. Для односторонних головок вместо d_0 в формулу подставляют образующий наружный (d_{0e}) или внутренний (d_{0i}) диаметры.

В табл. 13.121 приведены нормы износа и стойкости головок. Суммарную стойкость (расчетное время работы в часах) зуборезных головок (комплектов резцов) до полного износа определяют по формуле

$$\sum T = (n_i + 1) T / 60.$$

**13.121. Нормы износа и стойкость зуборезных головок
между двумя переточками**

	Зуборезные головки	Допустимый износ h_3 , мм	Стачивание за одну переточку Δl , мм	Стойкость между двумя переточками T , мин
	Цельные	0,25—0,5	0,35—0,50	400
	Черновые двухсторонние	0,8—1,0	0,9—1,2	500
	Черновые трехсторонние			700
	Чистовые двухсторонние	0,3—0,4	0,4—0,6	500
	Чистовые односторонние			650

Примечания: 1. Поправочные коэффициенты на стойкость в зависимости от прочих факторов приведены ниже

Материал инструмента

Марка стали	P18	P6M5	P6M5K5, P9K5
$K_{ГМ}$	1,1	1,0	1,2

Основное время обработки одного зуба в зависимости от отношения фактической стойкости $T_{ф}$ к нормативной $T_{ф}/T$

$T_{ф}/T$	1,2	1,1	1,0	0,8	0,6
K_{OT}	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8

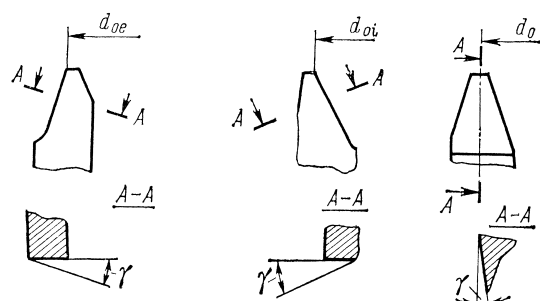
2. Рекомендуемые допуски на заточку:
для цельных головок $\delta = 0,1 \div 0,15$ мм; для резцов сборных головок $\delta = 0,1 \div 0,2$ мм

Здесь T — стойкость между двумя переточками, мин; n_i — число переточек, $n_i = M/\Delta l$, где M — размер допустимого стачивания, равный $0,7L$, мм (L — длина зуба по вершине резца в горизонтальной плоскости, мм; для цельных головок L равна ширине головки резца B); Δl — размер стачивания (мм) за одну переточку, который принимается равным $\Delta l = h_3 + \delta$ (h_3 — допустимый износ по задней поверхности, мм; износ располагается на задних поверхностях по радиусу закругления между вершинной и рабочей боковой режущими кромками и измеряется в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке; δ — допуск на заточку; заточка производится по передней поверхности под углом γ).

Расход зуборезных головок (комплектов резцов) на заданную производственную программу (в шт.) можно рассчитать по формуле

$$P_{\Pi} = \frac{\Pi t_0}{\sum T} k_y,$$

13.122. Углы заточки резцов зуборезных головок

 Резец наружныйРезец внутреннийРезец средний		
Режущий инструмент	Вид обработки	Угол заточки
Головки цельные	Чистовая	У наружных и внутренних резцов передний угол γ равен 20° в плоскости, перпендикулярной к рабочей режущей кромке
Головки черновые двухсторонние	Черновая	
Головки черновые трехсторонние		У средних резцов передний угол γ равен 12° в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке на вершине
Головки чистовые двухсторонние и одно-сторонние (с наружными и внутренними резцами)	Чистовая	У наружных и внутренних резцов передний угол γ равен 20° в плоскости, перпендикулярной к рабочей режущей кромке
Примечание. Приведенные углы γ рекомендуется применять при обработке стальных зубчатых колес.		

где Π — производственная программа на обработку деталей, шт;
 k_y — коэффициент, учитывающий случайную убыль инструмента, который принимается равным 1,1.

В процессе эксплуатации необходимо уделять особое внимание вопросу затачивания резцов, так как от качества заточки непосредственно зависит точность обработки зубьев и стойкость головок. Затачивание или перетачивание зуборезных головок в сборе осуществляют на специальных заточных станках модели ЗА666, однако вполне допустимо затачивание отдельных резцов на универсальных станках (плоскошлифовальных или заточных) с применением специальных приспособлений. Углы заточки резцов должны быть выдержаны в соответствии с данными табл. 13.122.

Рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов при затачивании на станках модели 3А666: 24А, 16—25, СМ1—С1, 8, К5.

При затачивании на универсально-заточных станках применяют круги формы 4К 150×50×32. Предварительная заточка осуществляется кругами характеристик 24А, 40, СМ1—СМ2, 8, К5, окончательная — 63С, 8—10, СМ1, 8, Б5 или ЭЛ10—ЭЛ12, Б1 при 100 %-ной концентрации.

На плоскошлифовальных станках применяют круги формы ПП 250×25×76 с характеристиками при предварительной заточке

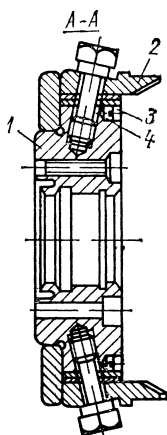
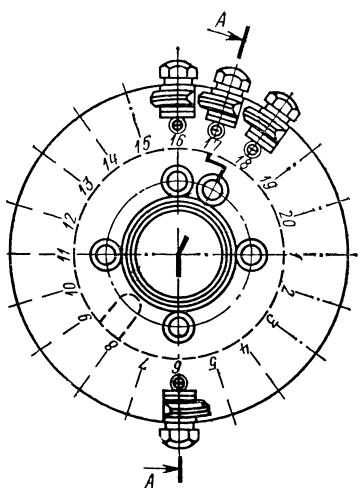


Рис. 13.63. Сборная черновая зуборезная головка с регулируемыми резцами

24А, 40, СМ1—СМ2, 8, К5, а при окончательной—24А, 16—25, СМ1, К5 или ЭЛ8—ЭЛ10, СМ1, К при 100 %-ной концентрации.

Конструкции зуборезных резцовых головок. В производстве конических зубчатых колес с круговыми зубьями находит применение ряд прогрессивных конструкций черновых и чистовых зуборезных головок. Например, черновые резцовые головки фирмы «Глисон» (Gleason, США), получившие название «Рафак», предназначены

для чернового нарезания зубьев по методу обкатки (рис. 13.63). Отличительной особенностью данной конструкции является применение закаленного до 55—57 HRC₂ корпуса 1 головки с точно обработанными посадочными местами и увеличенной высоты для повышения его долговечности и жесткости. Резцы 2 в головке регулируются клиньями 3 и винтами 4, что позволяет осуществлять высокую точность установки режущих кромок относительно оси вращения. Резцовые головки типа Риджак фирмы «Глисон» (рис. 13.64) применяют для чернового (рис. 13.64, исп. 1) и чистового (рис. 13.64, исп. 2) нарезания зубьев. Число резцов в головках данного типа значительно увеличено за счет отсутствия отверстий в резцах и резьбовых отверстий в корпусе головки. Значительно повышена жесткость головки путем увеличения массы корпуса 1 и опорного кольца 2. Корпус 1 головки изготовлен из цементированной стали и закален до твердости 55—57 HRC₂. В черновых головках резцы 3 могут регулироваться в радиальном направлении сменными подклад-

ками с различной толщиной; в чистовых головках резцы 4 имеют тонкую радиальную регулировку.

Чистовые резцовые головки типа Хардак (рис. 13.65) также имеют закаленный до высокой твердости корпус 1 с точно шлифо-

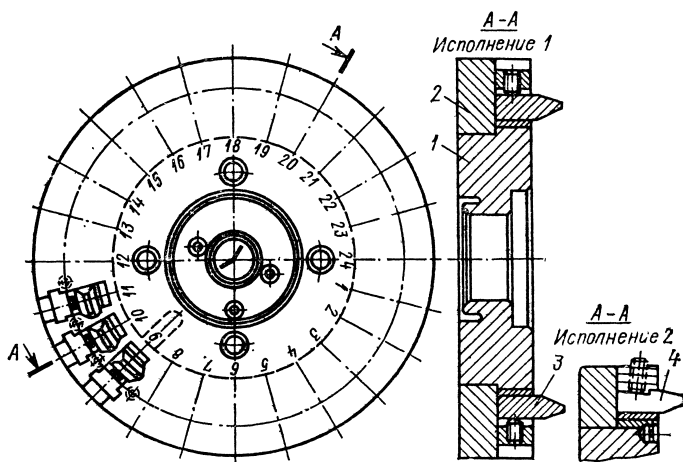


Рис. 13.64. Резцовая головка с различными методами крепления резцов: черновых (исполнение 1) и чистовых (исполнение 2)

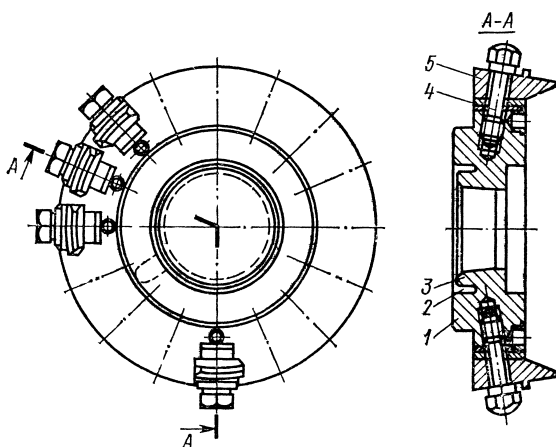


Рис. 13.65. Чистовая резцовая головка

ванными базами, что увеличивает срок службы головки. На корпусе головки выполнена кольцевая канавка 2. Посадочное отверстие и кольцевую канавку разделяет перемычка 3. При установке головки на шпинделе станка перемычка расширяется, уменьшая давление на посадочный корпус станка и увеличивая тем самым срок его службы и точность. Винты 4 для крепления резцов 5 в па-

зах корпуса располагаются под углом 10° к поверхности опорного торца, что облегчает крепление их к опорным базам.

Черновые клиновые резцовые головки «Вейджак» (рис. 13.66) являются наиболее перспективными из-за большого числа резцов

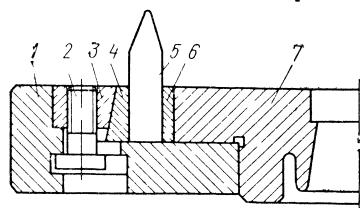


Рис. 13.66. Схема крепления резцов черновой резцовой головки

очень высокой жесткости. Головка имеет корпус 7, кольцо 1 в виде маховика, насаженного на корпус по пресовой посадке. Нерегулируемые резцы 5 закрепляются в пазах головки усилием, возникающим при перемещении конического сухаря 3 относительно клина 4 при затягивании винта 2. При этом методе крепления усилия, возникающие в процессе резания, стремятся удержать резцы

в пазах головки. Подкладки 6 служат для изменения развода. Чистовые резцовые головки — протяжки (рис. 13.67) применяются для нарезания зубьев колес полуобкатных передач методом копирования. Корпус 1 головки закален до высокой твердости. Головки закрепляются на шпинделе станка одним центральным винтом. Резцы 2 имеют не одну, а две опоры на корпус головки. Винты 3 расположены под углом 10° к опорной поверхности корпуса. Головки данного типа имеют восемь резцов (четыре внутренних и четыре наружных) независимо от размера и промежутков между резцами для деления.

Все рассмотренные выше конструкции зуборезных головок снабжены резцами с затылованным профилем зубьев, что упрощает их эксплуатацию ввиду необходимости переточки только по передней поверхности. Однако это несколько ограничивает эксплуатационные возможности головок из-за невозможности получения достаточных задних боковых углов по профилю.

Фирмами «Эрликон» (Oerlikon, Швейцария), «Глисон» изготавливаются резцовые головки с острозаточенными резцами. К преимуществам головок данного типа можно отнести возможность получения оптимальных задних боковых углов за счет вы-

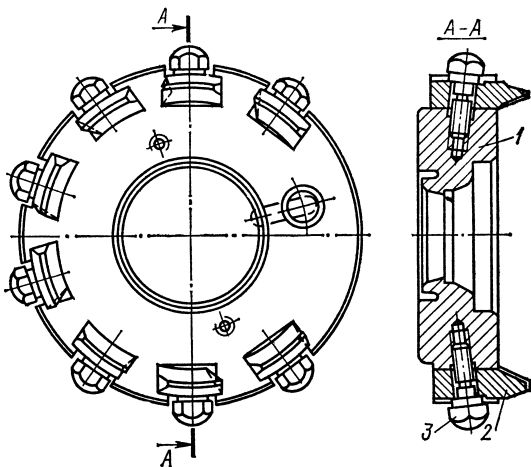


Рис. 13.67. Чистовая резцовая головка-протяжка

полнения зубьев с острозаточенным профилем, перетачивание которых производится каждый раз по всему профилю. Для осуществления процесса затачивания по профилю необходимо специальное заточное оборудование. При этом затачивание резцов производят обычно в технологических приспособлениях, требующих каждый раз разборки — сборки резцовой головки.

Зуборезные головки с острозаточенными резцами фирмы «Эрликон» (рис. 13.68) имеют корпус 1 с пазами под резцы 2. Снаружи на корпус устанавливается по прессовой посадке массивное кольцо 3, закрепляемое дополнительно винтами 4. Резцы в пазах крепятся через прижимную планку 6 двумя винтами 5. Применяемые острозаточенные резцы изготавливаются из стандартных брусьев прямоугольного сечения, что очень упрощает их получение в условиях любого машиностроительного завода. Для затачивания и перетачивания резцов фирмой создан специальный профильно-шлифовальный станок модели SKB с ЧПУ. К преимуществам острозаточенных резцов помимо возможности достижения оптимальных задних углов по профилю следует отнести также значительно большее число допускаемых переточек по сравнению с затылованными резцами. Например, при износе 0,35 мм острозаточенный резец допускает 100—120 переточек, затылованный — только 20—30. На данном станке одновременно затачиваются 13 резцов одного типа: наружных, внутренних или средних. Время заточки комплекта резцов одной головки составляет 30—70 мин.

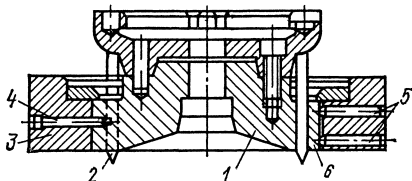


Рис. 13.68. Зуборезная головка с острозаточенными резцами прямоугольного сечения

Фирма «Глисон» также создала новую конструкцию зуборезной головки с острозаточенными резцами типа RSR для нарезания зубьев гипоидных и конических колес (рис. 13.69). Резцовая головка состоит из корпуса 1 и массивного кольца 2. Корпус имеет пазы, в которые устанавливаются наружный 7, средний 6 и внутренний 5 резцы, закрепляемые винтами 4 через вкладыши 3.

Головки данного типа изготавливаются как черновыми, так и чистовыми. Резцы чистовой резцовой головки (наружный 1, средний 2 и внутренний 3) показан на рис. 13.70. Заточка и перетачивание резцов типа RSR производятся также на специальном профильно-шлифовальном станке модели 538 с ЧПУ, созданным фирмой «Глисон».

Для контроля точности сборки резцовой головки применяется специальное приспособление модели 563, с помощью которого обеспечивается установка резцов чистовой головки с радиальным биением режущих кромок не более 0,0025 мм.

При чистовой обработке закаленных до твердости 55—62 HRC, конических зубчатых колес в диапазоне модулей 2,5—16 мм находят применение зуборезные головки с твердосплавными резцами (рис. 13.71). При этом резцы головки изготавливаются по аналогии с червячными фрезами с отрицательным передним углом до 30° , что позволяет

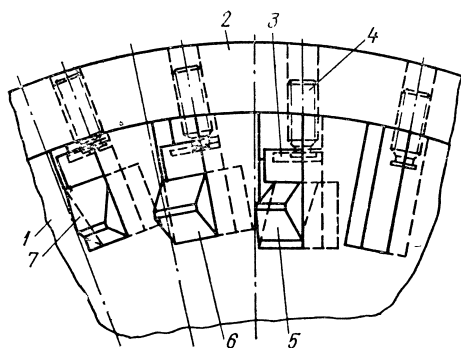


Рис. 13.69. Зуборезная головка с остро-заточенными резцами типа RSR

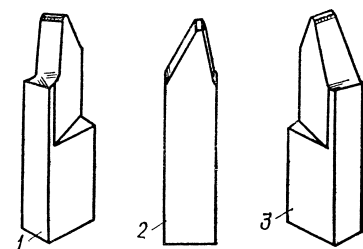


Рис. 13.70. Острозаточенные резцы чистовой головки:
1 — наружный; 2 — средний; 3 — внутренний

достаточно эффективно производить чистовую обработку зубчатого колеса на скоростях резания до 40—50 м/мин, снимая с каждой стороны зуба колеса припуск до 0,2—0,3 мм. Достигаемая при этом шероховатость поверхности составляет $R_z = 1,5 \div 2,0$ мкм.

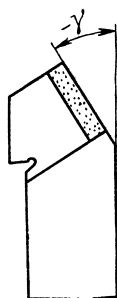


Рис. 13.71. Твердосплавный резец для обработки закаленных конических колес

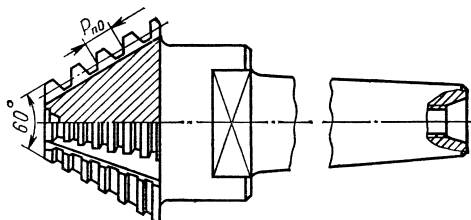


Рис. 13.72. Червячная коническая фреза

Обработка данным методом конических зубчатых колес с круговыми зубьями во многих случаях позволяет заменить очень трудоемкую и сложную операцию зубошлифования, а в некоторых случаях метод является единственно возможным для чистовой обработки закаленных колес.

Червячные конические фрезы. Эти фрезы находят применение для нарезания конических колес паллоидного зацепления с равновысокими круговыми зубьями (рис. 13.72).

В отечественной промышленности метод нарезания коническими червячными фрезами имеет ограниченное использование из-за ряда недостатков.

Червячной конической фрезой определенного модуля можно нарезать коническое колесо того же модуля с любым числом зубьев, в связи с чем метод отличается универсальностью и находит применение в мелкосерийном производстве.

Так как в типаже станков оборудование для работы коническими червячными фрезами не предусмотрено, то инструментальными заводами данные фрезы изготавливаются только для оснащения уже имеющегося парка станков. Полный комплекс зуборезного и технологического оборудования для нарезания и эксплуатации конических червячных фрез изготавливает фирма «Клингельнберг» (*Klingelnberg*, ФРГ).

Ввиду ограниченности применения конических червячных фрез их расчет и особенности конструкции в настоящем справочнике не приводятся. При необходимости наиболее полно расчет данного инструмента представлен в работе [26].

13.8. Инструмент для обработки торцов зубчатых колес

Инструмент для зубозакругления торцов зубьев. В коробках передач современных машин и механизмов имеется большое число различных переключаемых зубчатых колес, которые должны плавно изменять скорость вращения валов. Для обеспечения этого требуется дополнительная обработка торцов зубьев колес в виде срезов или закруглений. В це-

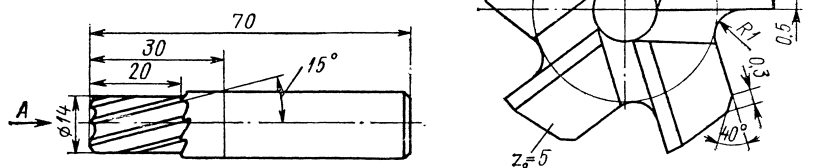


Рис. 13.73. Концевая цилиндрическая фреза

лом же форма торцов зубьев переключаемых колес может быть самой различной и зависит в основном от способа их изготовления. Основными формами торцов зубьев являются заостренная, конусная и бочкообразная, образуемые такими типами инструментов как концевые цилиндрические или чашечные фрезы, пальцевые конусные и радиусные фрезы.

Концевыми цилиндрическими фрезами (рис. 13.73) получают скосы торцов зубьев на станках моделей ЕЗ-76 и ЕЗ-82. По конструкции они не имеют принципиальных отличий от обычных концевых фрез, выпускаемых централизованно инструментальными

заводами. Диаметры рабочей части фрез 12, 14, 16 и 18 мм охватывают весь диапазон применяемых зубчатых колес с модулями 1,5—6 мм.

Конусная и бочкообразная форма торцов зубьев колес внутреннего и наружного зацепления может быть образована с помощью пальцевых фрез, которые в зависимости от назначения бывают конусными и радиусными. Пальцевые конусные фрезы (рис. 13.74) обрабатывают торцы колес под углом скоса 15° . Пальцевые радиусные фрезы имеют профиль, образованный дугой ок-

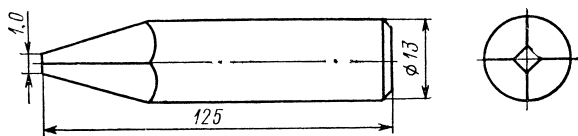


Рис. 13.74. Пальцевая конусная фреза

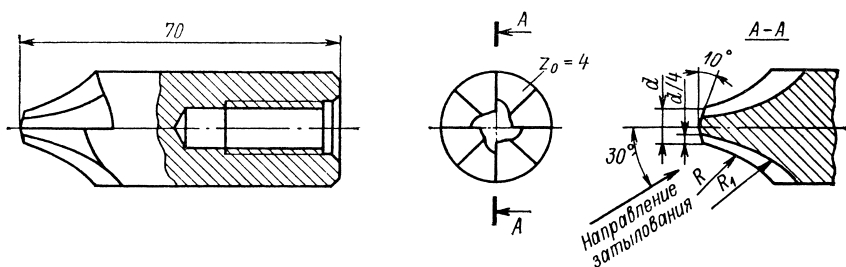


Рис. 13.75. Пальцевая радиусная фреза

ружности некоторого радиуса. Наиболее оптимальной конструкцией являются пальцевые радиусные четырехзубые затылованные фрезы, представленные на рис. 13.75. Они могут применяться для закругления торцов зубьев колес в диапазоне модулей 1,5—6 мм.

Достаточно полно рассмотрены различные методы зубозакругления торцов зубчатых колес и связанные с ними вопросы конструирования инструмента в работе [256].

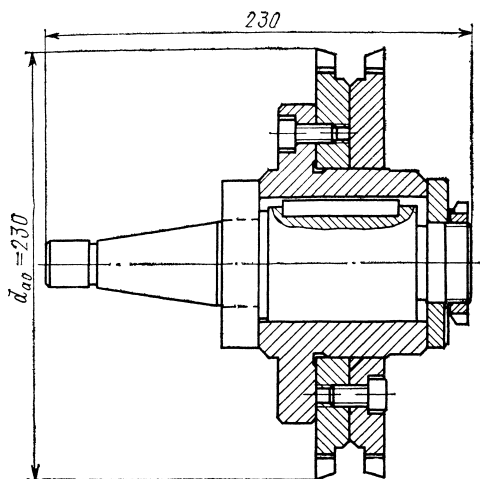
Одним из факторов улучшения качества, повышения долговечности и надежности работы зубчатых колес является образование фаски по контуру их зубьев. Существует большое число различных методов снятия фасок, основные из которых описаны в работах [257]. Ниже будут рассмотрены два наиболее прогрессивных метода и инструмент для образования фасок по профилю зубьев колес.

Инструмент для образования фасок по всему контуру впадин зубьев на торцах зубчатых колес. Для образования фасок резанием по всему контуру профиля зубьев (боковым сторонам, дну и впадине) на торцах прямозубых и косозубых цилиндрических колес применяется специальный инструмент, предназначенный для эксплуатации на станках типа ВС-КЗ. Особенности конструк-

ции инструмента и его эксплуатации, высокая производительность обработки определяют его применение в условиях массового и крупносерийного производства зубчатых колес.

Фаски по всему контуру впадины зубьев на торцах цилиндрических зубчатых колес снимают инструментом, выполненным в виде закаленного зубчатого колеса с зубьями специального профиля (рис. 13.76). Фаски образуются в процессе радиальной подачи инструмента, получающего вращение от детали, с которой он

находится в зацеплении при параллельных осях. Так как зубья инструментального колеса имеют толщину большую,



Размеры и форма образуемой на детали фаски

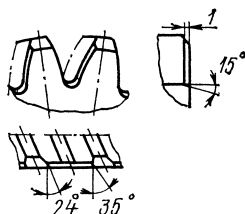


Рис. 13.76. Зубофасочная головка

чем это необходимо для правильного беззазорного зацепления с обрабатываемой деталью, то металл с кромок впадины детали выдавливается зубьями инструмента на торец в виде заусенца, который в дальнейшем срезается специальным резцом, установленным на суппорте станка. Для облегчения срезания заусенцев с торцов детали на боковых поверхностях инструментального колеса образуют различного вида уступы или канавки, в результате чего заусенцы дробятся и частично могут срезаться кромками этих уступов или канавок. Для образования фасок на зубьях колеса-детали с обоих торцов применяют зубофасочную головку, имеющую уже два инструментальных колеса: одно снимает фаску на одном торце, другое—на другом. При наладке зубофасочной головки одно инструментальное колесо поворачивают относительно другого вокруг их общей оси до входа в зацепление с зубьями обоих торцов, после чего закрепляют на общей оправке. Зубофасочные головки являются сугубо специальным инструментом, предназначенным для обработки конкретного колеса. Для расчета и проектирования зубофасочной головки может быть рекомендована специальная инструкция [265].

Инструмент для образования фасок на боковых кромках зубьев колес методом пластической деформации. Указанный метод снятия фаски может быть рекомендован в условиях массового и крупносерийного производства зубчатых колес на станках типа ВС-КЗ. Фаска снимается только на боковых поверхностях и на переходных; по дну впадин зубчатых колес фаски при этом не образуются.

Накатывание (выдавливание) происходит в процессе вращения накатника и обрабатываемой детали. Косозубые колеса обрабатываются прямозубым накатником, при этом угол фаски получается равным углу наклона зуба колеса. Прямозубые колеса обрабатываются накатником

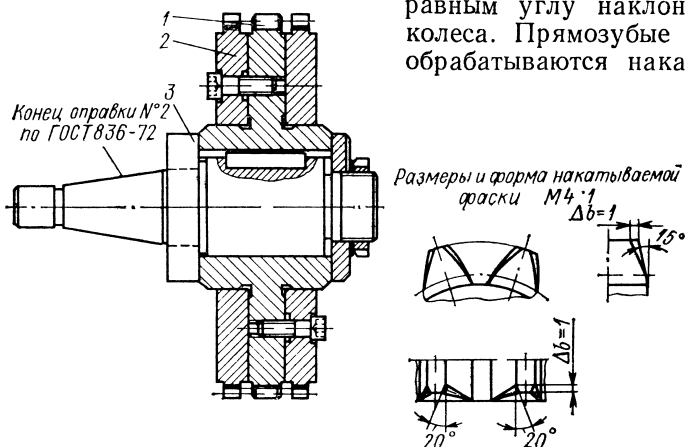


Рис. 13.77. Зубофасочная накатная головка

с наклонными зубьями, при этом угол фаски получается равным углу наклона зуба накатника. Конструкция зубофасочной накатной головки (рис. 13.77) состоит из синхронизатора 1, двух накатников 2, а также деталей крепления синхронизатора и накатников между собой и на оправке 3. При обработке косозубых колес прямозубый накатник образует фаску только на одной, острой, кромке профиля зуба колеса, поэтому зубья накатника на стороне, не участвующей в работе, срезаются таким образом, чтобы не мешать зацеплению рабочей стороны накатника с обрабатываемой стороной зуба колеса. Для накатывания фаски на косозубом колесе применяют два накатника для снятия фасок на правом и левом торцах на острой кромке зуба. Оба накатника при наладке поворачиваются относительно друг друга и относительно синхронизатора вокруг их общей оси таким образом, чтобы их зубья входили в зацепление с зубьями детали по обоим противоположным профилям на разных торцах с радиальным зазором. Размер образующейся фаски определяется размером разводки накатника и радиальным зазором между зубьями накатника и детали. Предельный радиальный зазор устанавливается в зависимости от расчетного межосевого расстояния между накатником и деталью.

При накатывании фаски на прямозубом колесе также применяют два накатника, каждый из которых образует фаску на обеих сторонах профиля зуба на каждом торце. Плотное зацепление зубьев накатника с зубьями детали и требуемый радиальный зазор обеспечиваются при этом размером зуба накатников и их установкой на соответствующее расстояние друг от друга.

При конструировании и расчете зубофасочных накатных головок рекомендуется пользоваться инструкцией [266].

13.9. Технология изготовления зуборезного инструмента

Сложность формы, высокие требования к точности оказывают большое влияние на особенности процесса изготовления зуборезного инструмента. В связи с этим технологический процесс отличается многоступенчатостью, требует применения специального технологического оборудования и измерительных приборов.

Весь технологический процесс изготовления зуборезного инструмента укрупненно можно разбить на следующие четыре основных цикла: 1) заготовительные операции; 2) операции сырой механической обработки, включающие операции по предварительному образованию профиля зубьев; 3) термические операции; 4) чистовые операции обработки шлифованием всех установочных баз и рабочих поверхностей.

Рассмотрим маршрутные технологические процессы изготовления основных типов зуборезного инструмента и наиболее специфичные операции зубообработки.

Технологический процесс изготовления цельных червячных фрез. Маршрут технологического процесса изготовления цельных червячных фрез с $m_0 = 4$ мм класса точности А по ГОСТ 9324—80 представлен в табл. 13.123. Данный технологический процесс может быть выбран в качестве типового при обработке червячных фрез самых различных видов: червячных шлицевых фрез, червячных фрез для колес зацепления Новикова, звездочек цепных передач и т. п., так как единственное отличие при их изготовлении заключается в выполнении операции обработки профиля зубьев до и после термической обработки.

Заготовки червячных фрез диаметром до 50 мм целесообразно отрезать от проката, а свыше 50 мм рекомендуется изготавливать из кованных заготовок [268]. Припуски заготовок фрез по диаметру d и длине l следует устанавливать исходя из табл. 13.124.

Токарная обработка заготовок обычно осуществляется в серийном производстве на многошпиндельных токарных автоматах и полуавтоматах, токарных станках с ЧПУ, а также револьверных станках. Большое внимание необходимо уделять оставляемым припускам на обработку фрез по наружному диаметру, величина которого может быть выбрана по табл. 13.125.

Профиль зубьев червячных фрез свыше модуля 2 мм предварительно обрабатывается обычно на резбифрезерных станках, после

13.123. Маршрут технологического процесса изготовления червячных фрез
(типовой представитель — фреза $m_0 = 4$ мм, класса А
по ГОСТ 9324—80)

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки под поковку диаметром 90 и длиной 82 мм	Абразивно-отрезной станок
Ковка заготовки диаметром 132 и длиной 130 мм	Молот пневматический
Предварительная термическая обработка поковок	—
Токарная обработка:	Многошпиндельный токарный станок
подрезка первого торца начисто	
сверление отверстия диаметром 25 на длину 130 мм	
рассверливание отверстия до диаметра 38 мм	
расточка отверстия до диаметра 46 мм, снятие фаски в отверстии $3 \times 45^\circ$	
обтачивание буртика диаметром 80,5 на длине 5,5 мм	
обтачивание по наружному диаметру до диаметра 128 мм	
подрезание второго торца до длины 126,5 мм	
расточка выточки в отверстии диаметром 53 на длину 40 мм	
снятие фаски в отверстии $3 \times 45^\circ$	
обтачивание второго буртика диаметром $80,5_{-0,5}$ на длине 5,5 мм	
снятие фаски $1 \times 45^\circ$ на обоих торцах	
подрезание второго торца до длины 125,3 мм	
обтачивание окончательное по наружному диаметру 126 на длине 115 мм	
растачивание отверстия диаметром $49,6_{-0,2}$ мм	
Протягивание шпоночного паза	Горизонтально-протяжный станок
Слесарная обработка: зачистка заусенцев вдоль паза и снятие фаски по торцу паза	Верстак
Фрезерование резьбы	Резьбофрезерный станок
Фрезерование стружечных канавок	Горизонтально-фрезерный станок
Затылование зубьев по всему профилю	Токарно-затыловочный полуавтомат
Снятие неполных витков	Горизонтально-фрезерный станок
Маркирование	—
Термообработка	—
Шлифование отверстия диаметром 50 мм и первого торца	Внутришлифовальный станок
Шлифование второго торца	Плоскошлифовальный станок
Шлифование буртиков	Круглошлифовальный станок
Затачивание по передней поверхности	Полуавтомат для заточки червячных фрез

Операция	Оборудование
Шлифование-затылование зубьев по профилю: шлифование левого профиля шлифование правого профиля шлифование зубьев по вершинам Окончательный 100 %-ый контроль по 1 или 2 группам проверок (ГОСТ 9324—80Е)	Шлифовально-затыловочный станок Прибор для комплексной проверки червячных фрез

13.124. Припуски по диаметру и длине заготовок
цельных червячных фрез, мм

Диаметр поковки	Длина поковки					
	д < 100		100—150		150—200	
	d	l	d	l	d	l
До 75	4 ⁺²	5±1	5 ⁺²	6±1	6 ⁺²	7±1,5
75—100	5 ^{+2,5}	5±1	6 ^{+2,5}	6±1	7 ^{+2,5}	7±1,5
100—150	7 ⁺³	6±1	7 ⁺³	7±1,5	9 ⁺³	8±1,5
150—200	7 ^{+3,5}	7±1,5	9 ^{+3,5}	8±1,5	10 ^{+3,5}	9±2

13.125. Припуски на обработку червячных фрез
по наружному диаметру, мм

Диаметр фрезы	Суммарный припуск на чистовую обточку, затылование, шлифование и допуск на обдирку	Суммарный припуск на затылование, шлифование и допуск на чистовую обточку	Припуск на шлифование и допуск на затылование
До 50	2,3 ^{-0,3}	1,0 ^{-0,2}	0,7 ^{-0,3}
Св. 50 до 80	2,5 ^{-0,5}	1,1 ^{-0,3}	0,7 ^{-0,3}
» 80 » 120	3,0 ^{-0,5}	1,3 ^{-0,3}	0,8 ^{-0,4}
» 120 » 180	3,5 ^{-0,5}	1,6 ^{-0,4}	1,0 ^{-0,5}
» 180	4,0 ^{-0,5}	1,8 ^{-0,4}	1,2 ^{-0,6}

чего он подвергается предварительному сырому затылованию. Для фрезерования профиля применяются дисковые двухугловые фрезы, при этом припуски на толщину зуба после фрезерования профиля червячных фрез могут быть взяты из табл. 13.126. Припуск после фрезерования на затылование многозаходных червячных фрез должен быть увеличен на 0,1—0,5 мм. В связи с этим

13.126. Припуск на толщину зуба после зубофрезерования под последующее затылование, мм

m_0	ΔS_1	Δh
2,0—4,0	0,3 _{-0,1}	0,3 _{-0,1}
4,25—6,0	0,5 _{-0,15}	0,5 _{-0,15}
Св. 6	0,6 _{-0,15}	0,7 _{-0,15}

13.127. Припуски на шлифование — затылование профиля, мм

m_0	Угол профиля фрезы α_0 , °		
	до 15°	св. 15° до 25°	св. 25°
До 2	0,25	0,15	0,05
Св. 2 до 4	0,35	0,25	0,15
» 4 » 6	0,4	0,3	0,2
» 6 » 10	0,45	0,35	0,25

размеры профиля зубьев дисковой фрезы для фрезерования могут быть определены из выражений:

$$S_\Phi = P_{\Phi 0} - (S_{\Phi 0} + \Delta S_1); \quad h_\Phi = (h_0 + \Delta h) - h_{\Phi 0}.$$

Фрезерование стружечных канавок осуществляется на универсально-фрезерных станках, при этом канавки с углом наклона γ_{m_0} до 10° фрезеруются одно- или двухугловыми дисковыми фрезами с прямолинейным профилем, с γ_{m_0} более 10° — дисковыми фрезами с криволинейным профилем.

Сырое затылование зубьев является одной из наиболее специфичных операций изготовления червячных фрез и производится на токарно-затыловочных станках при специальной их настройке. Операция затылования может состоять из ряда переходов: сначала затылуются вершины зубьев, затем последовательно правая и левая стороны. В серийном производстве для повышения производительности операции затылования фрез модулей 3—10 мм используют специальные комбинированные затыловочные резцы, обрабатывающие одновременно весь профиль зуба, а для затылования фрез модулей 0,5—2,0 мм с прямыми канавками могут применяться затыловочные резцы-гребенки с 5—7 зубьями, соответствующими профилю фрезы.

Для обеспечения возможности выхода шлифовального круга при последующем чистовом затыловании нерабочую заднюю часть зуба необходимо затыловать с увеличенными задними углами, для чего вначале профиль затылуется с величиной K , а затем его нерабочая часть — с $K_1 = 1,5K$. При затыловании скорость резания составляет 1—6 м/мин, а при чистовом затыловании она еще меньше.

Припуски после сырого затылования однозаходных червячных фрез под последующее шлифование — затылование по толщине зуба могут быть взяты по табл. 13.127. Для двухзаходных червячных фрез припуски увеличиваются на 0,1 мм, а при числе заходов 3 и более — на 0,2 мм.

Контроль профиля зубьев червячных фрез при затыловании производится шаблонами, спроектированными по нормальному или осевому сечению фрезы.

После термической обработки в первую очередь производится чистовая обработка установочных баз червячной фрезы — посадочного отверстия и торцов. Посадочное отверстие шлифуют на внутришлифовальных станках шлифовальными кругами характеристики 24А, 25—40, СМ1—СМ2. Диаметр круга выбирается равным $(0,7 \div 0,9) d$, где d — диаметр посадочного отверстия. Ширина круга принимается равной $(1,0 \div 2,0) d$. Заточка червячных фрез обычно производится на специальных полуавтоматах моделей 3А660А (диаметром до 65 мм), 3А662, 3А663 и 3663П. Из импортного оборудования могут быть рекомендованы заточные станки моделей А60/0 и А62 фирмы «Микрон» (*Mikron*, Швейцария) для заточки червячных фрез модулей менее 2,0 классов точности АА и ААА; станки моделей AGW-281, AGW-422 и SNC-30 фирмы «Клингельнберг» (ФРГ) для заточки червячных фрез в диапазоне модулей 1—30 мм классов АА и ААА, а также станки модели ASA-305В фирмы «Капп» (*Kapp*, ФРГ) для заточки червячных фрез модулей 1—20 мм классов точности АА и ААА. Затачивание червячных фрез с винтовой стружечной канавкой производится конической стороной шлифовального круга типа 4П с углом профиля более 15° или кругами тарельчатой формы. Затачивание фрез с большими углами наклона стружечной канавки ($\gamma_{m_0} > 6^\circ$) необходимо производить шлифовальными кругами небольших диаметров с фасонно заправленной с помощью специального приспособления образующей профиля для уменьшения органических ошибок и получения требуемой стандартами формы передней поверхности.

Шлифование — затылование профиля является наиболее ответственной операцией всего технологического процесса, от выполнения которой зависит в основном конечная точность червячной фрезы. Операция выполняется на шлифовально-затыловочных станках моделей 5882В (при $m_0 < 1$ мм) и MB-107А (при $m_0 = 1 \div 12$ мм), HSF-33В фирмы «Клингельнберг» (при $m = 0,5 \div 25$ мм) или токарно-затыловочных станках, оснащенных шлифовальными суппортами, моделей 5884 (при $m \leq 10$ мм), UHDA-20 (при $m = 1 \div 20$ мм) и UHD-4 (при $m = 10 \div 40$ мм) фирмы «Рейнекер» (*Reineker*, ФРГ). Обработку профиля зубьев начинают со шлифования по наружному диаметру кругом прямого профиля, затем последовательно шлифуют конической поверхностью круга правую и левую стороны, после чего шлифуют радиус при вершине зуба с одной и другой стороны.

С увеличением модуля и угла подъема витков при шлифовании профиля конической поверхностью дисковых кругов появляется непрямолинейность профиля. Для устранения этой погрешности дисковые круги заправляют по выпуклой кривой с помощью специальных приспособлений [268]. Для уменьшения данных по-

грешностей применяют шлифование чашечными и пальцевыми кругами.

В практике шлифования профиля червячных фрез с прямолинейным и особенно фасонным профилем (фрезы для звездочек, колес зацепления Новикова и др.) находят широкое применение профильные шлифовальные круги, заправленные накатными роликами. Предварительно накатный ролик профилируется тем же резцом, которым затылуется фреза, после чего роликом накатывают шлифовальный круг при горизонтальной установке шлифовального шпинделя. Затем поворачивают шпиндель на угол подъема витков фрезы и шлифуют профиль. По результатам контроля первой обработанной фрезы профиль ролика соответственно корректируют.

Для шлифования профиля зубьев фрез используют круги из белого электрокорунда или монокорунда на керамической связке. Твердость кругов выбирается в пределах МЗ—СМ1, зернистость — 10—25. В последнее время для чистового шлифования профиля широкое применение находят круги из эльбора с двухсторонним коническим профилем типа Л2П (ГОСТ 17123—79*Е) на керамической связке зернистостью Л8—Л12, твердостью МЗ—СМ1. Шлифование профиля производится обычно при скоростях изделия 2,5—4,5 м/мин и радиальной подаче 0,05—0,06 мм при предварительной обработке и 0,015—0,02 мм—при чистовой обработке.

По окончании обработки обязателен контроль червячных фрез на приборах для комплексной проверки моделей WMG-II народного предприятия «К. Цейс» (*K. Zeiss*, ГДР), PWF-300 фирмы «Клингельберг», 310 или 420 фирмы «Фетте» (*Fette*, ФРГ), SU-130 фирмы «Сампутенсили» (*Samputensili*, Италия). Применение данных приборов обязательно при контроле червячных фрез классов точности ААА и АА по 1-й или 2-й группам (ГОСТ 9324—80Е).

Находят применение также цельные твердосплавные червячные фрезы модулей менее 1,0 мм, сборные червячные фрезы с поворотными рейками. Некоторые особенности технологии их изготовления приведены в [268].

Технологический процесс изготовления зуборезных долбяков. Зуборезные долбяки по конструктивному исполнению подразделяются на дисковые, хвостовые и чашечные, что предопределяет некоторые особенности их изготовления. В качестве примера в табл. 13.128 приведен маршрут технологического процесса изготовления дискового прямозубового долбяка с $m_0 = 4$ мм, а в табл. 13.129 — маршрут технологического процесса изготовления хвостового долбяка с $m = 3$ мм. При токарной обработке могут быть рекомендованы универсальные токарные станки или токарные станки с ЧПУ.

Наиболее ответственной операцией является обработка диаметра посадочного отверстия. Поэтому в табл. 13.130 приводятся диаметры отверстий долбяков после выполнения ряда технологических операций обработки.

**13.128. Маршрут технологического процесса изготовления
дискового прямозубого долбяка с $m_n = 4$ мм**

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки под штамповку	Станок абразивно-отрезной
Нагрев заготовки под штамповку	—
Штамповка заготовки	—
Охлаждение в сборнике	—
Отжиг	—
Зенкерование отверстия	Сверлильный станок
Обтачивание по наружному диаметру	Токарный станок
Токарная обработка: подрезание торца в размер растачивание выточки протачивание торца выточки в размер протачивание канавки растачивание отверстия развертывание отверстия снятие фаски в отверстии	Токарный станок с ЧПУ
Шлифование опорного торца предварительное	Шлифовальный станок с круглым столом
Снятие фаски со стороны опорного торца	Токарный станок
Токарная обработка чистовая: протачивание задней поверхности протачивание угловых скосов растачивание кольцевой выточки протачивание передней грани	Токарный станок с ЧПУ
Фрезерование зубьев	Зубофрезерный станок
Термообработка	—
Шлифование ленточки	Плоскошлифовальный станок
Шлифование опорного торца	Плоскошлифовальный станок
Доводка опорного торца	Доводочный станок
Шлифование посадочного отверстия	Внутришлифовальный станок
Доводка отверстия	Хонинговальный станок
Шлифование внутренней опорной поверхности	Внутришлифовальный станок
Предварительное шлифование передней поверхности	Станок для заточки долбяков
Шлифование профиля зубьев	Зубошлифовальный станок
Шлифование по наружному диаметру	Круглошлифовальный станок
Затачивание передней поверхности окончательное	Станок для заточки долбяков
Окончательный 100 %-ный контроль	Специальные зубоизмерительные приборы

**13.129. Маршрут технологического процесса изготовления
хвостового долбяка с $m_0 = 3$ мм**

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки рабочей части под сварку	Абразивно-отрезной станок
Рубка заготовки хвостовой части под сварку	—
Протачивание конца у заготовки рабочей части под сварку	Токарный станок
Сварка	Сварочный аппарат на 150 кВт
Правка после сварки	Пресс гидравлический
Отжиг после сварки	Шахтная печь
Снятие сварного шва	Токарный полуавтомат
Подрезание торца со стороны хвостовой части	Токарно-операционный станок
Обработка центровых отверстий	Центровочный станок
Токарная чистовая обработка по всему профилю	Токарный станок с ЧПУ
Фрезерование зубьев	Зубофрезерный станок
Термообработка	—
Зачистка центров	Сверлильный станок
Шлифование шейки	Круглошлифовальный станок
Клеймение порядкового номера	—
Шлифование конуса хвостовика	Круглошлифовальный станок
Затачивание передней грани предварительное	Станок для заточки долбяков
Шлифование профиля зуба: предварительное	Зубошлифовальный станок
окончательное	—
Маркирование	Круглошлифовальный станок
Шлифование наружного диаметра	Станок для заточки долбяков
Чистовое шлифование передней грани	Специальные зубоизмерительные приборы
Окончательный 100 %-ный контроль, упаковка	

Фрезерование зубьев долбяков обычно выполняется специальными червячными фрезами на модернизированных зубофрезерных станках. Для получения задних боковых углов по профилю зубьев фреза должна перемещаться под углом α_b к оси долбяка, что достигается за счет суммирования вертикальной подачи фрезы и радиальной подачи заготовки. Припуски на толщину зуба долбяка после фрезерования могут быть взяты из табл. 13.131. При отсутствии зубофрезерного станка зубья долбяков могут быть обработаны методом копирования на горизонтально-фрезерном станке с универсальной делительной головкой.

После термической обработки производится в первую очередь обработка базовых поверхностей: внешнего опорного торца и от-

верстия. При шлифовании отверстия долбяк крепится прихватами к планшайбе либо устанавливается в магнитном патроне. Для шлифования отверстия применяют круги характеристик 24А, 40—25, СМ1—СМ2, К либо круги из эльбора Л6—Л10, СМ1, К. Для обеспечения требуемой шероховатости и точности отверстие должно подвергаться доводке или хонингованию.

Шлифование профиля является наиболее ответственной операцией механической обработки и выполняется только на специальных зубошлифовальных станках моделей ЕЗ-88 и 5В833 (долбяки с $m_0 = 0,3 \div 2,5$ мм), МШ-232, 5892, 5892А, 5893 (с $m_0 = 1 \div 12$ мм). При шлифовании профиля долбяков модуля более 1 мм используют круги формы ЗП диаметром 250—450 мм следующей характеристики: 25А (24А), 16 (25—40), М2—М3, 8 (7), К5 по ГОСТ 2424—83. Круги зернистостью 16 следует применять при обработке долбяков с $m_0 = 1 \div 3$ мм, круги зернистостью 25 — для долбяков с $m_0 > 3$ мм.

Режимы шлифования: $v = 25\text{—}30$ м/с, число двойных ходов в минуту 18—30, подача — 0,02—0,03 мм с последующим выхаживанием без подачи за 3—7 оборотов долбяка.

При шлифовании мелко-модульных долбяков червячными абразивными кругами на станках моделей ЕЗ-88, 5В833 используют круги ПП 400×80×203 характеристик 25А (24А), 3—8, С1—СМ2, К5. Правка червячных абразивных кругов для долбяков с $m_0 > 1$ мм выполняется алмазными резцами (ГОСТ 17368—79*Е), а для долбяков с $m_0 < 1$ мм — многоконтактными стальными роликами с кольцевой нарезкой. Накатной ролик для чистовой правки используется только один раз.

Существует несколько методов шлифования долбяков с модифицированным профилем зубьев [268]. Шлифование профиля с утолщением ножки зуба целесообразно производить методом полного огибания фасонно заправленным кругом. Несколько из-

13.130. Размеры диаметров посадочных отверстий долбяков после технологических операций, мм

Диаметр отверстия	Операция механической обработки		
	сверление	расточивание	шлифование
16	14,5 ^{+0,2}	15,7 ^{+0,04}	15,985 ^{+0,01}
20	17,5 ^{+0,3}	19,57 ^{+0,04}	19,985 ^{+0,01}
31,743	28 ^{+0,3}	31,31 ^{+0,04}	31,723 ^{+0,015}
44,443	41 ^{+0,3}	44,05 ^{+0,05}	44,423 ^{+0,015}
76,2	73 ^{+0,4}	75,7 ^{+0,05}	76,175 ^{+0,02}
88,9	85 ^{+0,4}	88,35 ^{+0,5}	88,875 ^{+0,02}
101,6	98 ^{+0,5}	101 ^{+0,1}	101,575 ^{+0,02}

13.131. Припуски на толщину зуба долбяков после зубофрезерования, мм

m_0	Делительный диаметр	
	менее 100	более 100
От 0,8 до 2,5	0,5—1,1	0,6—0,1
Св. 2,5 » 4,0	0,7—0,1	0,8—0,1
» 4,0 » 8	0,8—0,1	1,0—0,1
» 8 » 12	1,0—0,1	1,2—0,1

**13.132. Маршрут технологического процесса изготовления
дисковых шеверов с $m_0 = 4$ мм, $d_0 = 180$ мм**

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки диаметром 95 мм и длиной 102 мм	Отрезной станок
Ковка заготовки	—
Изотермический отжиг	—
Травление	—
Токарная обработка с двух сторон	Токарный станок с ЧПУ
Шлифование первого торца ступицы и отверстия предварительное	Внутришлифовальный станок
Окончательная обточка по наружному диаметру	Токарно-винторезный станок
Протягивание шпоночного паза	Горизонтально-протяжной станок
Снятие фасок на торцах шпоночного паза и зачистка заусенцев	Верстак
Фрезерование зубьев	Зубофрезерный станок
Клеймение	Слесарные инструменты
Сверление отверстий для выхода гребенки	Специальный полуавтомат для сверления отверстий
Прорезка перемычки	То же
Предварительное шлифование профиля зубьев	Зубошлифовальный станок
Долбление стружечных канавок на зубьях	Специальный станок для автоматического долбления канавок
Термическая обработка	—
Шлифование первого торца ступицы	Плоскошлифовальный станок
Доводка первого торца ступицы	Доводочная плита
Шлифование отверстия	Внутришлифовальный станок
Шлифование второго торца ступицы	Плоскошлифовальный станок
Доводка второго торца ступицы и размагничивание	Доводочная плита
Шлифование по наружному диаметру предварительное	Круглошлифовальный станок
Шлифование профиля зубьев	Зубошлифовальный станок модели ЗА892С
Шлифование двух торцов зубчатого венца	Плоскошлифовальный станок модели ЗБ740
Окончательное шлифование по наружному диаметру	Круглошлифовальный станок модели ЗУ131
Клеймение	—
Окончательный 100 %-ный контроль	Специальные зубоизмерительные приборы

меняя угол заправки круга, можно получить необходимые размеры утолщения. Для фасонной заправки круга на станках моделей МШ-232, 5892, 5893 предусмотрено специальное приспособление. Шлифование профиля долбяков с утолщением по головке выполняется также методом полного огибания фасонно заправленным кругом. Контроль профиля зубьев долбяков осуществляется обычно на эвольвентомерах моделей БВ-5057 (при $m_0 < 1$ мм), VG-450 народного предприятия К. Цейсс, РНС-40 фирмы Клингельнберг. Шлифование передней конической поверхности зубьев может выполняться на круглошлифовальных станках, плоскошлифовальных станках с круглым столом или специальных станках модели 3673. Контроль переднего угла производится с помощью шаблонов и специальных приборов.

Заточка косозубых долбяков выполняется на специальных станках модели ВЗ-112 или универсально-заточных станках с применением специальных приспособлений.

Технологический процесс изготовления дисковых шеверов. Для нарезания цилиндрических зубчатых колес предназначены дисковые шеверы, которые изготавливают со сквозными (при $m_0 = 0,2 \div 1,75$ мм) и глухими (при $m_0 > 1,75$ мм) стружечными канавками.

Маршрут технологического процесса изготовления дисковых шеверов с глухими стружечными канавками представлен в табл. 13.132.

Дисковые шеверы обычно выполняют из кованных заготовок. Заготовка на токарную обработку подается с прошитым при ковке отверстием диаметром 57 мм. При токарной обработке отверстие растачивается в размер $63^{+0,05}$ мм, по ширине торцов оставляется припуск 0,5 мм, по диаметру вершин припуск должен быть не менее 1,1 и 1,3 мм для номинальных диаметров шеверов 180 и 250 мм соответственно.

Профиль шеверов обрабатывается на зубофрезерных станках червячными фрезами, имеющими укороченную по сравнению со стандартными фрезами головку зуба h_{a0} :

$$h_{a0} = \frac{d_0 - (d_1 + d_2 + 1)}{2},$$

где d_0 — делительный диаметр шевера; d_1 — диаметр окружности центров технологических отверстий; d_2 — диаметр технологических отверстий.

Припуск на толщину зуба после зубофрезерования ΔS и предварительного зубошлифования ΔS_1 профиля может быть выбран по табл. 13.133.

Технологические отверстия для выхода гребенки сверлятся на универсальных станках с применением кондуктора либо на специальных полуавтоматах. После сверления между отверстием и дном впадины зуба остается перемычка, которая разрезается шлифовальными кругами характеристик 14А, 25—40, СТ, В.

Режущие кромки у шеверов при $m_0 > 1,75$ мм образуются путем долбления гребенками стружечных канавок на боковых поверхностях зубьев на специальных станках. Сквозные стружечные канавки у шеверов при $m_0 = 0,2 \div 1,75$ мм обрабатываются путем прорезки на резьбошлифовальных станках односторонними кругами 2П 450×10×229 характеристик 24А, 5П, Т2, В1.

После термической обработки у шеверов шлифуются торцы на плоскошлифовальных станках кругами характеристик 24А, 40—

13.133. Припуски на толщину зуба шевера после зубофрезерования ΔS и предварительного зубошлифования ΔS_1 , мм

m_0	ΔS при d_0 , мм		ΔS_1
	180	250	
1—2	0,7	0,8	0,35
2,25—4,0	0,8	0,9	0,4
4,25—8,0	0,9	1,0	0,4

25, СМ1—СМ2, К. При шлифовании отверстия шевера крепится в магнитном патроне с отверстием для выхода шлифовального круга или прихватами на планшайбе внутришлифовального станка. После шлифования отверстия оставляется припуск от 0,005 до 0,02 мм на последующую доводку.

Шлифование по наружному диаметру производится перед шлифованием профиля и после него. Предварительное шлифование выполняется в целях создания базы для шлифования толщины зуба в процессе окончательной его обработки кругами прямого профиля характеристик 24А, 25—16, СМ2, К6.

Шлифование профиля зубьев шеверов выполняется на зубошлифовальных станках моделей 5892С, 5893, МШ-232 (СССР), моделей SRS-400 и SRS-401 фирмы «Карл Хурт» (*K. Hurt*, ФРГ) плоской торцовой поверхностью шлифовального круга или на станках модели 5В833 абразивным червячным кругом. В последнем случае станки применяются для обработки шеверов в диапазоне модулей 0,3—4,0 мм. Шеверы с $m_0 = 0,2 \div 0,9$ мм обычно шлифуют без предварительной нарезки профиля до термообработки. На операции шлифования профиля применяются те же абразивные круги и режимы резания, что и для шлифования долбяков.

Толщина зубьев шеверов в нормальном сечении проверяется тангенциальными зубомерами и скобами; радиальное биение при установке в центрах — индикатором. Для контроля профиля применяют эвольвентомеры. Неравномерность окружного шага может контролироваться на специальных автоматических приборах или на простейших индикаторных приборах с жестким упором.

Следует помнить, что требования к точности изготовления шеверов, особенно классов АА и А, очень высокие (ГОСТ 8570—80*Е), поэтому необходимо для их контроля применять высокоточные специальные измерительные приборы.

Технологический процесс изготовления зубострогальных резцов для конических колес. Маршрут технологического про-

**13.134. Маршрут технологического процесса изготовления
зубострогальных резцов**

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки из проката	Отрезной станок
Шлифование поверхностей предварительное:	
широких	Плоскошлифовальный станок
узких	То же
Фрезерование торцов	Горизонтально-фрезерный станок
Маркирование базового торца	Слесарный верстак
Сверление отверстий	Вертикально-сверлильный станок
Фрезерование поверхности под углом 73°	Горизонтально-фрезерный станок
Фрезерование поверхности профиля:	
нерабочей стороны	Горизонтально-фрезерный станок
рабочей стороны	То же
Фрезерование передней поверхности	«
Зенкование отверстий	Вертикально-сверлильный станок
Нарезание резьбы в отверстиях	Вертикально-сверлильный станок
Чистка	—
Термическая обработка, 63—66 HRC ₂	—
Шлифование вершины предварительное	Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом
Шлифование широкой поверхности, поверхности под углом 73° и основания окончательное	Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом
Шлифование поверхности профиля рабочей стороны	То же
Шлифование поверхности вершины и профиля нерабочей стороны окончательное	Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом
Шлифование радиусов по профилю	То же
Снятие фасок в отверстиях и калибрование резьбы	Настольный вертикально-сверлильный станок
Затачивание предварительное и окончательное передней поверхности	Универсально-заточный станок
Окончательный 100 %-ный контроль	Специальные зубоизмерительные приборы

песса по изготовлению зубострогальных резцов представлен в табл. 13.134. Зубострогальные резцы изготавливаются из полосовой горячекатаной стали. Отрезка производится на фрезерных или абразивно-отрезных станках.

Предварительное шлифование узких и широких сторон резцов должно обеспечить их перпендикулярность в пределах 0,05 мм. Торцы резцов фрезеруются для получения окончательного размера по длине с допускаемой перпендикулярностью к широком

и узким плоскостям не более 0,1 мм. Для фрезерования рабочих и нерабочих поверхностей используют горизонтально-фрезерные станки и специальные многоместные приспособления с быстродействующими зажимами. Резьбу в крепежных отверстиях нарезают машинными метчиками с уменьшенным средним диаметром резьбы на 0,03—0,04 мм по сравнению со стандартными метчиками для компенсации изменения размеров резьбы после термообработки.

Шлифование резцов после термообработки производится на плоскошлифовальных станках с магнитной плитой. При шлифовании вершины резцы устанавливаются основанием непосредственно на магнитную плиту, а при обработке других поверхностей применяются специальные магнитные призмы, располагаемые на магнитной плите станка, которые обеспечивают горизонтальное положение шлифуемых поверхностей. Окончательное шлифование рабочей стороны профиля следует рекомендовать выполнять кругами из эльбора характеристик Л5—6, СМ2, К 100 %-ной концентрации или карбида кремния зеленого 63С, 6—8, М2, Б.

Технологический процесс изготовления сборных зуборезных головок для конических колес с круговыми зубьями. Зуборезные головки относятся к наиболее сложному в изготовлении инструменту. Сборная конструкция головок предъявляет высокие требования к точности всех ее составных элементов, поэтому технологический процесс изготовления головок должен состоять из операций с использованием наиболее точного и совершенного специального оборудования, оснастки и измерительных средств.

Наиболее ответственной деталью головок являются резцы, в связи с чем подробно будет рассмотрена типовая технология их изготовления (табл. 13.135). Резцы к зуборезным головкам выполняют из полосовой горячекатаной стали или путемковки. Для экономии быстрорежущей стали заготовка отрезается сразу на два резца, после чего разрезается под задним углом α_v , образуя единичные заготовки резцов. Дальнейшую предварительную обработку плоскостей широких и узких скосов и канавок производят на шлифовальных и фрезерных станках. Например, предварительное шлифование узких плоскостей осуществляют после обработки широких плоскостей, закрепляя струбциной несколько заготовок на магнитной плите, что обеспечивает лучшую перпендикулярность широких сторон к узким. Припуски на последующую обработку по широким поверхностям 0,5 мм, по узким — 1,0 мм.

Фрезерование торцов, скосов, крепежной части резцов выполняют на горизонтально-фрезерных станках в тисках с применением специальных прокладок и губок. Прорезку канавок в углах заплечиков производят вулканизовыми кругами характеристик 14А, 50, СТ, В (ГОСТ 21963—82) на универсально-заточных станках. Отверстие в резцах сверлится с применением кондуктора.

Обработка профиля резцов может осуществляться различными методами: фрезерованием концевыми фрезами на модернизированных станках модели 5974 с заменой шлифовальной бабки

**13.135. Маршрут технологического процесса изготовления резцов
сборных зуборезных головок**

Операция	Оборудование
Отрезка заготовки для двух резцов из пол- лосы	Абразивно-отрезной станок
Шлифование предварительное плоскостей с двух сторон:	
широких	Плоскошлифовальный станок
узких	То же
Разрезка заготовки на две части под уг- лом 15°	Горизонтально-фрезерный станок
Фрезерование скоса под углом 10° по ши- рокой плоскости	То же
Фрезерование узких плоскостей крепежной части	»
Фрезерование скоса по задней поверхности под углом 15°	»
Прорезка канавок по заплечикам	Универсально-заточный станок
Сверление отверстия и снятие фасок с двух сторон	Вертикально-сверлильный станок
Затылование предварительное профиля по рабочей и нерабочей сторонам	Затыловочный станок
Фрезерование передней поверхности	Универсально-фрезерный станок
Термическая обработка, 63—66 HRC ₂	—
Шлифование предварительное плоскостей с двух сторон:	
широких	Плоскошлифовальный станок
узких	То же
Шлифование предварительное скоса под углом 10° и заплечиков с двух сторон	»
Шлифование предварительное вершины	»
Шлифование предварительное профиля по рабочей и нерабочей сторонам	Шлифовально-затыловочный станок
Шлифование предварительное передней по- верхности	Заточный станок модели 3666
Низкотемпературный отпуск в масле при $t = 180 \div 200^\circ\text{C}$ с выдержкой в течение 1,5 ч	—
Шлифование окончательное широких пло- скостей	Плоскошлифовальный ста- нок
Доводка базовой плоскости	Плита доводочная
Шлифование окончательное узких плоско- стей	Плоскошлифовальный ста- нок
Шлифование окончательное скоса под уг- лом 10° и заплечиков с двух сторон	Плоскошлифовальный ста- нок
Шлифование окончательное вершины	То же
Шлифование окончательное профиля по ра- бочей и нерабочей сторонам	Шлифовально-затыловочный станок
Шлифование радиуса по вершинам рабочей стороны	То же
Затачивание передней поверхности окон- чательное	Станок для заточки зуборез- ных головок модели 3666
Маркирование	—
Окончательный 100 %-ный контроль	Специальные зубоизмери- тельные приборы

фрезерной; затылованием на универсально-затыловочных станках; токарной обточкой в корпусах со смещенными или наклонными пазами. На станках модели 5974 одновременно затылуются рабочая и нерабочая стороны при развороте фрез на соответствующие углы профиля. На универсально-затыловочных станках затылование производят резцом поочередно каждой стороны.

Затылование путем обтачивания в технологических корпусах со смещенными или наклонными пазами осуществляются на токарных станках; последующее шлифование профиля должно также производиться в аналогичных корпусах. Задние углы на боковых поверхностях в этом случае образуются за счет разв

13.136. Припуски поковок корпусов на последующую полную обработку, мм

d_0	Диаметр	Толщина
100	8 ± 2	7 ± 1
160	8 ± 2	7 ± 1
200	10 ± 3	8 ± 1
250	11 ± 3	8 ± 3
315	12 ± 3	8 ± 3

рота паза для резцов. Затылование резцов путем обтачивания в корпусах с наклонными пазами из-за больших органических погрешностей можно рекомендовать только для головок диаметром до 160 мм. Контроль профиля в осевом сечении производят шаблонами и зубомером. Фрезерование передней грани выполняют на горизонтально-фрезерном станке двух-

сторонней фрезой, при этом режущие кромки должны находиться в осевой плоскости, что обеспечивается за счет двойного разворота резца. Передние углы после фрезерования проверяются угломером. Чистовая обработка резцов повышенной точности после термообработки производится в две операции — предварительную и окончательную, резцов обычной точности — в одну операцию. На предварительных операциях обработки плоскостей применяют шлифовальные круги характеристик 24А, 40, СМ1, К. Профиль шлифуют кругами 24А, 40, СМ2, С1. После предварительного шлифования оставляют припуск по широким плоскостям около 0,08 мм, узким — 0,06 мм, заплечикам и скосу — 0,1 мм. Окончательное шлифование производят обычно на точных станках. При шлифовании плоскостей и профиля применяют круги характеристик 24А, 16, СМ1, К; при шлифовании передней поверхности — круги зернистостью 25—40.

Доводочное шлифование со съемом припуска 0,02 мм широких и узких плоскостей, профиля и передней поверхности целесообразно выполнять кругами из эльбора характеристик Л10—12, СМ1, К 100 %-ной концентрации. Для шлифования профиля используют специальные станки модели 5974 или универсальные станки с осевым затылованием моделей 10 и 13 фирмы «Глисон» (Gleason, США) при установке резцов в корпуса, аналогичные базовым, но без клиньев. Радиус по вершине резцов шлифуется на том же станке, что и профиль. Передняя поверхность резцов затачивается на специальных станках модели 3666, на универсально-

**13.137. Диаметры посадочных отверстий корпусов головок
после операций обработки, мм**

<i>d</i>	Токарная обработка		Шлифование	
	черновая	чистовая	предварительное	окончательное
25,4	22,8 ^{+0,3}	25 ^{+0,1}	25,35 ^{+0,015}	25,4 _{-0,07}
58,23	53 ^{+0,3}	57,6 ^{+0,1}	58,18 ^{+0,015}	58,23 _{-0,005} ^{+0,005}
127	120 ^{+0,5}	126,91 ^{+0,1}	126,91 ^{+0,015}	127 _{-0,005} ^{+0,005}

заточных или плоскошлифовальных станках. Углы разворота резцов при заточке те же, что и при фрезеровании.

Корпуса резцовых головок изготавливают из поковок сталей марок 40Х, 12ХНЗА, 20ХН2М, размеры которых следует определять с учетом припусков, приведенных в табл. 13.136. Токарная обработка корпуса разделяется обычно на черновую и чистовую. При черновой обработке посадочное отверстие выполняют цилиндрической формы, по наружному диаметру на последующую обработку оставляют припуск 2 мм, по толщине корпуса — 4 мм. Диаметры отверстий после отдельных технологических операций обработки приведены в табл. 13.137. Припуск после чистовой токарной обработки составляет: по наружному диаметру 0,8_{-0,13} мм, по торцам (на обе стороны) — 1,8_{-0,1} мм, допускаемая непараллельность торцов — 0,03 мм. Резцовые пазы фрезеруются на горизонтально-фрезерном станке в делительной головке. Припуски по ширине и дну паза (на две стороны) равны 2,8 мм после чернового фрезерования и 0,8 мм — после чистового. Неравномерность окружного шага после чистового фрезерования должна составлять не более 0,15 мм.

Корпуса цементируют и закаливают на твердость 56—62 HRC₂. Перед цементацией в резьбовые отверстия для регулировочных винтов набивают асбест, предохраняющий от их цементации. Отверстия под резьбу в резцовых пазах и под съемные винты сверлят после цементации с применением кондуктора.

Шлифование торцов, отверстия и пазов после закалки выполняют предварительно и окончательно. После предварительного шлифования необходим отпуск при $t = 180 \div 200$ °С. Припуск после предварительного шлифования торцов и пазов составляет 0,2—0,5 мм. Для предварительного шлифования торцов и отверстия применяют круги характеристик 24А, 25, СМ1, К, а пазов — круги характеристик 24А, 40, С1, К.

Окончательное шлифование торцов и отверстия производят кругами характеристик 24А, 16, СМ1, К. Опорный торец доводят на чугунной плите с применением алмазной пасты АСМ 5/3. Шлифование окончательное резцовых пазов осуществляют на шлифе-

или плоскошлифовальном станке в делительной головке. При этом применяют эльборовые круги характеристик Л, 10—12, СМ1—СМ2, К 100 %-ной концентрации. Шлифование пазов выполняют в три перехода: вначале шлифуют одну боковую сторону с обеспечением симметричности и окружного шага, затем — другую до получения заданной ширины паза, после чего — дно паза. Ширину паза контролируют блоком концевых мер.

Особенности изготовления цельных и твердосплавных резцовых головок изложены в [268].

Обработку других поверхностей производят абразивными кругами характеристик 24А, 40, СМ1—СМ2, К. Оставляют припуск на окончательное шлифование этих поверхностей 0,8—0,9 мм. Передние поверхности резцов затачивают в две операции — предварительно и окончательно в двухместном приспособлении. Передние поверхности двух резцов устанавливают в одной вертикальной плоскости по откидному упору. Для предварительной обработки применяют абразивные круги формы 4К и характеристик 24А, 40, МЗ, К5, для окончательной — круги из эльбора формы 1Т характеристик Л6—8, СМ1, К 100 %-ной концентрации.

АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА, АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Распространенным видом обработки поверхностей является абразивная обработка, которая за последние годы из способа понижения шероховатости поверхности превратилась в наиболее производительный способ формообразования. Абразивная обработка — единственный способ обработки современных инструментальных материалов (твердых сплавов, минералокерамики, сверхтвердых материалов). Парк станков для абразивной обработки достигает 20 % общего станочного парка, а в подшипниковой и некоторых других отраслях промышленности — 60 % и более. Развитию абразивной обработки во многом способствовало создание новых абразивных материалов и новых связей, совершенствование технологии получения абразивных материалов и инструмента из него, применение новых методов обработки (электрохимической с наложением колебаний, в «кипящем» слое свободным абразивным зерном, электромагнитной и др.) и т. д.

14.1. Абразивные материалы

Веществами повышенной твердости, применяемыми в массивном или измельченном состоянии для механической обработки, являются абразивные материалы (табл. 14.1). Они разделяются на природные (алмаз, корунд, наждак, кварцевый песок, гранат, кремень и др.) и искусственные.

Природные материалы. *Алмаз природный* состоит из чистого углерода с небольшим количеством примесей. В промышленных целях используют технический алмаз. Отличается высокой твердостью, теплопроводностью, высоким модулем упругости, малыми коэффициентами линейного и объемного расширения, малой склонностью к адгезии с металлами, за исключением железа и его сплавов. Вместе с тем он хрупок, обладает анизотропией (прочность кристалла в различных направлениях изменяется в 500 раз). При нагревании свыше 700—800 °С переходит в графит.

Корунд состоит из α -модификации Al_2O_3 . Преимущественная область применения — для обработки металла и стекла свободными зёрнами, в меньшей степени для производства шлифовальных кругов и брусков для хонингования.

14.1. Физико-механические свойства искусственных и природных абразивных материалов

Материал	Плотность, г/см ³	Микротвер- дость, ГПа	Механическая прочность, Н, при зернистости 25	Теплоустой- чивость, °С
<i>Природные</i>				
Алмаз	3,48—3,56	98,4	—	700—800
Корунд	3,90—4,12	17,7—23,5	5,5—13,7	1700—1800
Гранат	3,53—4,32	13,7—16,7	3,9—7,8	1200—1250
Кремень	2,57—2,64	9,8—14,7	6,9—7,9	1500—1600
<i>Искусственные</i>				
Алмаз	3,47—3,56	84,4—98,1	14,7—55,9 *	700—800
Эльбор	3,45—3,49	78,5—98,1	7,6—9,0	1400—1500
Карбид бора	2,48—2,52	39,2—44,2	—	700—800
Карбид кремния:				
зеленый	3,15—3,25	32,4—35,3	11,0—14,7	1300—1400
черный	3,15—3,25	32,4—35,3	11,0—14,7	1300—1400
Электрокорунд:				
нормальный	3,85—3,95	18,9—19,6	8,8—10,7	1250—1300
белый	3,90—3,95	19,6—20,9	8,8—10,4	1700—1800
хромтитани- стый	3,95—4,00	19,6—22,6	10,3—10,8	1750—1850
циркониевый	4,05—4,15	22,6—23,5	589 **	1900—2000
Монокорунд	3,94—4,00	22,6—23,5	11,7—13,7	1700—1800
Сферокорунд	3,90—3,95	19,6—20,9	1,0—4,0	1700—1800
Формокорунд	3,95—4,05	18,9—19,6	—	1250—1300
Техническое стек- ло	2,50—2,60	3,9—8,8	—	500—600

* ГОСТ 9206—80Е. «Порошки алмазные. Технические условия».

** Для материала зернистости 125.

Наждак содержит корунд (10—30 %), связанный с магнетитом, гематитом или шпинелью. Область применения та же, что и у корунда.

Гранат представляет собой группу минералов, из которых наиболее пригодны для использования в абразивных целях альмандин и пироп. Шлифзерно и шлифпорошки из этих веществ применяют при изготовлении шлифовальной шкурки для обработки древесины, кожи, пластмасс; микрошлифпорошки — для полировки изделий из стекла.

Кремень является кварцесодержащим природным материалом. Для абразивного производства используют кремень, содержащий не менее 92 % SiO₂, не более 2 % CaO и не более 4 % глинистых минералов. Из кремния производят шлифзерно и шлифпорошки, применяемые для изготовления шлифовальной шкурки или в виде свободных зерен при обработке древесины.

Искусственные материалы. Алмаз *синтетический* — абразивный материал, получаемый из графита при высоких давлениях и температуре. По физическим свойствам синтетический алмаз идентичен природному и не уступает ему по абразивной способности. Применяется для всех видов алмазного абразивного инструмента.

Эльбор — синтетический материал на основе кубического нитрида бора (BN). Отличается высокой твердостью, теплостойкостью, высоким модулем упругости, низким коэффициентом линейного расширения, химической устойчивостью к кислотам, щелочам, инертностью к железу. При производстве возможно получать эльбор с различными свойствами и строением. Из эльбора изготавливают все виды абразивного инструмента.

Карбид бора состоит из 84—93 % кристаллического карбида бора (B_4C) и небольшого количества примесей бора, оксида бора, графита и др. Отличается высокой хрупкостью, из-за чего его выпускают в виде шлифматериалов для обработки свободными зёрнами твердосплавного инструмента.

Карбид кремния состоит из α -модификации SiC. Выпускается в виде зеленого и черного карбидов идентичных химических составов, отличающихся количеством примесей (у зеленого карбида кремния их меньше, поэтому черный более хрупок и обладает меньшей абразивной способностью). Из карбида кремния изготавливают все виды абразивного инструмента.

Электрокорунд — искусственный корунд, выпускаемый в виде нескольких разновидностей.

1. Нормальный электрокорунд содержит 93—95 % корунда, остальное — примеси, отличается высокой прочностью, вязкостью. Эти свойства обуславливают его широкое использование при обработке металлов, в том числе и на обдирочных операциях.

2. Белый электрокорунд состоит из 98—99 % корунда и примесей. Применяется для изготовления абразивного инструмента, шлифовальной шкурки, в виде микропорошков при обработке свободными зёрнами.

3. Хромотитанистый, хромистый или титанистый электрокорунд представляет собой электрокорунд, легированный хромом, титаном, что улучшает его абразивные свойства. Применяется для изготовления всех видов абразивного инструмента, обеспечивая значительное повышение производительности при обработке конструкционных и углеродистых сталей по сравнению с электрокорундом.

4. Циркониевый электрокорунд состоит из корунда и окиси циркония. Используется для изготовления обдирочных кругов. На обдирочных операциях стойкость таких кругов приблизительно в 40 раз превышает стойкость кругов из электрокорунда.

5. Монокорунд обладает высокими механическими и режущими свойствами. Применяется при изготовлении всех видов абразивного инструмента для обработки труднообрабатываемых сталей и сплавов.

6. Сферокорунд состоит из 99 % Al_2O_3 и примесей. Имеет вид полых сфер. Применяется при изготовлении шлифовальных кругов для обработки мягких, вязких материалов: цветных металлов, кожи, резины, пластмасс. Корундовые сферы при работе разрушаются, обнажая новые острые режущие кромки. Это позволяет достичь более высокой производительности.

7. Формокорунд состоит из 80—87 % Al_2O_3 , до 1,5 % Fe_2O_3 и примесей. Зерно корунда цилиндрической (С) формы диаметром 1,2—2,8 мм или призматической (Р) формы шириной 1,2—2,8 мм, длиной 3,8—8 мм. Применяется при производстве абразивного инструмента для тяжелых обдирочных работ.

Техническое стекло получают дроблением и делением на фракции боя листового и бутылочного стекла. Используют в виде шлифзерна и шлифпорошков при изготовлении шкурки для обработки древесины.

Характеристики абразивных материалов и области их применения. Условные обозначения наиболее распространенных абразивных материалов следующие: А — алмаз природный; АС — алмаз синтетический; АР — алмаз синтетический поликристаллический; Л — эльбор; $n\text{А}$ — материал на основе корунда (n — цифра, характеризующая конкретный материал); $n\text{С}$ — материалы на основе карбида кремния; КБ — карбид бора.

Область применения указанных абразивных материалов приведена в табл. 14.2.

Алмазные материалы выпускаются в виде порошков по ГОСТ 9206—80Е. В зависимости от размера зерен и способа получения порошки разделяются на шлифпорошки (размер зерен 3000—40 мкм), микропорошки (размер зерна 80—1 мкм и менее), субмикропорошки (размер зерен 1,0—0,1 мкм и менее). Зернистость обозначается дробью, в числителе которой указано число, равное размеру ячейки сита в микрометрах, через которую проходят зерна основной, преобладающей по массе фракции, а в знаменателе — число, равное размеру ячейки сита, на котором зерна задерживаются.

В зависимости от разности размеров ячеек верхнего и нижнего сит зернистость шлифпорошков может соответствовать узкому или широкому диапазону. Широкий диапазон зернистостей шлифпорошков составляет 63/40—2500/1600; узкий диапазон — 50/40—2500/2000. Микропорошки и субмикропорошки имеют зернистость 1/0—60/40.

По виду сырья алмазные порошки разделяются на порошки из природных (обозначаются буквой А), синтетических (обозначаются буквами АС) и синтетических поликристаллических алмазов (обозначаются буквами АР). К этим обозначениям добавляют для шлифпорошков из природных алмазов цифровой индекс, соответствующий 0,1 процентного содержания зерен изометрической формы, для порошков из синтетических алмазов цифровой индекс, характеризующий прочность на сжатие зерен данного мате-

14.2. Область применения абразивных материалов

Абразивный материал, марка	Абразивный инструмент	Область применения
Алмаз А, АС, АР	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, карандаши, рошлики	Шлифование, резка, доводка и отделка твердых сплавов, правка шлифовальных кругов
Эльбор ЛП; ЛО	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Окончательная обработка высокоточных заготовок из подшипниковых, инструментальных и труднообрабатываемых закаленных сталей инструментами из шлифовальных порошков на всех связках. Отделочные работы незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
Электрокорунд нормальный: 13А	Свободное зерно, пасты, круги, сегменты	Обдирочное шлифование стальных заготовок кругами на органических связках. Отделочные работы незакрепленным зерном
14А	Круги, бруски	Шлифование стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках
15А, 16А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Шлифование стальных заготовок кругами из шлифовального зерна и шлифовальных порошков на органической связке. Отделка стальных заготовок незакрепленным зерном, пастами и брусками
Электрокорунд белый: 23А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски	То же
22А, 24А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Шлифование закаленных стальных заготовок кругами, брусками из шлифовального зерна и шлифовальных порошков на всех связках. Отделочные работы шлифовальной шкуркой
25А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Скоростное шлифование, доводка стальных закаленных заготовок кругами, брусками из шлифовального зерна, шлифовальных порошков и микропорошков на керамических связках. Шлифование труднообрабатываемых сталей и сплавов. Отделочные работы шлифовальной шкуркой
Электрокорунд хромистый 33А, 34А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски	Шлифование, доводка и отделка изделий из углеродистых и конструкционных сталей в незакаленном и закаленном состояниях
Электрокорунд титанистый 37А	Круги, сегменты	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках

Абразивный материал, марка	Абразивный инструмент	Область применения
Электрокорунд циркониевый 38А	Круги, сегменты	Обдирочное силовое шлифование стальных заготовок кругами на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах
Монокорунд: 43А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Шлифование и заточка труднообрабатываемых сталей и сплавов инструментами из шлифовального зерна и шлифовальных порошков на керамических связках
44А, 45А	Бруски, шлифовальная шкурка	Отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
Электрокорунд хромотитанистый: 91А, 92А	Круги	Шлифование на получистовых и чистовых режимах закаленных изделий из углеродистых, конструкционных, быстрорежущих и труднообрабатываемых сталей кругами на всех связках
93А, 94А	»	Шлифование стальных закаленных и незакаленных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
	Свободное зерно, пасты	Отделка и доводка чугунных заготовок, а также заготовок из цветных металлов и их сплавов незакрепленными микропорошками
Карбид кремния черный: 52С	Круги, бруски, сегменты, шлифовальная шкурка	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов инструментами из шлифовальных порошков и микропорошков на всех связках. Шлифование, отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
54С	То же	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов инструментами из шлифовального зерна на всех связках. Отделочные работы шлифовальной шкуркой
Карбид кремния зеленого: 62С	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Обработка заготовок из чугуна, алюминия, меди, гранита, мрамора инструментами из шлифовальных порошков на всех связках. Отделка и доводка незакаленным зерном и шлифовальной шкуркой

Абразивный материал, марка	Абразивный инструмент	Область применения
63С	Круги, бруски, сегменты, шлифовальная шкурка	Обработка титановых и титанотанталовых твердых сплавов инструментами из шлифовального зерна на всех связках. Отделка и доводка шлифовальной шкуркой
64С	Свободное зерно, бруски, круги	Обработка заготовок из чугуна, меди, алюминия, гранита, мрамора инструментами из шлифовального зерна и микропорошков на всех связках. Скоростное шлифование заготовок из чугунов кругами на керамической связке. Отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
Смесь из зеленого и черного карбида кремния 60 %, 63С и 40 % 54С Карбид бора КБ	Круги, бруски, сегменты, шлифовальная шкурка Свободное зерно, пасты	Обработка заготовок из твердых сплавов, чугунов и цветных металлов Шлифование, отделка и доводка незакрепленным зерном деталей из твердых сплавов и чугунов

риала, для поликристаллического алмаза буквенный индекс: В — баллас, К — карбонадо, С — спеки. Алмазные микропорошки и субмикропорошки нормальной абразивной способности обозначаются буквами АМ и АСМ, а повышенной производительности — буквами АН и АСН. К обозначению субмикропорошков добавляют процентное содержание зерен крупной фракции (табл. 14.3).

Примеры условного обозначения шлифпорошка:

1) из синтетических алмазов марки АС6 зернистостью 160/125:

Шлифпорошок АС6 160/125 — ГОСТ 9206—80Е;

2) микропорошка марки АСМ зернистостью 40/28:

Микропорошок АСМ 40/28 ГОСТ 9206—80Е;

3) субмикропорошка марки АСМ5 зернистостью 0,5/0,1:

субмикропорошок АСМ5 0,5/0,1 ГОСТ 9206—80Е.

Алмазные зерна, имеющие покрытия, предназначены для изготовления алмазного инструмента. Вид покрытия и отношение массы алмазного порошка к массе покрытия (для зерен с карбидометаллическим покрытием) указываются в обозначении инструмента после зернистости. Буквенный индекс К обозначает покрытие карбидом вольфрама, КМ — покрытие пленками сплавов, содержащих кремний; А — покрытие карбидометаллической пленкой (отношение массы алмазного порошка к массе покрытия для разновидности А1 составляет 1 : 0,5; для разновидности А2 — 1 : 0,75; для разновидности А3 — 1 : 1).

14.3. Марки алмазных порошков, их характеристики и области применения (ГОСТ 9206—80Е)

Марка	Характеристика	Способ использования и область применения
A1; A2, A3	Шлифопорошки из природных дробленых алмазов с содержанием 10, 20 и 30 % зерен изометричной формы соответственно	Инструменты на металлических связках для обработки керамики, стекла, камня, бетона
A5, A8	То же, но с содержанием не менее 50 или 80 % зерен изометричной формы	Шлифовальные круги на металлических связках для обработки прочных бетонов, камня твердых пород, твердой керамики. Правящий и буровой инструменты, а также инструменты для стройиндустрии и камнеобработки
AC2	Шлифопорошки из синтетических алмазов повышенной хрупкости	Инструменты на органических связках для доводки и чистовой обработки твердых сплавов и сталей
AC4	То же, но большей прочности	Инструменты на органических и керамических связках для обработки твердых сплавов, керамики и других хрупких материалов
AC6	То же, но более высокой прочности	Инструменты на металлических связках, работающие на повышенных нагрузках
AC15	То же, но с высокими прочностными свойствами	То же
AC20, AC32, AC50	То же, но повышенной прочности	»
APB1	То же, но повышенной прочности и коэффициентом формы зерна не более 1,18	Инструменты для особо тяжелых условий работы (бурения, резки гранита, камня, корунда и т. д.)
APB1	Шлифопорошки из синтетических поликристаллических дробленых алмазов типа баллас	Инструменты для черного хонингования чугунов, резки стеклопластиков
APK4	То же, но из дробленых алмазов типа карбонадо	Инструменты для тяжелых условий работы (хонингования, камнеобработки)
APC3	То же, из дробленых алмазов типа «спеки»	Инструменты для особо тяжелых условий работы
AM, ACM	Микропорошки из природных (AM) или синтетических (ACM) алмазов нормальной абразивной способности	Доводка и полировка твердых и сверхтвердых труднообрабатываемых материалов, корунда, керамики, алмазов, драгоценных камней
АН, АСН	Микропорошки из природных (АН) или синтетических (АСН) алмазов с повышенным содержанием основной функции и повышенной абразивной способности	То же

Марка	Характеристика	Способ использования и область применения
АМ1, АМ5	Субмикropорошки из природных алмазов с содержанием крупной фракции до 1 (АМ1) или 5 % (АМ5)	Сверхтонкая доводка и полирование
АСМ1, АСМ5	То же, но из синтетических алмазов	То же

Эльборовые материалы выпускаются в виде порошков, применяемых для изготовления эльборового инструмента и для свободного резания. В зависимости от размера зерен они разделяются на шлифзерна (размеры зерен 160—500 мкм), шлифпорошки (размеры зерен 40—120 мкм), микрошлифпорошки (размеры зерен 1—63 мкм). Обозначение зернистости эльборовых материалов аналогично обозначению алмазных материалов узкого диапазона зернистостей.

В зависимости от вида сырья, способа получения, наличия покрытий и прочности эльбор производится следующих марок: ЛО — обычной механической прочности; ЛП, ЛКВ — повышенной прочности; ЛД — поликристаллический; ЛОМ, ЛОС — с покрытиями.

Опытным заводом ИСМ АН УССР выпускается материал на основе кубического нитрида бора под торговым названием «Кубонит» марок КР — монокристаллический и КРМ — металлизированный.

Материалы шлифовальные (ГОСТ 3647—80), кроме алмазных и эльборовых, по размеру зерен разделяются на шлифзерна (2000—160 мкм); шлифпорошки (125—40 мкм); микрошлифпорошки (63—14 мкм); тонкие микрошлифпорошки (10—3 мкм).

Зернистость шлифзерна и шлифпорошка обозначают цифровым индексом, равным 0,1 размера стороны ячейки сита в микрометрах, на котором задерживаются зерна основной фракции. Зернистость микрошлифпорошков обозначают буквенным индексом М и цифровым индексом, равным верхнему пределу размеров зерен основной фракции в микрометрах.

В зависимости от содержания основной фракции (высокое, повышенное, нормальное или допустимое — в такой последовательности уменьшается содержание основной фракции) обозначение зернистости дополняют буквенным индексом В, П, Н или Д. Шлифзерна выпускаются зернистостью 16-П—200-П; 16-Н—200-Н; 16-Д—25-Д; шлифпорошки — зернистостью 4-П—12-П; 4-Н—12-Н; микрошлифпорошки — зернистостью М5-В—М63-В; М5-П—М63-П; М5-Н—М63-Н; М7-Д—М40-Д. Каждый вид мате-

**14.4. Обозначения основных абразивных материалов,
выпускаемых отечественными предприятиями
и некоторыми зарубежными фирмами**

Абразивный материал	СССР	США		Ан- глия	Франция		
		Фирмы					
		«Нортон» (Norton Co.)	«Карборундум» (The Carborundum Co.)	«Дженерал электрик» (General Electric Co.)	«Универсал Криндинг вилл» (Universal Crinding wheel Co., Ltd)	«Меулс Рекс» (Meules Rex)	«Дурршмидт» (Durr-schmidt)
Абразивное зерно на основе кубического нитрида бора	Эльбор-ЛО, -ЛП, -Р			Боразон; боразон резцовый			
Карбид крем- ния: зеленый черный	64C, 63C, 62C 55C, 54C, 53C, 52C	39C 37C	GC C		C BC	66C 55C	4C C
Монокорунд	45A, 44A, 43A	32A					
Электрокорунд: цирконие- вый титанистый хромистый белый нормаль- ный	68A 37A 34A, 33A, 32A 25A, 24A, 23A, 22A 16A, 15A, 14A, 13A, 12A	68A, 66A, ZS, ZF 25A 38A A, 16A, 44A	 5A AA A		 WA A	 44A A	 99A A

Абразивный материал	ФРГ	Италия	Австрия	Швейцария	Япо- ния		
	Фирмы						
	«Наксос-Уннион» (<i>Naxos-Union</i>)	MSO	M-Ole	SiMAT	«Тиролит» (<i>Tyrolit</i>)	«Винтер» (<i>Winterf</i>)	«Шова Денко» (<i>Showa Denko K. K.</i>)
Абразивное зерно на основе кубического нитрида бора							
Карбид крем- ния: зеленый черный	SiC SiC	SCg SC21	CVC CNC	CW C	C IC	Vitocarbon »	GC C
Монокорунд							SA
Электрокорунд: цирконие- вый титанистый хромистый белый нормаль- ный	EK NK	EK _v NK _v	OBA ONA	WA A	28A, 24A, 14A 88A 89A A, 10A	Vitoneva Vitoborund	WA A-40, TA

риала также имеет определенную, ограниченную зернистость: карбид бора М1—16; зеленый карбид кремния М1—80; черный карбид кремния М5—160; нормальный электрокорунд М5—200; белый электрокорунд М5—80; хромотитанистый электрокорунд 6—200; микрокорунд 6—80; сферокорунд 50—250; кремнь 6—50; корунд М7—М40.

Обозначения шлифовальных материалов по ГОСТу и материалов, выпускаемых некоторыми иностранными фирмами, приведены в табл. 14.4.

14.2. Абразивный инструмент

Для абразивной обработки: шлифования, притирки, суперфиниширования и др. — служит абразивный инструмент. Он разделяется на инструмент на жесткой основе (круги, головки, сег-

**14.5. Степени твердости шлифовальных кругов,
выпускаемых отечественными предприятиями и зарубежными фирмами**

Обозначение степени твердости		Обозначение степени твердости		Обозначение степени твердости	
По зарубеж- ным стан- дартам	По ГОСТу	По зарубеж- ным стан- дартам	По ГОСТу	По зарубеж- ным стан- дартам	По ГОСТу
<i>F</i>	BM1	<i>L</i>	CM2	<i>Q</i>	CT3
<i>G</i>	BM2	<i>M</i>	C1	<i>R</i>	T1
<i>H</i>	M1	<i>N</i>	C2	<i>C</i>	T2
<i>I</i>	M2	<i>O</i>	CT1	<i>T, U</i>	BT
<i>J</i>	M3	<i>P</i>	CT2	<i>V, W, Y, Z</i>	CT
<i>K</i>	CM1				

П р и м е ч а н и е. Шкала степеней твердости имеет символический характер и не может быть использована для непосредственной замены импортного инструмента отечественным и наоборот.

менты, бруски), инструмент на гибкой основе (эластичные круги, шкурки, ленты), пасты, абразивные зерна.

Инструмент на жесткой основе. Характеризуется видом абразивного материала, его зернистостью, твердостью, структурой, связкой, классом точности, формой и размерами. Вращающийся инструмент дополнительно характеризуется классом неуравновешенности, а алмазный и эльборовый — концентрацией зерен в рабочем слое.

Каждый вид инструмента на жесткой основе представляет собой тело, образованное абразивными зернами, соединенными различными видами связок. Зерна могут свободно размещаться во всем объеме тела, находиться лишь в рабочем слое, могут быть ориентированы так, чтобы обеспечить наиболее эффективный процесс шлифования. В объеме тела инструмента или рабочего слоя имеются поры. Соотношение объема зерен, пор и связки определяет структуру инструмента.

Характеристики инструмента. Способность связки инструмента удерживать абразивные зерна характеризует твердость (табл. 14.5), которая определяется его назначением. Ниже приведены примеры требуемой степени твердости инструмента в зависимости от вида обработки:

BT—CT — правка абразивных инструментов; шлифование шариков шарикоподшипников и деталей часовых механизмов;

CT2—T2 — обдирочные операции, ведущиеся вручную (обработка крупных отливок и поковок); отрезка шлифовальными дисками, прорезка канавок; круглое наружное шлифование методом врезания при необходимости сохранить профиль круга, бесцентровое шлифование ведущими кругами, хонингование отверстий небольших диаметров;

С2—СТ2 — предварительное круглое наружное и бесцентровое шлифование сталей (преимущественно незакаленных) и ковкого чугуна;

С1—СТ1 — плоское шлифование сегментами и кольцевыми кругами на бакелитовой связке;

С2—СТ2 — хонингование и резбошлифование кругами на бакелитовой связке; профильное шлифование, обработка прерывистых поверхностей;

СМ1—С2 — чистовое и комбинированное круглое, наружное, бесцентровое и внутреннее шлифование стали, плоское шлифование периферией круга, резбошлифование деталей с крупным шагом;

С1—С2 — заточка режущих инструментов вручную;

СМ1—СМ2 — то же, но с механической или автоматической подачей;

М2—СМ2 — плоское шлифование торцом круга;

М2—М3 — заточка и доводка режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, шлифование труднообрабатываемых специальных сплавов.

Структура абразивного инструмента. По структуре инструмент разделяют на 12 групп, которым присваиваются номера от № 1 до № 12. Чем выше номер, тем меньше зерен, больше связки и пор. Структуры № 1—№ 4 относят к закрытым (плотным), структуры № 5—№ 8 — к средним, структуры № 9—№ 12 — к открытым (табл. 14.6). Круги на керамической связке иногда выполняют с повышенной пористостью. Структуры таких инструментов имеют размер пор до 3 мм, что больше размера абразивных зерен, и им присваивают номера от № 13 до № 18. При этом зернистость абразивного материала назначается на 1—3 разряда меньше, чем обычно.

На выбор структуры влияют материал детали, требования к качеству ее поверхности, вид и условия шлифования (табл. 14.6). Так, твердые и хрупкие материалы обрабатывают инструментом закрытых структур, чистовую обработку также осуществляют кругами закрытых структур.

Класс точности инструмента. В зависимости от требований к зерновому составу, предельным отклонениям поверхностей, их взаимному расположению, наличию сколов,

14.6. Структуры шлифовальных кругов в зависимости от вида обработки

Номер структуры	Вид обработки
3—4	Профильное шлифование при необходимости сохранить профиль круга, шлифование при больших, а также переменных нагрузках, отрезка
5—6	Круглое наружное шлифование, бесцентровое шлифование, плоское шлифование периферией круга и заточка инструмента
7—9	Плоское шлифование торцом круга, внутреннее шлифование
8—10	Шлифование и заточка инструментов
8—12	Резбошлифование мелкозернистыми кругами

14.7. Связки абразивных инструментов

Состав	Область применения		Особенности связки и инструмента на ее основе
	Абразивный инструмент	Вид обработки	
Не органические			
Керамическая К1—К10			
Огнеупорная глина, полевой шпат, тальк, кварц, растворимое стекло, декстрин	Шлифовальные круги, головки, бруски, сегменты	Все виды шлифования, за исключением прорезки узких пазов и разрезных работ, при окружной скорости шлифовального круга до 35 м/с и специального круга до 60 м/с	Высокая водоупорность, температурная и химическая стойкость. Шлифовальные круги хорошо сохраняют рабочий профиль инструмента, но чувствительны к ударным и изгибающим нагрузкам
Магнезиальная МГ			
Каустический магнетит и хлористый магний (магнезиальный цемент)	Шлифовальные круги	Сухое шлифование на заточных и зачистных операциях при обработке деталей прямого профиля, не требующих выдерживания точных размеров, с наибольшей допустимой окружной скоростью 20 м/с	Чувствительность к влаге и холоду, уменьшенное выделение тепла в зоне резания. Шлифовальные круги плохо сохраняют рабочий профиль
Силикатовая С			
Растворимое стекло (силикат натрия), окись цинка, мел, пластичная глина	Шлифовальные круги	Плоское сухое шлифование торцом круга; шлифование особо чувствительных к перегреву деталей, а также в случаях, когда круг имеет большую площадь контакта со шлифуемой деталью	Малая сцепляемость с зернами способствует их самозатачиванию. Круги размягчаются при работе с охлаждающей жидкостью
Металлическая М			
Медная или алюминиевая основа с добавлением других компонентов и наполнителей	Эльборовые и алмазные шлифовальные круги, головки, хонинговальные бруски, притиры	Все виды шлифования и доводки, где применяются алмазная обработка и обработка инструментом из эльбора	Высокая водоупорность, температурная и химическая стойкость. Инструменты хорошо сохраняют рабочий профиль, но склонны к засаливанию

Бакелитовая Б, Б1—Б4; БУ; Б156; БП2

Фенолформальдегидные смолы, фурфурол

Шлифовальные круги, головки, бруски

Плоское шлифование; прорезка узких пазов; обдирочные, заточные и отделочные работы; резьбошлифование при окружной скорости круга 50 м/с; отрезные работы при окружной скорости круга 80 м/с

Высокие прочность и упругость. Разрушается под действием 1,5 %-ной щелочной охлаждающей жидкости. Не выдерживает температуру более 250 °С

Глифталева Гф

Глифталева смола (синтез глицерина и фталевого ангидрида)

Шлифовальные круги

Чистовое и отделочное шлифование

Повышенная упругость по сравнению с бакелитовой связкой

Вулканитовая В; В1—В5

Каучук и наполнители (окись магния, окись цинка, сажа и др.)

Шлифовальные круги и диски (жесткие и гибкие); ведущие круги для бесцентрового шлифования

Прорезка узких пазов и их шлифование; отрезные работы при окружной скорости круга 80 м/с, шлифование и полирование фасонных поверхностей, шлицев, резьб; декоративное полирование до $R_a = 0,1$ мкм эластичными кругами при окружной скорости, не превышающей 18 м/с

Отличается высокой упругостью. Разрушается при температуре, превышающей 150 °С. Не пригодна для снятия больших припусков, так как имеет плотную структуру и склонна к засаливанию.

Шлифовальные круги могут изготавливаться тонкими

Вулканитовая СКН

Синтетический каучук

Шлифовальные круги для шлифования резьбы с мелким шагом

То же

То же

Клеи, лаки

Мездровый, казеиновый клей, жидкое стекло, синтетические смолы, шеллак и другие лаки

Шкурки, ленты, полировальные диски

Сухое шлифование и полирование резины, металлов, дерева, пластмасс

Наиболее устойчивый при нагреве мездровый клей по ГОСТу 3252—80*. Водоустойчивые шеллак и другие лаки

трещин и раковин абразивный инструмент выпускается трех классов точности: АА, А и Б (шлифовальные круги), а остальные инструменты — двух классов: А и Б.

Точность изготовления инструмента из эльбора и алмазов регламентируется техническими условиями на каждый вид инструмента (ГОСТ 24106—80* Е и ГОСТ 16191—82 — на круги и т. д.).

К л а с с н е у р а в н о в е ш е н н о с т и и н с т р у м е н т а . Во многом определяет производительность обработки, качество поверхности детали, стойкость шлифовальных кругов. В соответствии с требованиями ГОСТ 3060—75 круги по неуравновешенности масс разделяются на 4 класса.

Круги класса точности АА должны соответствовать 1-му классу неуравновешенности, круги класса точности А — 1-му или 2-му, а круги класса точности Б — 1, 2 или 3-му классу неуравновешенности. Класс неуравновешенности кругов из эльбора на керамических связках должен быть 1-м или 2-м.

С в я з к а . Оказывает существенное влияние на режущую способность абразивного инструмента, а следовательно, и на процесс шлифования.

Предназначена для закрепления абразивных зерен и наполнителя. Основой (преобладающим компонентом) связки могут быть различные органические и неорганические материалы (табл. 14.7). Так, в керамических связках — боросиликатное стекло, в металлических — алюминий, медь, железо, цинк, олово и другие металлы, в органических — пульвербакелит и т. д. Кроме основы в связки вводятся и клеящие вещества (декстрин, жидкое стекло) и отвердители (уротропин). В состав органических связок для алмазного инструмента входят наполнители (карбид бора в связку марки Б1, железный порошок в связку марки Б2, карбид кремния зеленый в связку марки Б4, дробленая резина в связку марки БР).

Вид связки маркируется на инструменте буквенными индексами: «К», «Б», «В» — абразивные инструменты из обычных материалов; «К», «О», «М» — абразивные инструменты из эльбора; связки для алмазного инструмента маркируются в соответствии с их разновидностями, приведенными в табл. 14.8. Иногда (например, для отрезных кругов на бакелитовой связке) в состав связки вводят упрочняющие элементы. При этом к обозначению связки добавляют индекс «у». Кроме приведенных связок при изготовлении высокопористых кругов находит применение поропластовая или эпоксидно-каучуковая связка. Поропластовая связка — вспененный поливинилформаль. Пористость кругов — до 80 %. Эпоксидно-каучуковая связка (ЭК) на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера отличается повышенной химической стойкостью.

Концентрация зерен в абразивном слое является характеристикой режущей способности инструмента из эльбора и алмазного инструмента. За 100 %-ную концентрацию принимается содержа-

14.8. Основные марки связок для алмазного инструмента

Марка связки	Вид и материал связки	Наполнитель	
		Материал	Объемное содержание, %
Б1	<i>Органическая</i> Новолачная фенолформальдегидная смола с уротропином — пульвербакелит (ПБ)	Карбид бора	50
Б2		Железный порошок ПЖ1-ПМ5	75,8
Б3		Электрокорунд белый Препарат С1 (коллоидно-графитовый)	55,2 5
Б4		Карбид кремния зеленый	56,2
Б8		Барий серноокислый Тальк медицинский	46,6 18,6
БР		Резина дробленая	32,5
Б156		Карбид бора Смесь порошков цветных металлов	10,0 40,0
БП2		Карбид бора Порошок меди и др.	10,0 40,0
КЛ	<i>Керамическая</i> Боросиликатное стекло	Керамический шамот Карбид бора Алюминий	46 7,5 8,5
М1, М1П, МО16 МО13 МО137 МС15	<i>Металлическая</i> Смесь порошков меди, олова Смесь порошков меди, алюминия, цинка То же, но с кадмиевым порошком Смесь порошков меди, олова, хрома, кобальта	—	—

ние 0,878 г (4,4 карата) зерен эльбора или алмаза в 1 см³ абразивного слоя.

В промышленности находят применение инструменты с 25-, 50-, 75-, 100-, 125- и 150 %-ной концентрацией эльбора или алмаза. При маркировке алмазного инструмента концентрация обозначается цифровым индексом. Относительная 25 %-ная концентрация маркируется цифрой 1, 50 %-ная — цифрой 2, 75 %-ная — цифрой 3, 100 %-ная — цифрой 4, 125 %-ная — цифрой 5, 150 %-ная — цифрой 6. При маркировке инструмента из эльбора цифровой индекс должен соответствовать относительной концентрации (100 %-ная концентрация не маркируется).

З е р н и с т о с т ь и н с т р у м е н т а. Выбирается в зависимости от условий обработки. Так, зернистость 160 и более рекомендуется при обдирочном силовом шлифовании; 125—80 — при обдирочных операциях, при зачистке отливок, поковок, штамповочных и других заготовок; 80—50 — при плоском шлифовании торцом круга, заточке средних и крупных резцов, правке абразивного инструмента, отрезке; 63—25 — при предварительном и комбинированном шлифовании (предварительное и окончательное шлифование выполняются без съема изделия со станка), заточке режущего инструмента; 32—16 — при чистовом шлифовании, обработке профильных поверхностей, заточке мелкого инструмента, шлифовании хрупких материалов; 12—6 — при отделочном шлифовании, доводке твердых сплавов, доводке режущего инструмента, предварительном хонинговании, заточке тонких лезвий; 6—4 — при отделочном шлифовании металлов, стекла, мрамора и т. п., резьбошлифовании, чистовом хонинговании; М40 и мельче — при суперфинишировании, окончательном хонинговании, доводке тонких лезвий измерительных поверхностей калибров, резьбошлифовании изделий с мелким шагом.

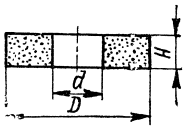
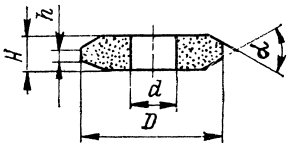
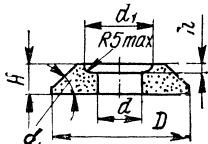
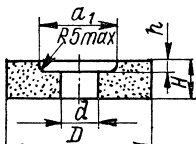
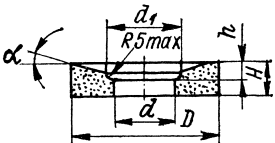
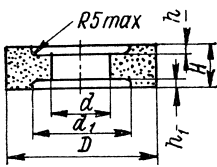
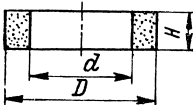
Разновидности инструмента. Ш л и ф о в а л ь н ы е к р у г и общего назначения. В табл. 14.9 приведены типы и размеры *шлифовальных кругов* (кроме алмазных и эльборовых) на керамической (К), бакелитовой (Б) или вулканитовой (В) связках по ГОСТ 2424—83.

Области применения шлифовальных кругов различной формы и их отличительные особенности приведены в табл. 14.10.

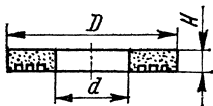
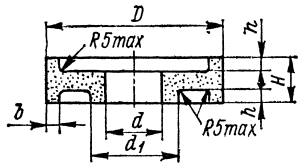
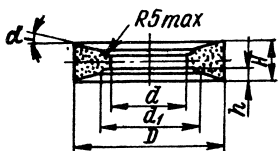
Твердость кругов — по ГОСТ 18118—79*, ГОСТ 19202—80, ГОСТ 21322—75*Е; класс точности кругов — АА, А или Б; зерновой состав — с индексами В и П для кругов класса АА; В; П и Н — для кругов класса А; В, П, Н и Д — для кругов класса Б; Классы неуравновешенности: 1 — для кругов класса АА; 1 и 2 — для кругов класса А; 1, 2 и 3 — для кругов класса точности Б.

Механическая прочность кругов должна обеспечивать работу при окружных скоростях: 30; 35; 40; 50; 60; 80 м/с (круг типа ПП); 30; 35; 40; 50; 60 м/с (круг типа ЧП); 25; 30; 35 м/с (круги типов ПН, К); 20; 25; 30 м/с (круги типов ЧК; ЧЦ; Т; 1Т); 15; 25; 30; 35; 50 м/с (прочие).

14.9. Шлифовальные круги на керамической, бакелитовой, вулканитовой связках (ГОСТ 2424—83)

Тип, наименование и основные размеры	Эскиз
ПП — прямого профиля $D = 3 \div 1060$ мм, $H = 1 \div 250$ мм, $d = 1 \div 305$ мм	
2П — двухстороннего конического профиля $\alpha = 40$ или 60°, $D = 250 \div 500$ мм, $H = 10 \div 32$ мм, $d = 76 \div 203$ мм, $h = 4 \div 8$ мм	
3П — конического профиля $\alpha = 10; 15; 18; 20; 35; 45^\circ$, $D = 63 \div 500$ мм, $H = 10 \div 50$ мм, $d = 10 \div 203$ мм, $h = 5 \div 25$ мм	
ПВ — с выточкой $D = 10 \div 600$ мм, $H = 13 \div 100$ мм, $d = 3 \div 305$ мм, $d_1 = 5 \div 424$ мм, $h = 6 \div 30$ мм	
ПВК — с конической выточкой $\alpha = 10; 15; 20^\circ$, $D = 300 \div 750$ мм, $H = 50$ или $H = 80$ мм, $d = 127 \div 305$ мм, $h = 25; 35$ мм	
ПВД — с двухсторонней выточкой $D = 100 \div 900$ мм, $H = 25 \div 250$ мм, $d = 32 \div 305$ мм, $d_1 = 88 \div 315$ мм, $h = 8 \div 40$ мм, $h_1 = 8 \div 85$ мм	
К — кольцевые $D = 200$ или $D = 300$ мм, $H = 80 \div 160$ мм, $d = 76 \div 250$ мм	

Тип, наименование и основные размеры							Эскиз	
ЧЦ — чашечные цилиндрические								
D, мм	40	50	80	100	125	150		
H, мм	25	32	40	50	63	80		
d, мм	13		20		32; 51			
d1, мм	32	40	50; 65	80	100	125		
h, мм	20	25	32	25; 40	50	65		
D, мм	200		250		300			
H, мм	40	63	80	100				
d, мм	51; 32	76		127; 150	127			
d1, мм	165		125; 195; 200		250			
h, мм	27; 50		48; 75		75			
ЧК — чашечные конические								
D, мм	50	80	100	125				
H, мм	25	32	40	25	40	45		50
d, мм	13	20		32		20; 32		
d1, мм	40	65	80	84	100	88		
D, мм	150		250		300			
H, мм	40	50	140	150				
d, мм	32		100		150			
d1, мм	120	130	190	230				
$h = 16 \div +110 \text{ мм},$ $\alpha = 50 \div 80^\circ,$ $\alpha_1 = 45 \div 80^\circ$								
Т — тарельчатые								
D, мм	80	100	125	150	200	250		
H, мм	8	10	13	16	20	25		
d, мм	13	20	32					
d1, мм	30	40	50	60	80	100		
h, мм	3	4	5	6	8	10		
h1, мм	2		3	4	4	6		
$b = 4 \div 13 \text{ мм}; \alpha = 15^\circ$								
1Т — тарельчатые								
D, мм	100	150	200	250	300	350		
H, мм	10	16	20	25	20; 25	40		
d, мм	20	32		127				
d1, мм	40	80; 60	80	180	185	200		
h, мм	4	6	8	10	—	—		
h1, мм	2; 3	2; 4	4	5; 6	2	—		
$\alpha = 15; 30; 45^\circ \quad \alpha_1 = 7; 10^\circ$								

Тип, наименование и основные размеры	
ПН — с запрессованными крепежными элементами $D = 400 \div 600$ мм, $H = 500 \div 75$ мм, $d = 160 \div 305$ мм	
ПВДС — с двухсторонней выточкой и ступицей $D = 150 \div 300$ мм, $H = 8 \div 20$ мм, $d = 32 \div 127$ мм, $d_1 = 65; 125; 180$ мм, $h = 2 \div 6$ мм, $b = 6; 8; 10$ мм	
ПВДК — с двухсторонней конической выточкой $D = 150$ мм, $H = 80$ мм, $d = 305$ мм, $d_1 = 500$ мм, $h = 16$ мм, $\alpha = 5^\circ$	
П р и м е ч а н и е. Круги выпускаются из шлифовальных материалов зернистостью: электрокорунд (18А; 15А; 14А; 13А; 12АР) — 50—4, белый корунд (25А; 24А; 23А) и карбид кремния зеленый (64С; 63С) — 50—М10, хромотитанистый электрокорунд (94А; 93А; 92А; 91А) — 50—6, монокорунд (45А; 44А; 43А) и карбид кремния черный (55С; 54С; 53С) — 50—5.	

14.10. Области применения шлифовальных кругов различного профиля

Тип круга	Область применения
ПП ПВ; ПВК; ПВДК; ПВД ПН 2П; 3П К ЧЦ, ЧК Т; 1Т	Круглое наружное шлифование изделий при $D < 1000$ мм. Круглое внутреннее шлифование отверстий при $D \leq 150$ мм. Бесцентровое шлифование деталей при $D \leq 600$ мм. Плоское шлифование периферией круга. Заточка инструментов, резбо-, шлице-, зубошлифование То же, но с возможностью более прочного закрепления во фланцах, уменьшения площади соприкосновения боковой поверхности с буртиками и фланцами изделий, возможностью подрезания торцов, буртиков, уступов Обдирочное шлифование Заточка многолезвийных инструментов, шлифование зубьев шестерен, резбошлифование Плоское шлифование Заточка инструментов, плоское шлифование Заточка и доводка передних граней зубьев фрез, заточка червячных фрез, обработка зубьев долбяков

Маркировка кругов должна включать товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение круга (табл. 14.11), окружную скорость круга без указания единицы (м/с), номер партии.

Типы, размеры и обозначения *эльборовых и алмазных кругов* приведены в табл. 14.12. Механическая прочность кругов из эльбора должна обеспечивать работу при окружных скоростях 35; 40 и 50 м/с.

Маркировка кругов диаметром более 200 мм из эльбора должна включать: товарный знак предприятия-изготовителя, тип, размер круга по ГОСТ 17123—79*Е, марку эльбора, зернистость, степень твердости кругов на керамической связке, марку связки кругов на керамической связке К, окружную скорость круга (кроме 35 м/с) на керамической связке, относительную концентрацию эльбора (100 %-ная концентрация не маркируется), номер партии (или круга), обозначение стандарта. В маркировку кругов диаметром 50—2000 мм входят: зернистость, твердость, относительная 100 %-ная концентрация. Пример условного обозначения (без знака предприятия) приведен в табл. 14.11.

Алмазные круги * должны иметь маркировку, которая содержит: товарный знак предприятия-изготовителя, марку и зернистость алмазного порошка, относительную концентрацию алмазов, марку связки, номер круга, последние две цифры года изготовления. Пример условного обозначения кругов дан в табл. 14.11. Рекомендуются зернистость и области применения алмазных и эльборовых кругов различной формы приведены в табл. 14.13 и табл. 14.14.

Оценка режущей способности шлифовальных кругов производится в зависимости от следующих факторов.

Шлифовальных кругов (ГОСТ 2424—83) — по режущей способности кругов Q_N [мм³/(мин·мм)], приведенной к единице высоты круга, и по коэффициенту шлифования K :

$$Q_N = \frac{W_m}{t_m B_K},$$

где W_m — объем снятого металла, мм³; t_m — машинное время шлифования, мин; B_K — высота круга, мм;

$$K = W_m / W_a,$$

где W_a — объем изношенной (с учетом расхода на правку) части шлифовального круга, мм³. В зависимости от вида работ, режимов обработки, приведенных в стандарте, $Q_N \geq 50 \div 150$; $K \geq 2,5 \div 12$.

Эльборовых кругов (ГОСТ 24106—80*Е) — по коэффициенту шлифования, равному отношению массы снятого материала

* Механическая прочность алмазных кругов должна обеспечивать работу при скоростях, приведенных в табл. 14.36.

14.11. Примеры условного обозначения абразивного инструмента

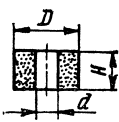
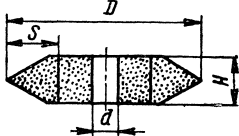
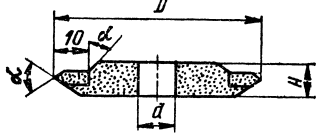
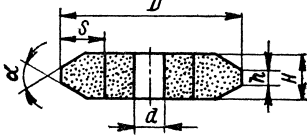
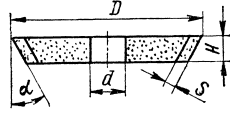
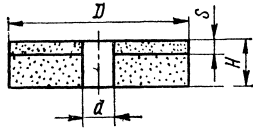
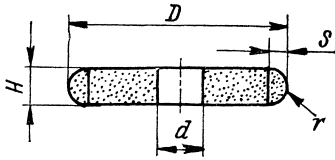
Характеристика инструмента	Условное обозначение
Круг шлифовальный типа ПП с размерами $D \times d \times H$, мм, из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 10-П, степенью твердости С2, со структурой № 7, на керамической связке К5, с рабочей скоростью 35 м/с, класс точности А, 1-го класса неуравновешенности (ГОСТ 2424—83)	<i>ПП $D \times H \times d$ 24А 10-П С2 7 К5 35 м/с А1 кл. ГОСТ 2424—83</i>
Круг эльборовый типа 1Е1 с размерами $D \times H \times d$, мм, толщиной эльбороносного слоя S , из эльбора	<i>1Е1 $D \times H \times d \times S$ ГОСТ 17123—79*Е</i>
Круг алмазный формы 1А1 с размерами $D \times H \times d \times C$	<i>2720-0139 ГОСТ 16167—80</i>
Головка шлифовальная типа АW диаметром D , высотой H из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 25-Н, степени твердости СТ1, со структурой № 6, на керамической связке К, с рабочей скоростью 35 м/с, класса точности А	<i>АW $D \times H$ 24А 25-Н СТ1 6 К А 35 м/с ГОСТ 2447—82</i>
Головка шлифовальная алмазная формы АГЦ с размерами $D = 16$ мм, $H = 13$ мм	<i>2748-0001 ГОСТ 17116—71*</i>
Брусок шлифовальный типа БП с размерами $B \times H \times L$ из зеленого карбида кремния марки 63С, зернистостью 6-Н, степени твердости С2, со звуковым индексом 33, структурой № 7, на бакелитовой связке Б, класса точности А	<i>БП $B \times H \times L$ 63С 6-Н С2-337 БА ГОСТ 2456—82</i>
Брусок хонинговальный алмазный (ГОСТ 5.1826—73*) размерами $B \rightarrow H \times L \times r$, из синтетических алмазов марки АС4, зернистостью 160/125, на металлической связке со 100 %-ной концентрацией алмазов, марки М1	<i>Брусок 2768-0123 АСУ 160/125-100-М1 ГОСТ 5.1826—73*</i>
Сегменты шлифовальные типа 5С с размерами $B \times H \times L$, из нормального электрокорунда марки 14А, зернистостью 40-Н, степени твердости С1, со звуковым индексом 33, структурой № 6, на бакелитовой связке Б, класса точности А	<i>5С $B \times H \times L$ 14А 40-Н С1-33 65А ГОСТ 2464—82*</i>

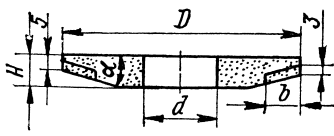
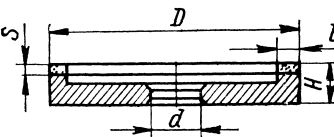
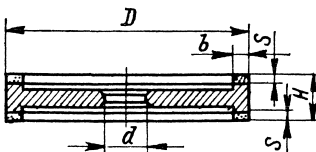
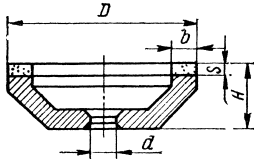
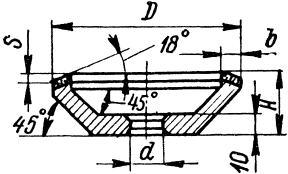
Характеристика инструмента	Условное обозначение
Шкурка водостойкая тканевая (ГОСТ 13344—79*) двухслойная типа 2 со шлифующим материалом, нанесенным электростатическим способом, шириной B (мм), длиной L (м), на тканевой основе из гладкокрашенной утяжеленной саржи № 1, из карбида кремния зеленого марки 63С, зернистостью 40-Н (1-й слой) и 25-П, на смоле СФЖ, класса А	<i>Шкурка Д2Э В×L У1Г 63С 40-Н/25-П СФЖ А ГОСТ 13344—79*</i>
Шкурка водостойкая бумажная (ГОСТ 10054—82) шириной B (мм), длиной L (м), из карбида кремния зеленого марки 64С, зернистостью 16-П, класса А	<i>Водостойкая В×L 64С 16-П А ГОСТ 10054—82</i>
Шкурка неводостойкая тканевая (ГОСТ 5009—82) типа 1 с абразивным материалом, нанесенным электростатическим способом, шириной B (мм), длиной L (м), на тканевой основе марки ЛОГ, из электрокорунда марки 15А, зернистостью 5-Н, на мездровом клее, класса А	<i>1ЭВ×L ЛОГ 15А 5-Н МА ГОСТ 5009—82</i>
Шкурка неводостойкая бумажная (ГОСТ 6456—82*) типа 1 с абразивным материалом, нанесенным электростатическим способом, шириной B (мм), длиной L (м), на бумажной основе 0-200 (П2), из электрокорунда марки 15А, зернистостью 25-Н, на мездровом клее, класс А	<i>Шкурка 1Э В×L П2 15А 25-Н МА ГОСТ 6456—82*</i>
Шкурка шлифовальная алмазная (ТУ2-037-88—78) с размерами L (м), B (мм), из синтетических алмазов марки АС6, зернистостью 100/80	<i>Шкурка L×B АС6 100/80 ТУ2-037-88—78</i>
Шкурка шлифовальная эльборовая (ОСТ 2И74-6—77) типа ЭС, шириной B (мм), длиной L (м), из эльбора марки ЛО, зернистостью 160/125	<i>Шкурка ЭС В×L ЛО 160/125 ОСТ 2И74-6—77</i>
Лист шлифовальный (ГОСТ 22773—77*) с размерами $B×L$, из электрокорунда марки 15А, зернистостью 16-Н, из шлифовальной шкурки класса А (ГОСТ 6456—82*) на бумажной основе 0-200 (П2), класса Б	<i>ЛВ×L 15А16—НА П2Б ГОСТ 22773—77*</i>

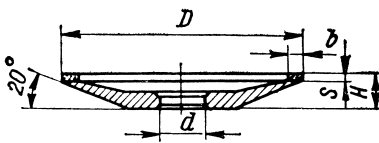
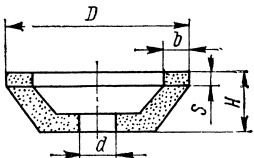
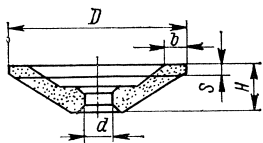
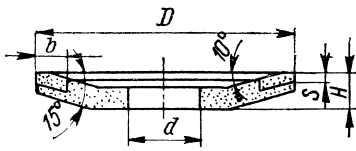
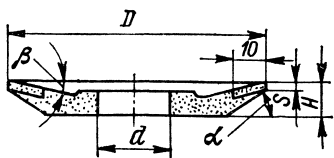
Характеристика инструмента	Условное обозначение
Диск шлифовальный с отверстием d , размерами $D \times d$, из карбида зеленого марки 63С, зернистостью 6-П, из шлифовальной шкурки класса Б (ГОСТ 6456—82*), на бумажной основе 0-200 (П2), класса А	<i>ДО $D \times d$ 63С 6-П Б1 П2 А ГОСТ 22773—77*</i>
Круг шлифовальный лепестковый (ГОСТ 22775—77) из шкурки класса А (ГОСТ 5009—82), с размерами $D \times H \times d$, мм, из электрокорунда марки 15А, зернистостью 5-П, на сарже С2Г, класс А	<i>КЛО $D \times H \times d$ 15А 5-П А2С2ГА ГОСТ 22775—77</i>
Лента шлифовальная бесконечная исполнения 1, шириной B (мм), длиной L (мм), из электрокорунда марки 15А, зернистостью 25-Н, из шкурки класса А (ГОСТ 5009—82), на саржевой основе марки У2Г, класса Б	<i>ЛБ $B \times L$ 15 А 25-Н А2 У2ГБ</i>
Алмазная (А) лента (Л) полировальная (П) с шириной алмазного слоя B , из порошков марки АС2, зернистостью 63/50, со 100 %-ной концентрацией, на каучукосодержащей связке Р9	<i>АЛП В АС2 63/50-100-Р9 ТУ2-037-198—77</i>
Диск фибровый (ГОСТ 8692—82) типа 1, с размерами $D \times d$, из электрокорунда марки 15А, зернистостью 16-П на бакелитовой связке, класса А	<i>1 $D \times d$ 15А-16-ПБА ГОСТ 8692—82</i>
Алмазный (А) эластичный (Е) диск (Д) с размерами 200×60 мм, из порошков синтетических алмазов марки АС2, зернистостью 80/63, со 100 %-ной концентрацией алмазов, на каучукосодержащей связке марки Р1	<i>АЕД 200×600 АС2 80/63-100-Р1 ТУ2-037-197—73</i>

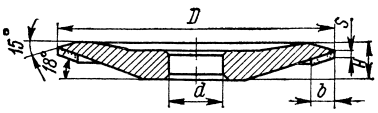
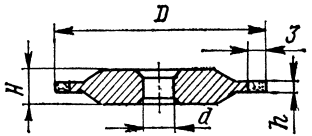
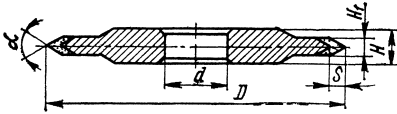
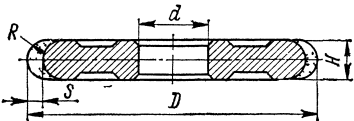
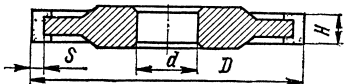
14.12. Эльборовые (ГОСТ 17123—79) и алмазные шлифовальные круги на органической, керамической и металлической связках

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
Алмазные (ГОСТ 16167—80) типа 1А1 — плоские прямого профиля $D = 16 \div 500$ мм, $H = 2 \div 100$ мм, $d = 6 \div 203$ мм, $S = 2 \div 6$ мм Эльборовые типа 1А1, исполнение 1 (без выточек на корпусе) $D = 25 \div 500$ мм, $H = 4 \div 50$ мм, $d = 6 \div 305$ мм, $S = 5 \div 20$ мм Эльборовые типа 1А1, исполнение 2 $D = 100 \div 250$ мм, $H = 5 \div 25$ мм, $d = 20 \div 127$ мм, $S = 3 \div 5$ мм	

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
Алмазные (ГОСТ 16168—80Е) типа А8 — плоские прямого профиля без корпуса $D = 6 \div 13$ мм, $H = 6 \div 10$ мм, $d = 2 \div 4$ мм Эльборовые типа А8 $D = 1 \div 22$ мм, $H = 0,8 \div 25$ мм, $d = 0,5 \div 8$ мм	
Эльборовые типа 1Е1 — плоские с двухсторонним коническим профилем $D = 25 \div 150$ мм, $H = 8; 10$ мм, $d = 8 \div 51$ мм, $S = 10; 15$ мм, $\alpha = 40; 60^\circ$	
Эльборовые типа 1Е6 — плоские с двухсторонним коническим профилем $D = 75 \div 500$ мм, $H = 6 \div 13$ мм, $d = 20 \div 305$ мм, $h = 3 \div 6$ мм, $\alpha = 45; 55; 60^\circ$	
Эльборовые типа 1Д1 — плоские с двухсторонним коническим профилем $D = 60 \div 500$ мм, $H = 10 \div 20$ мм, $d = 13 \div 305$ мм, $S = 15 \div 25$ мм, $\alpha = 15; 30; 40; 60^\circ$	
Эльборовые типа 1V1 плоские с односторонним коническим профилем $D = 100 \div 250$ мм, $H = 8 \div 32$ мм, $d = 32; 76$ мм, $S = 5 \div 15$ мм, $\alpha = 15; 20; 30^\circ$	
Эльборовые типа 1А2 — плоские прямого профиля $D = 400$ мм, $S = 5$ мм, $d = 160; 127$ мм, $H = 5; 10; 15; 20$ мм	
Эльборовые типа 1F1X — плоские с полукругло-выпуклым профилем $D = 35 \div 135$ мм, $H = 5 \div 29$ мм, $d = 10 \div 32$ мм, $S = 5 \div 12,5$ мм, $r = 5 \div 17$	

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
Эльборовые типа 4V9 профильные $D = 200; 250$ мм, $H = 16; 20$ мм, $d = 32; 50,8$ мм, $b = 3; 12; 16; 25$ мм, $\alpha = 15; 20^\circ$	
Алмазные (ГОСТ 16170—81Е) типа 6А2 — плоские с выточкой $D = 50 \div 300$ мм, $H = 22 \div 33$ мм, $d = 16 \div 127$ мм, $b = 3 \div 60$ мм, $S = 2 \div 6$ мм Эльборовые типа 6А2 — плоские с выточкой $D = 75 \div 250$ мм, $H = 23 \div 30$ мм, $d = 20 \div 76$ мм, $S = 3 \div 50$ мм, $b = 5 \div 40$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16171—81Е) типа 9А3 — плоские с двухсторонней выточкой $D = 100 \div 250$ мм, $H = 20 \div 37$ мм, $d = 51 \div 76$ мм; $S = 3 \div 4$ мм; $b = 6 \div 20$ мм Эльборовые типа 9А3 — плоские с двухсторонней выточкой $D = 100$ и 250 мм, $H = 20; 21$ мм, $d = 32; 76$ мм; $S = 3$ мм, $b = 3 \div 20$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16172—80*Е) типа 12А2 — 45° — чашечные конические $D = 50 \div 250$ мм, $H = 19,5 \div 52$ мм, $d = 16 \div 76$ мм, $S = 3 \div 5$ мм, $b = 2 \div 20$ мм Эльборовые типа 12А2 — 45° — чашечные конические $D = 50 \div 200$ мм, $H = 20 \div 29$ мм, $d = 16 \div 32$ мм, $S = 3 \div 6$ мм, $b = 3 \div 20$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16174—81Е) типа 12V5 — 45° — чашечные конические $D = 50 \div 150$ мм, $H = 20 \div 40$ мм, $d = 16 \div 51$ мм, $S = 3 \div 5$ мм, $b = 3 \div 6$ мм Эльборовые типа 12V5 — 45° — чашечные конические $D = 125; 150$ мм, $S = 3; 6$ мм, $H = 39; 41$ мм, $b = 3; 6$ мм	

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
Алмазные (ГОСТ 16175—81Е) типа 12А2—20° — тарельчатые $D = 50 \div 250$ мм, $H = 6 \div 23$ мм, $d = 10 \div 51$ мм, $S = 2$ мм; $b = 3 \div 10$ мм Эльборовые типа 12А2 — 20° — тарельчатые $D = 50 \div 200$ мм, $H = 10 \div 21,5$ мм, $d = 10 \div 51$ мм, $S = 1,5; 3$ мм, $b = 3 \div 10$ мм	
Эльборовые чашечные конические типа 11А2 $D = 75 \div 150$ мм, $H = 35; 50$ мм, $d = 20; 32$ мм, $b = 5; 10$ мм, $S = 3 \div 5$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16177—82Е) типа 12V5 — 20° — тарельчатые $D = 32 \div 150$ мм, $H = 5 \div 16$ мм, $d = 10 \div 51$ мм, $S = 1 \div 3$ мм, $b = 1,5 \div 10$ мм Эльборовые типа 12V5 — 20° — тарельчатые $D = 50 \div 125$ мм, $H = 10; 11,5$ мм, $d = 16 \div 32$ мм, $S = 1,5; 3$ мм, $b = 3,5$ мм	См. тип 12V5 — 45°, но вместо угла 45° — угол 20°
Алмазные (ГОСТ 16176—82Е) типа 12V4 — тарельчатые $D = 50 \div 150$ мм, $H = 6 \div 16$ мм, $d = 16 \div 51$ мм, $S = 1,5 \div 3$ мм, $b = 1 \div 5$ мм Эльборовые типа 12R4 — тарельчатые $D = 75 \div 200$ мм, $H = 10 \div 20$ мм, $d = 20; 32$ мм, $S = 1,5 \div 5$ мм, $b = 2 \div 5$ мм	
Эльборовые типа 12R9 — тарельчатые $D = 100; 125; 150$ мм, $H = 10; 13; 16$ мм, $d = 20; 32$ мм, $b = 10; 15$ мм, $S = 2 \div 8$ мм	
Эльборовые типа 12V9 — тарельчатые $D = 220; 225; 275$ мм, $H = 20; 18; 20$ мм, $d = 40 \div 90$ мм, $S = 2 \div 8$ мм, $\alpha = 18; 20^\circ$, $\beta = 4,5; 10; 12; 15^\circ$	

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
Алмазные (ГОСТ 16178—82Е) типа 12D9 — тарельчатые $D = 125 \div 300$ мм, $H = 13 \div 25$ мм, $d = 32 \div 76$ мм, $b = 4 \div 60$ мм, $S =$ $= 2; 3$ мм	
Эльборовые типа 14A1 — плоские прямого профиля $D = 75; 100$ мм, $H = 6$ мм, $d =$ $= 20$ мм, $h = 3; 5$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16179—82Е) типа 14EE1X — плоские с двухсторонним коническим профилем $D = 25 \div 400$ мм, $H = 3 \div 10$ мм, $d = 6 \div 203$ мм, $H_1 = 3 \div 6$ мм, $S =$ $= 2 \div 5$ мм, $\alpha = 30; 40; 60; 90; 120^\circ$ Эльборовые типа 14EE1X — плоские с двухсторонним профилем $D = 50; 125; 350; 400$ мм, $d = 16;$ $32; 127; 203$ мм, $S = 3; 5$ мм, $H =$ $= 5$ мм, $H_1 = 3$ мм, $\alpha = 35, 45;$ $60; 90^\circ$	
Алмазные (ГОСТ 16180—82Е) типа 1FF1X — плоские с полукруглым профилем $D = 50 \div 150$ мм, $H = 2 \div 32$ мм, $d = 16 \div 51$ мм, $R = 1 \div 16$ мм, $S =$ $= 2 \div 7$ мм	
Алмазные (ГОСТ 16169—81Е) типа 14U1 — плоские прямого профиля трехсторонние $D = 125 \div 250$ мм, $H = 10 \div 20$ мм, $S = 2; 3$ мм, $d = 32 \div 76$ мм	

Примечания. 1. Алмазоносный слой алмазных кругов состоит из порошков алмазов марок и зернистостью: на органической связке АС2 160/125; АСМ (АСН) 5/3; АС4 200/160; АСМ (АСН) 5/3; АС6 250/200; АСМ (АСН) 5/3; на керамической связке АЗ 250/200—АМ 5/3 (АН 5/3); АС4 200/160—АСМ (АСН) 5/3; на металлической связке А1; А2; АЗ 400/315—А1; А2; АЗ 400/315—АСМ (АСН) 5/3; АС4 200/160—АСМ (АСН) 5/3; АС6 250/200—АСМ (АСН) 5/3; АС15; АС20; АС32 400/315—АСМ (АСН) 5/3. 2. Эльборосодержащий слой эльборовых кругов должен изготавливаться из эльбора марок: ЛО; ЛП; ЛД; ЛОМ; ЛОС, зернистостью 250/200—14/10; твердостью М3; СМ1; СМ2; С1; С2; СТ1; СТ2; СТ3; Т1; Т2 для кругов на керамической связке и 250/200—3/2 для кругов на органической связке. 3. Твердость остальных кругов определяется рецептурой

**14.13. Рекомендуемая зернистость алмазных кругов
для различных условий обработки**

Вид и марка связи	Зернистость	Шероховатость обработанной поверхности R_a , мкм		
		Торцовое шлифование и заточка	Плоское шлифование периферией круга	Круглое шлифование
Органическая: БП2, Б156, ТО2, Б2 (с металлическим наполнителем)	200/160—100/80 80/63—50/40	0,63—0,16 0,32—0,16	1,0—0,32 0,63—0,2	1,0—0,32 0,63—0,2
Б1, 01 (алмазы с покрытием)	125/100—50/40	0,32—0,10	0,63—0,16	0,8—0,2
Б1, Б3, БР, Р1, Р9, Р14Е (алмазы без покрытий)	125/100—20/14	0,32—0,05	0,5—0,1	0,63—0,125
Металлическая: МВ1, ПМ1 (повышенной производительности)	200/160—125/100 100/80—80/63	1,0—0,32 0,5—0,16	1,25—0,63 1,0—0,32	1,25—0,63 1,25—0,4
МК, М15, М1, М (повышенной стойкости)	63/50—50/40 250/200—125/100 100/80—80/63 63/50—50/40 160/125—60/63	0,32—0,16 1,0—0,32 0,5—0,16 0,32—0,16 0,8—0,32	0,63—0,16 1,25—0,63 1,0—0,32 0,63—0,16 1,25—0,32	0,63—0,32 1,25—0,63 1,25—0,4 0,63—0,32 1,25—0,32
Керамическая К1 Для электролитического шлифования:				
МВ1, ПМ1, МК, М15, М1, М (металлические)	200/160—125/100 100/80—80/63	1,25—0,32 0,63—0,20	2,0—0,63 1,25—0,63	2,0—0,63 1,25—0,63
БПЗ (органическая токопроводная)	160/125—100/80 80/63—50/40	0,5—0,1 0,16—0,05	0,63—0,16 0,32—0,08	0,63—0,16 0,32—0,08

14.14. Рекомендуемые области применения алмазных и эльборовых кругов различной формы

Тип круга	Назначение
1А1 (стандартный)	Обработка цилиндрических и плоских поверхностей на внутри-, кругло- и плоскошлифовальных станках
1А1 (специальный на металлической связи)	Бесцентровое шлифование твердосплавных материалов
А8	Обработка внутренних цилиндрических поверхностей
6А2; 9А3; 11А2 12А2; 14V1	Заточка и доводка инструмента
11V9	Заточка и доводка фрез со вставными ножами
12V5	Заточка и доводка по задним поверхностям режущего инструмента со спиральным зубом
12R4	Заточка и доводка передней поверхности многолезвийного прямозубого инструмента
12D9	Заточка и доводка червячных фрез по передним поверхностям
14ЕЕ1Х; 1D1; 1Е1; 1Е6Q	Шлифование и доводка фасонных поверхностей, шлифование резьбы
1FF1Х; 1F1Х; 14А1	Обработка стружколомающих канавок, шлифование фасонных поверхностей

к массе израсходованного эльбора. Значение коэффициента не менее 80 (для различных видов обработки и режимов работ).

Алмазных кругов (ГОСТ 16181—82* Е) — по удельному расходу алмазов q (мг/см³) и режущей способности Q (мм³/мин):

$$q = \frac{G_{\text{к}}}{G_{\text{м}}} \alpha \gamma,$$

где $G_{\text{к}}$ — износ круга по массе за испытание, мг; $G_{\text{м}}$ — масса материала образца, сошлифованная за испытание, г; α — коэффициент, учитывающий связи и концентрацию алмаза; γ — плотность обрабатываемого материала, г/см³.

При работе торцом круга $Q = h_{\text{пл}} S_{\text{поп}} S_{\text{прод}} \cdot 10^3$, при работе периферией круга $Q = t S_{\text{поп}} S_{\text{прод}} \cdot 10^3$, где $h_{\text{пл}}$ — высота обрабатываемой пластины, мм; $S_{\text{поп}}$ — поперечная подача, мм/дв. ход; $S_{\text{прод}}$ — продольная подача, м/мин; t — глубина резания, мм.

Удельный расход алмазов не менее 3,0—40 мг/см³. Режущая способность — 60—600 мм³/мин.

Специальные круги. *Круги резбошлифовальные* (ГОСТ 5.2166—74*) из эльбора на керамической связке. По форме соответствуют кругам типа TEGQ. Выпускаются следующих размеров: $D = 350$ мм или $D = 400$ мм, $H = 8$ мм или $H = 10$ мм, $d = 160$ мм или $d = 203$ мм, $h = 3$ мм или $h = 4$ мм.

Режущий материал — эльбор марки ЛО, зернистость — 60/40 — 40/25, концентрация — 100 %, твердость — СТ3 или Т1, допустимая скорость — 40 м/с. Условное обозначение круга диаметром 350 мм:

Круг 2727-0121 К ГОСТ 5.2166—74.*

В маркировку входят условное обозначение, марка и зернистость эльбора, концентрация, марка связки, твердость, масса эльбора в каратах, номер структуры, допустимая рабочая скорость, номер круга, год изготовления, обозначение стандарта.

Круги отрезные (ГОСТ 21963—82) на вулканитовой (В), бакелитовой (Б) связках с упрочняющими (У) элементами или без них. Выпускаются следующих размеров: $D = 50 \div 1500$ мм, $d = 10 \div 150$ мм, $H = 0,3 \div 15$ мм. Зернистость приведена в табл. 14.15. Твердость отрезных кругов на вулканитовой связке — СТ и Т, на бакелитовой — СМ2; С1; С2; СТ1; СТ2; СТ3; Т1; Т2; ВТ1; ВТ2. Предельно допустимая скорость кругов на вулканитовой связке и без упрочняющих элементов кругов на бакелитовой связке составляет 50 и 60 м/с соответственно, кругов с упрочняющими элементами на бакелитовой связке — до 100 м/с.

Круги алмазные шлифовальные для обработки неперетачиваемых пластин из твердого сплава (ТУ 2-037-238—78). По форме соответствуют тарельчатым кругам. Выпускаются следующих размеров: $D = 350$ мм, $d = 135$ мм, $H = 35$ мм, $b = 6 \div 35$ мм, $S = 4$ мм. Изготавливаются из алмазных порошков марок АС4—АС6, зернистостью 80/63—125/100, на органической связке БП2.

14.15. Зернистость отрезных кругов

Шлифовальный материал		Зернистость кругов на связках	
Вид	Марка	бакелитовой	вулканитовой
Нормальный электрокорунд	15А 14А; 13А	50—12 125—12	50—6
Белый электрокорунд Хромтитанистый электрокорунд Карбид кремния черный	25А; 24А 94А; 93А; 92А; 91А 55С; 54С; 53С	80—5 125—16 160—16	—

Концентрация алмазов 50 или 100 %. Пример условного обозначения круга с толщиной алмазоносного слоя $b = 10$ мм:

1842-2003 ТУ2-037-238—78.

Г о л о в к и ш л и ф о в а л ь н ы е. Предназначены для обработки внутренних поверхностей различных форм и размеров. Основные типы, размеры и обозначения головок приведены в табл. 14.16. Зерновой состав головок из шлифующих материалов по ГОСТ 3647—80 — с индексом не ниже Н для класса точности А и с индексами П, Н, D — для класса точности Б. Твердость головок С1—СТ2.

Механическая прочность головок должна обеспечивать их работу при скоростях 25, 35, 50 м/с. Условные обозначения головок приведены в табл. 14.11.

Режущая способность головок определяется по коэффициенту шлифования, который при обработке стали 40Х головками из материала 24А, зернистостью 16 должен быть не менее 2,5.

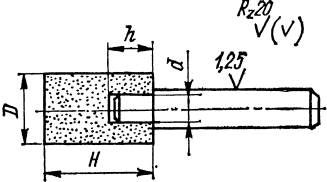
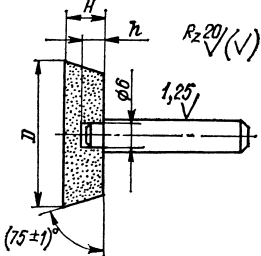
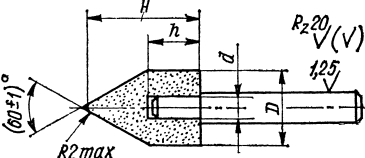
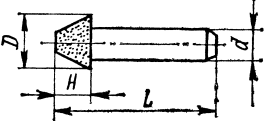
Головки алмазные на органических связках изготавливаются из алмазных порошков с размерами зерен 200—40 мкм, головки на металлических связках — из алмазных порошков с размерами зерен 200—28 мкм. Режущая способность головок определяется удельным расходом алмазов q (мг/г) по формуле:

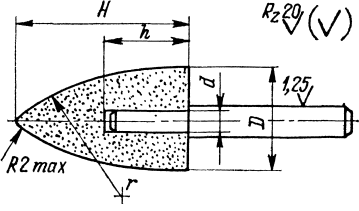
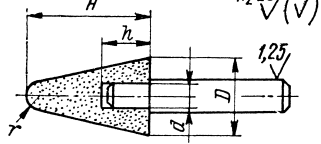
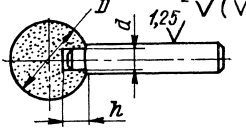
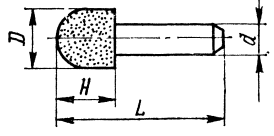
$$q = \frac{G_r}{G_m} \alpha,$$

где G_r — износ алмазоносного слоя, мг; G_m — масса сошлифованного материала, г; α — коэффициент, учитывающий плотность связки и концентрацию алмазов.

Головки эльборовые изготавливаются гальваническим способом из порошков эльбора марки ЛП с размерами зерен 160—40 мкм.

14.16. Головки шлифовальные

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
<i>Цилиндрические</i> AW (ГОСТ 2447—82). $D = 3 \div 40$ мм, $H = 6 \div 60$ мм, $d = 1 \div 13$ мм, $h = 3 \div 32$ мм АГЦ — алмазные (ГОСТ 17116—71*). $D = 3 \div 20$ мм, $H = 3 \div 20$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм АГЦ — алмазные (ТУ2-037-121—77). $D = 0,6 \div 20$ мм, $H = 2 \div 20$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 32 \div 100$ мм ЛГЦ — эльборовые. $D = 3 \div 20$ мм, $H = 3 \div 20$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	
<i>Угловые</i> DW (ГОСТ 2447—82). $D = 12 \div 40$ мм, $H = 6 \div 10$ мм, $h = 3; 6$ мм АГУ — алмазные (ГОСТ 17117—71*). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 3 \div 15$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм АГУ — алмазные (ТУ2-037-121—74). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 1,5 \div 11$ мм, $d = 3; 6$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	
<i>Конические</i> EW (ГОСТ 2447—82). $D = 10 \div 32$ мм, $H = 25 \div 50$ мм, $d = 3; 6$ мм, $h = 15 \div 20$ мм АГК — алмазные (ГОСТ 17118—71*). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 6 \div 18$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм АГК — алмазные (ТУ2-037-121—71). $D = 6 \div 20$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	
<i>Конические усеченные</i> АГКу — алмазные (ГОСТ 17119—71*). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 4 \div 12$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм ЛГК — эльборовые. $D = 6 \div 20$ мм, $H = 4 \div 12$ мм, $d = 4 \div 12$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
<i>Сводчатые</i> F-1W (ГОСТ 2447—82). $D = 6 \div 38$ мм, $H = 10 \div 50$ мм, $d = 2 \div 10$ мм, $R = 12 \div 65$ мм, $r = 2$ мм, $h = 6 \div 10$ мм АТС_В — алмазные (ГОСТ 17120—71*). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 9 \div 24$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $R = 12 \div 29$ мм, $r = 1,5 \div 3,5$ мм, $L = 60; 80$ мм АГС_В — алмазные (ТУ2-037-121—74). $D = 1,5 \div 8$ мм, $H = 3 \div 14$ мм, $d = 3; 6$ мм, $L = 40; 60$ мм, $R = 4 \div 15$ мм	
<i>Конические с закругленной вершиной</i> KW (ГОСТ 2447—82). $D = 16 \div 40$ мм, $H = 16 \div 60$ мм, $d = 6; 13$ мм, $r = 2 \div 5$ мм, $h = 6 + 32$ мм	
<i>Шаровые</i> F-2W (ГОСТ 2447—82). $D = 10 \div 32$ мм, $d = 3; 6$ мм, $h = 4 \div 13$ мм АГШ — алмазные (ТУ2-037-121—74). $D = 2 \div 24$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	
<i>Шаровые с цилиндрической боковой поверхностью</i> FW (ГОСТ 2447—82). $D = 16; 20; 25$ мм, $H = 20; 32; 25$ мм, $h = 8; 13; 10$ мм, $r = 8; 10; 12,5$ мм	
<i>Полушаровые</i> АГПШ — алмазные (ГОСТ 17121—71*). $D = 6 \div 20$ мм, $H = 6 \div 14$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $L = 40 \div 80$ мм АГПШ — алмазные (ТУ2-037-121—74). $D = 1 \div 12$ мм, $d = 3; 6$ мм, $H = 3 \div 12$ мм, $L = 32 \div 60$ мм АГПШ — эльборовые. $D = 6 \div 20$ мм, $d = 3 \div 8$ мм, $H = 6 \div 14$ мм, $L = 40 \div 80$ мм	
Примечания: 1. Головки изготавливаются из карбида кремния зеленого марок 64С и 63С, зернистостью 40—16; из белого электрокорунда марок 25А и 24А, зернистостью 40—6 на керамической связке; из алмазных порошков марки АС4 на органической связке, зернистостью 200—40, на металлической связке, зернистостью 200—28, 50 или 100 %-ной концентрации, из зерен эльбора марки ЛП, зернистостью 160—40 мкм. 2. Алмазные головки по ТУ изготавливаются гальваническим способом.	

Сегменты шлифовальные. Предназначены для обработки различных материалов. Конструкция и размеры патронов под крепление сегментов определены конструкцией патрона станка. Основные разновидности и размеры сегментов приведены в табл. 14.17. Сегменты изготавливаются двух классов точности А и Б. Их твердость регламентирует ГОСТ 18118—79. Условное обозначение приведено в табл. 14.11. Коэффициент шлифования сегментов $5C60 \times 16 \times 125$ с характеристикой 14A40 CM1 должен быть не менее 1, а шероховатость $R_a \leq 2,5$ мкм при обработке стали Р6М5 ($v = 25 \div 30$ м/с, $S = 0,1 \div 0,5$ мм/мин, $t = 0,2 \div 0,3$ мм, охлаждение — эмульсия).

Брусочки шлифовальные. Предназначены для суперфиниширования, хонингования (брусочки БКв, БП, БТ), правки кругов или для ручной обработки (остальные типы). Основные типы и размеры брусочков приведены в табл. 14.18. Зерновой состав — по ГОСТ 3647—80 (для брусочков из обычных абразивных материалов). Класс точности брусочков А или Б. Твердость брусочков — по ГОСТ 18118—79*, твердость брусочков эльборовых С1—Т2 или М1—Т2.

Условное обозначение брусочков приведено в табл. 14.11.

Коэффициент шлифования брусочков твердостью С2 составляет 0,9—2,6 (зернистость 4—12).

Абразивный инструмент на гибкой основе. Включает в себя шлифовальную шкурку и изделия из нее, эластичные круги, высокопористые эластичные круги, круги полировальные из тканевых материалов и корда.

Характеристики шлифовальных шкурок. Предназначены для машинной или ручной обработки с применением или без применения СОЖ. Состоят из основы — ткани, бумаги, фибры, металлической ленты и нанесенных при помощи связки шлифующих материалов, в качестве которых используются порошки алмаза, эльбора или других шлифующих материалов.

Бумажная основа — бумага (ГОСТ 18277—72*) марок от 0—140 (П1) до 0—240 (П5); бумага (ГОСТ 6456—82*) марок от БШ 140 (П6) до БШ 240 (П8); влагопрочная бумага (ГОСТ 10127—75*) марок ОВ—100, ОВ—110, ОВ—200; бумага марки ОВП—120 с полимерной пропиткой и латексным покрытием (цифры в составе марки указывают массу 1 м² бумаги).

Тканевая основа — саржа (ГОСТ 3357—72 и ГОСТ 19196—80*) марок ЛО, ЛОГ, Л1, Л2, Л2Г, С1, Л1Г, С2, С2Г, У1, У1Г, У2, У2Г, П, СП, капрон, шифон или плащевая ткань.

Фибровая основа — фибра плотностью не более 1,22 г/см³, толщиной 0,7—1 мм.

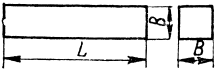
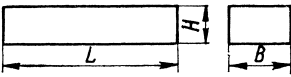
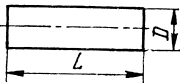
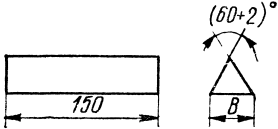
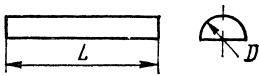
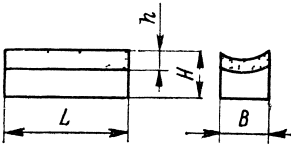
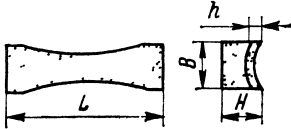
Тканевые, бумажные, комбинированные шкурки, предназначенные для работы без охлаждения или с применением СОЖ на основе масла, керосина, уайт-спирита изготавливают на основе мездрового клея или мездрового клея с фенолформальдегидными смолами. В качестве связки для бумажной водостойкой шкурки

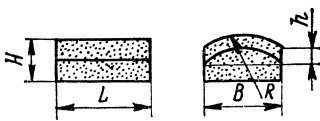
14.17. Сегменты шлифовальные (ГОСТ 2464—82 *)

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
СП — прямоугольные. $B = 40 \div 180$ мм, $H = 20 \div 63$ мм, $L = 80 \div 250$ мм	
1С — выпукло-вогнутые. $B = 60 \div 150$ мм, $B_1 = 40 \div 110$ мм, $L = 75 \div 200$ мм, $r = 85 \div 300$ мм, $r_1 = 60 \div 250$ мм	
2С — вогнуто-выпуклые. $B = 80; 95$ мм, $B_1 = 75; 80$ мм, $L = 125; 175$ мм, $r_1 = 150; 220$ мм, $r = 120; 250$ мм	
3С — выпукло-плоские. $B = 110 \div 350$ мм, $B_1 = 75 \div 210$ мм, $H = 40 \div 240$ мм, $L = 180 \div 300$ мм, $r = 200 \div 500$ мм	
4С — плоско-выпуклые. $B = 100; 190$ мм, $B_1 = 80; 180$ мм, $H = 40; 50$ мм, $r = 220; 400$ мм, $L = 150; 160$ мм	
5С — трапецевидные. $B = 60; 100$ мм, $B_1 = 46 \div 85$ мм, $H = 16 \div 40$ мм, $L = 125 \div 200$ мм	

Примечание: шлифовальный материал сегментов — электрокорунд нормальный марки 15А, зернистостью 50÷10 или марок 14А, 13А, зернистостью 125—10; хромтитанистый электрокорунд марок 94А, 93А или карбид кремния черный марок 55С, 54С, 53С, зернистостью 125—10; связка сегментов — бакелитовая.

14.18. Бруски шлифовальные

Тип, наименование, основные размеры	Эскиз
<i>Квадратные</i> БКВ (ГОСТ 2456—82). $B = 4 \div 45$ мм, $L = 16 \div 200$ мм	
<i>Прямоугольные</i> БП (ГОСТ 2456—82). $B = 2 \div 80$ мм, $H = 3 \div 25$ мм, $L = 15 \div 200$ мм, $h = H$ ЛПБП — эльборовые $B = 4 \div 100$ мм, $H = 4 \div 20$ мм, $L = 63 \div 250$ мм, $h =$ $= 4 \div 6$ мм	
<i>Круглые</i> БКр (ГОСТ 2456—82). $D = 6 \div 16$ мм, $L = 100; 150$ мм	
<i>Треугольные</i> БТ (ГОСТ 2456—82). $B = 6; 10; 13;$ 16 мм ЛБТ — эльборовые. $B = 5; 6; 10; 16$ мм, $L = 100; 160$ мм	
<i>Полукруглые</i> БПкр (ГОСТ 2456—82). $D = 13; 16,$ 20 мм, $L = 150; 200$ мм ЛБПкр — эльборовые. $L = 100; 160$ мм	
<i>Выпуклые</i> ЛБС — эльборовые. $B = 4 \div 16$ мм, $H = 16 \div 40$ мм, $L = 36 \div 100$ мм, $h =$ $= 6, 16$ мм	
<i>Вогнутые</i> ЛПБС — эльборовые. $B = 16; 18; 25$ мм, $H = 26, 47; 45$ мм, $L = 25 \div 42$ мм, $h =$ $= 5; 16$ мм	

Тип, наименование основные размеры	Эскиз
<i>Вогнутые</i> Л2БС — эльборовые. $B = 25 \div 100$ мм, $H = 5 \div 16$ мм, $h = 3 \div 6$ мм, $L = 5 \div 13$ мм Алмазные (ГОСТ 25.594—83*). $B = 2 \div 16$ мм, $H = 2 \div 6$ мм, $L = 25 \div 150$ мм, $h = 1,5 \div 3$ мм, $R = 3 \div 150$ мм	
Примечание. Шлифующий материал брусков — белый электрокорунд марки 25А, зернистостью 25—5; марки 24А, 23А, зернистостью 25—М7; зеленый карбид кремния марок 64С; 63С, зернистостью 16—М7; эльбор марок 10; 17, зернистостью Л12—ЛМ5 (бруски Л1БП и Л2БС) или ЛМ40—ЛМ5, остальные алмазные порошки из природных или синтетических алмазов, зернистостью 250/200—50/40, 50; 75; 100; 125 и 150 %-ной концентрации; связка керамическая у брусков из эльбора, металлическая, вулканитовая или резиновая у алмазных брусков керамическая или бакелитовая у остальных брусков.	

служит алкидный лак ПФ-587, лак марки ЯК-153 или эпоксидный лак; для тканевой водо- и термостойкой шкурки — фенолформальдегидные смолы жидкие марок СФЖ-3038 и СФЖ-3039 (ГОСТ 20907—75*); для шкурки на фибровой основе — неорганические связки (натриевое стекло по ГОСТ 13078—81), органические связки (жидкий бакелит по ГОСТ 4559—78* или фенолформальдегидные смолы); для шкурки на лавсановой и металлической основах — каучукосодержащие связки Р1, Р4, Р8, Р9, Р14.

Шлифовальными материалами для шкурки являются электрокорунд, монокорунд, карбид кремния, кремнь, стекло, эльбор, алмаз.

Существуют следующие способы нанесения шлифовального материала: электростатический (Э), механический (М), гравитационный (Г). Буквенный индекс способа входит в условное обозначение шкурки.

Разновидности шлифовальных шкурок. Бумажная неводостойкая шлифовальная шкурка выпускается в рулонах шириной 750—900, длиной 30 м, зернистостью 50 и более и длиной 50 м зернистостью 40 и менее (табл. 14.19). Связка — мездровый клей. Условное обозначение шкурки приведено в табл. 14.11.

Режущая способность определяется массой сошлифованного с образца материала во время испытания, г/мин, или объемом снятого материала в единицу времени, мм³/с. Режущая способность для электрокорунда составляет 0,008—0,312 г/мин, а для карбида кремния 0,01—0,138 г/мин.

Тканевая неводостойкая шлифовальная шкурка выпускается в рулонах шириной 725—880 мм, длиной 30 м, зернистостью 50 и более и 50 м, зернистостью 40 и менее (табл. 14.19). Условное

обозначение шкурки дано в табл. 14.11. Режущая способность для электрокорунда 0,04—4,36 мм³/с.

Бумажная водостойкая шлифовальная шкурка выпускается в виде рулонов шириной 500—1000 мм, длиной 30, 50 и 100 м, или в листах с размерами 140×230—320×320 мм (табл. 14.19). Условное обозначение приведено в табл. 14.11. Режущая способность 0,005—0,86 г/мин.

Тканевая водостойкая шлифовальная шкурка выпускается однослойной (О) в рулонах шириной 600—820 мм, зернистостью 125—М50 или двухслойной (Д) шириной 725—840 мм, длиной 20 м, зернистостью 50—М40 (табл. 14.19). Условное обозначение приведено в табл. 14.11.

Режущая способность $Q = 78,5q/t$ мм³/с, где q — длина сошлифованного эталонного стержня; t — продолжительность цикла шлифования. Величина Q для карбида кремния 0,57—15,7 мм³/с, для электрокорунда 0,39—9,73 мм³/с.

Эльборовая шлифовальная шкурка (ОСТ 2474-6—77) выпускается четырех типов: ЭС, ЭР, МС, МР — в виде бобин шириной 60, 90 и 100 мм, длиной 1,5—50 м из эльбора марок ЛО и ЛП, зернистостью 3—160. В качестве связки используется клей марки ЯК-153. Основа — ткань в виде капрона, шифона, лавсана и т. п. Условное обозначение приведено в табл. 14.11. Первая буква в нем означает способ нанесения зерна (Э — электростатический, М — механический), вторая — вид поверхности (С — сплошной слой, Р — рельефный слой).

Алмазная шлифовальная шкурка из природных или синтетических алмазов на металлической связке (ТУ2-037-88—78 и ТУ2-037-255—79) выпускается в виде листов шириной 22—200 мм, длиной 70—2000 мм. Зернистость — по согласованию с потребителем. Условное обозначение дано в табл. 14.11.

Изделия из шлифовальной шкурки. Листы и диски шлифовальные (ГОСТ 22773—77*) из шлифшкурки (ГОСТ 5009—82, ГОСТ 6456—82*, ГОСТ 10054—82, ГОСТ 13344—79*) выпускаются следующих размеров: листы (Л) шириной от 70 до 125 мм и длиной от 625 до 1000 мм; диски (Д) сплошные и с отверстием (ДО) — диаметром от 80 до 340 мм; диски с прорезями (ДП) — диаметром от 100 до 170 мм и с 16-ю прорезями глубиной 20 мм.

Условное обозначение — в табл. 14.11.

Круги шлифовальные лепестковые (ГОСТ 22775—77) из шкурки (ГОСТ 5009—82 и ГОСТ 13344—79*) выпускаются двух типов: КЛ — без оправки, КЛО — с оправкой. Размеры кругов: типа КЛ $D = 120 \div 500$ мм, $H = 25 \div 140$ мм, $d = 32$ мм и $d = 40$ мм; типа КЛО $D = 40 \div 140$ мм, $H = 10 \div 40$ мм, $d = 6$ мм и $d = 8$ мм (здесь d — наружный диаметр оправки).

Условные обозначения листов, дисков, кругов приведены в табл. 14.11. В условных обозначениях стандарты на шкурку отмечаются цифрами 1 — ГОСТ 6456—82; 2 — ГОСТ 5009—82; 3 — ГОСТ 10054—82; 4 — ГОСТ 13344—79*.

14.19. Зернистость шлифовальных шкур

Характеристика шкурки		Шлифующий материал марки								
		Электрокорунд			Моно-корунд	Карбид кремния			Кре-мень	Стек-ло
		нормальный	белый	хромис-тый		зеленый	черный			
Тип	Основа	13А—18А	23А—25А	33А, 34А	43А—45А	63С, 64С	55С, 54С	33С	81кр	71Е
Неводостойкая шлифовальная бумажная (ГОСТ 6456—82): тип 1 — для обработки металлов тип 2 — для обработки неметаллов	Бумага марок П1; П6—П8	25—М40			—		25—М50		25—6	
	Бумага марок П2—П5; П7; П8	50—М40					50—М50		50—6	
Неводостойкая шлифовальная тканевая (ГОСТ 5009—82): тип 1 — для машинной обработки прочных и вязких металлов и неметаллов тип 2 — для машинной и	Саржа марок ЛО—У2Г (ГОСТ 3357—72)	125—М40			50—16		80—3		80—8	—
		63—М40			50—8		25—М40		80—8	—

ручной обработки со значительными усилиями и съемом тип 3 — то же, но с небольшими усилиями		50—М40	—	—	—	80—8	—		
Водостойкая шлифовальная бумажная (ГОСТ 10054—82)	Влагопрочная бумага (ГОСТ 10127—75*)	16-П; 16-Н; 4-П; 4-Н; М63-Н; М63-П; М63-В—М4-Н; М4-П; М4-В	—	—	—	16-П; 16-Н; 4-П; 4-Н; М63-Н; М63-П; М63-В— —М4-Н; М4-П; М4-В	16-П; 16-Н; 6-П; 6-Н	—	—
Водостойкая шлифовальная тканевая (ГОСТ 13344—79*): тип 1 — для обработки древесины, пластмасс, лаковых покрытий тип 2 — для обработки твердых и прочновязких металлов и сплавов	Саржа марок У1Г; У2Г; С1Г; С2Г (ГОСТ 3357—72) Саржа марок У1Г; У2Г; П; СП (ГОСТ 19196—80*)	50—М40 —	—	—	—	50—М40 —	—	—	—

Лента шлифовальная бесконечная (склеенная) и бобины выпускаются в двух исполнениях: исполнение 1 — шириной, равной или меньшей ширины рулонной шкурки, и со швом под углом 45—65°; исполнение 2 — шириной, большей, чем ширина рулонной шкурки, и со швом (швами) под углом 5—65°.

Размеры бесконечных лент (БЛ): ширина $B = 2,5 \div 25$ мм, длина $L = 220 \div 12\,500$ мм. Условное обозначение ленты дано в табл. 14.11.

Несклеенные шлифовальные ленты поставляются в виде бобин (типов Б и БМ). Ширина лент бобин от 2,5 до 1500 мм, длина 25 000; 30 000; 40 000; 50 000; 100 000 мм.

Прочие гибкие шлифовальные изделия. Ленты алмазные полировальные предназначены для полирования стальных и чугунных деталей (ТУ2-037-198—77). Алмазоносный слой состоит из шлифпорошков марки АС2 зернистостью 80/63—50/40, микропорошков марки АСМ, зернистостью 60/40—3/2. В качестве основы используется лавсановая ткань, связка — каучукосодержащая. Концентрация алмазного порошка 25, 50 и 100 %-ная. Ширина лент (алмазоносного слоя) 25—180 мм, общая ширина 125—280 мм (АЛП25—АЛП180).

Условное обозначение лент — в табл. 14.11.

Диски шлифовальные фибровые (ГОСТ 8692—82) предназначены для работ со скоростью до 55 м/с без применения СОЖ. Выпускаются двух типов: тип 1 — для шлифования на легких и средних режимах неметаллов, цветных металлов и сплавов и т. д.; тип 2 — для шлифования на тяжелых режимах стали, жаропрочных сплавов и т. д. Размеры дисков: $D = 60 \div 225$ мм, $d = 6$ мм и $d = 22$ мм, $H = 0,7 \div 1$ мм.

Используются связки органические: Б — жидкий бакелит, Л — фенолформальдегидные жидкие смолы и неорганическая С — жидкое натриевое стекло. Классы точности АА, А и Б. Шлифующий материал — электрокорунд: нормальный марок 15А, 14А, 13А; циркониевый марок 93А, 94А зернистостью 125—16; легированный марок 91А и 92А зернистостью 50—16. Зерновой состав регламентирован ГОСТ 3647—80: с индексом П — для дисков класса точности АА; с индексами не ниже Н — для дисков классов А и Б. Основой является фибра (ГОСТ 12456—83). Условное обозначение приведено в табл. 14.11.

Режущая способность определяется по формуле $Q = q/t$, где q — масса сошлифованного за первый цикл обработки материала; t — время цикла, мин (обычно $t = 1$ мин). Значения Q колеблются в диапазоне 4—13 г/мин.

Диски алмазные эластичные (ТУ2-037-197—77Е) изготавливаются диаметром 200 мм из шлифпорошков марки АС2 зернистостью 80/63—50/40, алмазных микропорошков марки АСМ зернистостью 60/40—1/0. Основа — хлопчатобумажная ткань, связка — каучукосодержащая. Концентрация алмазного порошка 25, 50 или 100 %-ная. Диски выполняются как с отвер-

ствием ($d = 60$ мм), так и без него. Условное обозначение диска дано в табл. 14.11. Основное назначение — обработка металлографических шлифов. Диски обеспечивают получение параметра шероховатости при обработке твердых сплавов $R_a = 0,08$ мкм (исходная $R_a = 1,25$ мкм), при обработке стали $R_a = 0,04$ мкм (исходная $R_a = 2,5$ мкм).

Высокопористые эластичные шлифовальные круги выпускаются на порошковой или эпоксидно-каучуковой связке. В соответствии с ГОСТ 20014—83 круги на эпоксидно-каучуковой связке имеют четыре степени пластичности (17К—4ЭК), пористость 60—80 %. Шлифующий материал кругов — карбид кремния зеленый зернистостью 16—4.

Круги полировальные из тканевых материалов и корда выпускаются на основе хлопчатобумажных тканей, свободно складными типов 1С—3С, равномерно складными типов 2Р—3Р и на основе сизалевого материала кордовые типов 1К—3К, обшитые с двух сторон хлопчатобумажной тканью свободно складные типов 1С—3С.

Диаметр кругов типа 1С — 70—150 мм, 2С — 200—500 мм, 3С — 230—270 мм, 2Р — 350; 400 мм, 3Р — 210—270 мм; 1К — 80—120 мм, 2К — 400 мм, 3К — 220—270 мм.

Пасты. Применяются для доводки и полирования поверхностей в условиях машинной обработки или вручную. В металлообработке наибольшее распространение получили алмазные и эльборовые пасты и пасты на основе электрокорунда белого. Пасты выпускаются нормальной (Н), повышенной (П) или высокой (В) концентрации алмазного или эльборового порошка; мазеобразной (М) или твердой (Т) консистенции; смываемые водой (В), органическими растворителями (О) или водой и органическими растворителями, к которым относятся бензин, керосин, спирт, минеральные масла, фреоны и др.

В качестве шлифующих материалов используются алмазные порошки марок А или АС2, зернистостью 125/100—50/40, микропорошки марок А, АН, АСМ, АСН, зернистостью 60/40—0,1/0 или микропорошки эльбора марки ЛО, зернистостью 3—50 мкм.

Алмазные пасты служат: для черновой доводки твердосплавных матриц и притирки поверхностей (выпускаются по ТУ2-037-143—75, припуск на обработку 0,06—0,12 мм, достигаемый параметр шероховатости $R_a = 0,32 \div 2,5$ мкм); для доводки и полирования твердых сплавов, неметаллов, цветных и черных металлов (выпускаются по СТ СЭВ 206—75 «Пасты алмазные» или ТУ2-037-193—77 «Пасты алмазные», припуск здесь и далее до 0,06 мм, достигаемый параметр шероховатости $R_a = 0,006 \div 0,2$ мкм); для различных условий обработки (выпускаются по ТУ2-037-214—77 «Пасты алмазные специальные»).

Пример условного обозначения пасты из синтетических алмазов марки АСМ, зернистостью 28/20, нормальной (Н) концентра-

ции, смываемой органическими растворителями (О), мазеобразной (М) по СТ СЭВ 206—75:

АСМ 28/20 НОМ СТ СЭВ 206—75.

При обозначении паст из эльбора порядок расположения буквенных индексов меняется: МНО вместо НОМ для алмазных паст.

Для доводки твердосплавных режущих инструментов из труднообрабатываемых материалов, в том числе синтетических, можно использовать пасты следующих составов: для черновой доводки — карбид бора зернистостью 10—М40 (70—80 % по массе), парафин (20—10 %), керосин (10 %); для доводки — карбид бора зернистостью М40—М20 (65—75 %), окись железа (5 %), парафин (20—10 %), керосин (10 %); для тонкой доводки — карбид бора зернистостью М14—М5 (60 %), окись железа (10 %), парафин (30 %).

Для полирования стальных деталей под меднение применяют пасты, в состав которых входят электрокорунд нормальный зернистостью М40—М20 (80 %), парафин (9 %), сало, касторовое или костяное масло (8 %), воск или церезин (3 %) (предварительное полирование); окись железа (35—40 %), парафин (до 6 %), стеарин (15 %), олеиновая кислота (20 %), остальное — сало или касторовое масло (окончательное полирование).

14.3. Инструмент для правки шлифовальных кругов

Правка шлифовального инструмента осуществляется в целях придания ему режущих свойств и правильной геометрической формы. Правке подвергаются вновь устанавливаемые на станок инструменты и затупившиеся в процессе работы. Критерием затупления инструмента являются ухудшение качества обработанной поверхности, снижение точности, появление прижогов, участков, выделяющихся блеском, вибраций, дробления и т. д. В автоматизированном производстве правку осуществляют принудительно, через заранее заданные интервалы времени. Наиболее распространенные методы правки приведены на рис. 14.1.

Правка методом обтачивания (рис. 14.1, а) осуществляется алмазными карандашами, иглами, алмазами в оправе (табл. 14.20). Алмазные карандаши типов 01, 02 и 03 и алмазы в оправе следует устанавливать с наклоном 10—15° в сторону вращения круга. В процессе правки их необходимо поворачивать вокруг своей оси на угол 60—90°.

Карандаши типа 04 (реже 02) и алмазные иглы закрепляют без наклона к поверхности круга. Метод обтачивания (табл. 14.21) используется для правки абразивных кругов, кругов из эльбора на бакелитовой и керамической связках, алмазных кругов на керамической связке. При правильной эксплуатации круги из эльбора и алмазные круги самозатачиваются. Правка

применяется для устранения биения после установки кругов и для восстановления изношенного профиля. Карандаши используют при правке кругов зернистостью 200/160—40/25.

Правка методом обкатывания (рис. 14.1, б) применяется при профилировании шлифовальных кругов (с прямолинейной обрабатываемой) из электрокорунда и карбида кремния. При правке

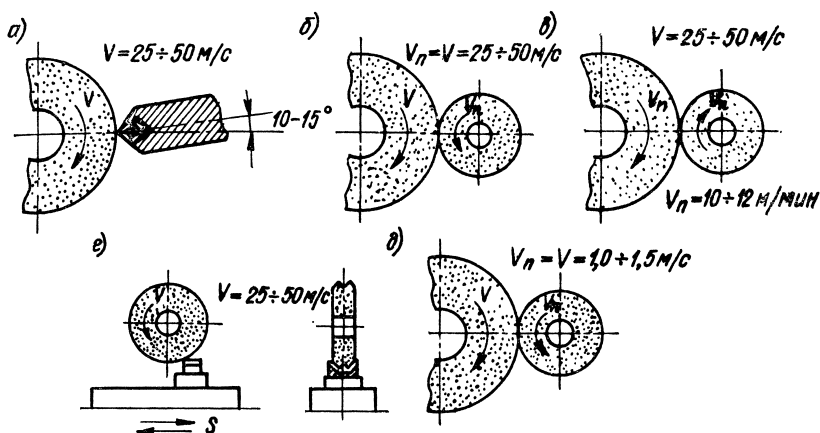


Рис. 14.1. Методы правки шлифовальных кругов

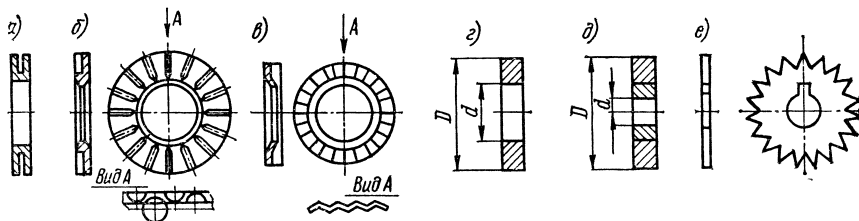
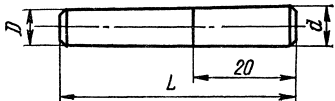
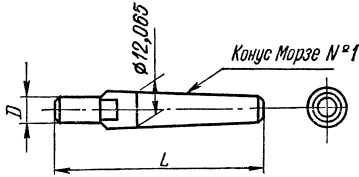
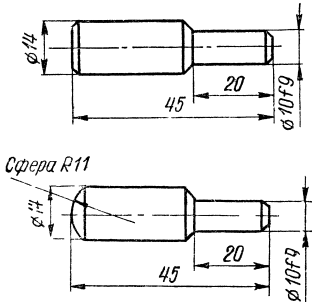


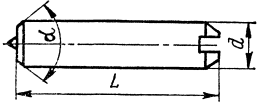
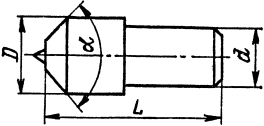
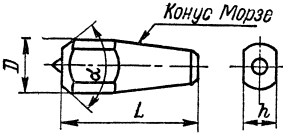
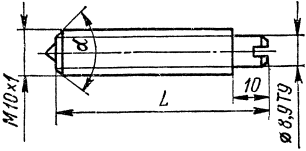
Рис. 14.2. Диски (а—д), звездочки (е) для правки кругов

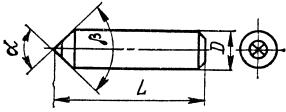
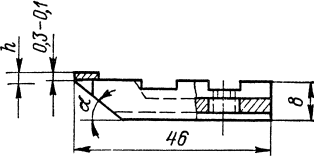
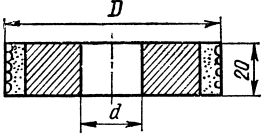
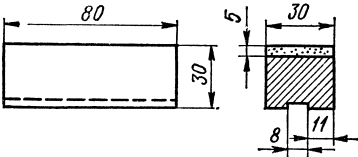
правлящий ролик устанавливается параллельно оси круга, подвергающегося обработке, или наклоняется под некоторым углом к нему. Наклон ролика создает условия для проскальзывания, при котором интенсифицируется процесс правки и осуществляется заглаживание поверхности круга. С увеличением угла увеличивается износ правящего ролика. Ролик вращается за счет сил трения между ним и кругом. Правящий инструмент имеет вид дисков, звездочек, шарошек, абразивных кругов, устанавливаемых на оси поодиночке или пакетом. Диски иногда имеют одну или две канавки (рис. 14.2).

Материал звездочек и шарошек — термообработанная сталь. Назначение — обдирочная грубая правка с поперечной подачей до 0,1 мм/ход.

14.20. Алмазные правящие инструменты

Тип, наименование, основные размеры	Область применения
Алмазные карандаши (ГОСТ 607—80 Е)  Исполнение А цилиндрические Тип 01 (с алмазами, расположенными цепочкой по оси карандаша) Тип 04 (с неориентированным расположением алмазов) D (h14) = 6; 8; 10 мм, d (f9) = 6; 8; 10 мм, L = 55; 45 мм	
 Исполнение В с коническим корпусом Типы 01, 04, 02 (с алмазами, расположенными слоями) D (h14) = 10, 12 мм; L = 40 ÷ 70 мм	Правка абразивных кругов прямого профиля на операциях круглого наружного, внутреннего, бесцентрового и плоского шлифования, на отдельных операциях профильного, резьбо- и зубошлифования, при которых обработанная поверхность должна иметь шероховатость $R_a \leq 1,25 \text{ мкм}$ (при врезном шлифовании) и $R_a \leq 0,63 \text{ мкм}$ (при шлифовании с продольной подачей)
 Исполнение С ступенчатые Типы 02, 04, 03 (с алмазами, расположенными на сферической поверхности) D (h14) = 10; 12 мм, L = 40 ÷ 70 мм	

Тип, наименование, основные размеры	Область применения
Алмазы в оправках (ГОСТ 22908—78 Е)  Тип I цилиндрические d (ф9) = 6 ÷ 12 мм; L = 0,5 ÷ 50 мм; α = 90°; 120°	
 Тип II цилиндрические с головкой $D_{+0,5}$ = 10; 12 мм; d = 6; 8 мм, L = = 32; 50 мм; α = 90°; 120°	
 Тип III с конической державкой D = 10,3; 12,2 мм, L = 28; 32 мм, h = 8; 10 мм; α = 90°; 120°	Правка абразивных кругов всех характеристик, используемых для окончательного шлифования поверхностей, с параметром шероховатости $R_a \geq 0,2$ мкм (шлифование врезанием) и $R_a \geq 0,1$ мкм (шлифование с продольной подачей)
 Тип IV с резьбовой державкой L = 36; 50 мм; α = 90°; 120°	

Тип наименование, основные размеры	Область применения
Алмазные иглы (ГОСТ 17564—72*)  $D = 6; 8; 9,5 \text{ мм}; L = 35, 50 \text{ мм};$ $\alpha = 60; 90^\circ, \beta = 50, 80^\circ$	Правка односторонних резбошлифовальных кругов при шлифовании высокоточных резбовых поверхностей
Алмазные резцы (ГОСТ 17368—79*Е)  $h_{0,1} = 0,3 \div 1,3 \text{ мм}, \alpha + 1^\circ = 28, 32; 35^\circ$	Профильная правка абразивных кругов на операциях круглого наружного, бесцентрового, плоского шлифования, резбо- и зубошлифование поверхностей с параметром шероховатости $R_a \geq 0,2 \text{ мкм}$ (шлифование врезанием) и $R_a \geq 0,1 \text{ мкм}$ (шлифование с продольной подачей)
Ролики алмазные прямого профиля (ГОСТ 16014—78*Е)  $D (H8) = 69,85 \div 70,05 \text{ мм}; d (H6) = 19,05; 20,0 \text{ мм}$	Правка абразивных кругов прямого профиля, используемых при обработке поверхностей с параметром шероховатости $R = 0,63 \div 1,25 \text{ мкм}$
Алмазные бруски прямого или фасонного профилей  Размеры фасонных брусков определяются обрабатываемым изделием. Алмазный слой шириной до 50 мм, длиной до 110 мм, глубиной профиля до 20 мм, радиус выпуклости $R \geq 0,1 \text{ мм}$, радиус вогнутости $R \geq 0,1 \text{ мм}$	Правка абразивных кругов прямого профиля или профильной правки по копиру на плоскошлифовальных станках при обработке поверхностей с $R_a \geq 1,25 \text{ мкм}$

14.21. Режимы правки шлифовальных кругов методом обтачивания

Вид шлифования	Шероховатость R_a мкм	Режим правки			
		алмазом		алмазно-металлическим карандашом	
		Подача *	Число проходов **	Подача *	Число проходов **
Круглое наружное, бесцентровое, плоское	1,25—0,32 0,32—0,16	0,3/0,02 0,2/0,01	6/4 5/4	0,4/0,03 0,3/0,02	4/4 3/4
Внутреннее	1,25—0,32 0,32—0,16	1,0/0,02 0,5/0,01	6/4 5/4	1,5/0,03 —	4/4 —
Резьбошлифование	0,63—0,16	0,2/0,005	6/2	—	—
Шлицешлифование	1,25—0,32 0,32—0,16	0,3/0,03 0,2/0,01	4/4 5/4	0,4/0,03 0,3/0,02	4/4 3/4
Профильное	1,25—0,32 0,32—0,16	0,2/0,02 0,1/0,01	6/4 8/4	0,3/0,03 0,2/0,02	4/4 4/4

* В числителе указана продольная подача (м/мин), в знаменателе — поперечная подача (мм/дв. ход).

** В числителе указаны рабочие проходы, в знаменателе — число выходящих проходов.

Материал кругов — карбид кремния марки 54С твердостью ВТ—ЧТ, связка керамическая, зернистость выбирается исходя из условий обработки.

Материал дисков твердосплавных — сплав ВК6, размеры выпускаемых дисков $D = 40$ мм, $D = 60$ мм, $H \leq 3$ мм. Диски закрепляются в державках Д040 и Д075 (ТУ2-037-205—77): по два на одной оси.

Материал релитовых дисков — релит (литой карбид вольфрама) в виде зерен размером 600—1600 мкм, скрепленных металлической связкой. Размеры выпускаемых дисков $D = 40$ мм и $D = 75$ мм, $H \leq 12$ мм. Диски устанавливают в державках Д040 и Д075. В качестве правящих материалов иногда используют зерна сверхтвердых материалов зернистостью до 1600 мкм и комбинации зерен различных материалов, закрепляемых в твердосплавной или металлической связках. Режимы правки шлифовальных кругов методом обтачки приведены в табл. 14.22.

Правка методом шлифования (рис. 14.1, в) — процесс обработки поверхности шлифовального круга правящим инструментом, получающим принудительное вращение. Подразделяется на правку с продольной подачей и правку врезанием (правка

14.22. Режимы правки шлифовальных кругов методом обкатывания

Правящий инструмент	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв. ход, при зернистости шлифовального круга			Число проходов при зернистости			
		40	25	16	40	25	16	40—16
					рабочих			выхаживающих
Круг из карбида кремния	1,0	0,02—0,04	0,03—0,02	0,02—0,01	2—3	2	2—3	2
Диск твердосплавный монокристаллический	0,5—1,0	0,02—0,03	0,02—0,01	0,02—0,01	2—4	2—3	2	3—4
Диск стальной	1,0—1,5	0,4—0,05	0,02—0,01	0,02—0,01	2	2	2	3—4

Примечание. Для интенсификации процесса правки кругами из карбида кремния ось правящего инструмента устанавливают на угол $\varphi = 8 \div 10^\circ$ по отношению к оси шлифующего круга. Остальные инструменты осуществляют правку кругов при угле $\varphi = 0 \div 6^\circ$.

14.23. Режимы правки шлифовальных кругов методом шлифования

Правящий инструмент	Характеристика шлифовального круга			Вид шлифования	Режим правки		
	Зернистость	Степень твердости	Связка		Скорость инструмента, м/с	Подача	
						продольная, м/мин	поперечная, мм/ход
Алмазный ролик	40—12	До Т2	К; Б; В	Окончательное	10,0	0,3—1	0,02
Круги из карбида кремния степени твердости:	25—12	До СТ1	К; Б	»	10,0	—	0,3—0,5 мм/мин
Т1—Т2	50—40	СМ2	К	Предварительное	0,5—1,0	1,0—1,5	0,05
ВТ1—ЧТ2	50—40	СТ1	К; Б	»	0,5—1,0	1,0—1,5	0,05
Более ЧТ2	50—40	СТ3	К; Б	»	0,5—1,0	1,0—1,5	0,05
Т1—Т2	40—12	СМ2	К; Б	Окончательное	0,5—1,0	0,5—1,0	0,03
ВТ1—ВТ2	40—12	СТ1	К; Б	»	0,5—1,0	0,5—1,0	0,03

фасонных или угловых поверхностей). К правящему инструменту относятся круги из карбида кремния зернистостью 125—50, на керамической связке, диаметром 60—250 мм, алмазные ролики из природных или синтетических алмазов (см. табл. 14.20), металлоабразивные ролики (табл. 14.23).

Указанный метод находит применение и при правке алмазных и эльборовых кругов. Правку кругов из эльбора и алмаза на металлической связке производят шлифованием кругами из зеленого карбида кремния или электроабразивной обработкой. Электроабразивная правка производится металлоабразивными кругами в виде, например, ролика из карбида кремния зеленого на металлической связке. Шлифовальный и правящий круги электрически изолируются от станка, а затем подсоединяются шлифовальный круг к отрицательному полюсу источника тока, правящий — к положительному полюсу. Среда диэлектрическая (трансформаторное или веретенное масло). Предварительная правка для устранения биения вновь установленного круга осуществляется при напряжении 18—24 В и силе тока 40—50 А; окончательная правка для придания кругу заданной конфигурации и получения требуемой точности размеров — при напряжении 5—10 В и силе тока 8—12 А (с отключением подачи среды). В процессе работы круги подправляются при напряжении 12—18 В и силе тока 40—50 А.

Правка методом точения с тангенциальной подачей (рис. 14.1, *г*) аналогична правке методом обтачивания, но осуществляется брусками (прямого или фасонного профиля). При установке бруска на столе станка непосредственно за обрабатываемой деталью шлифовальный круг постоянно «подправляется», что позволяет получить высокие качество и точность профиля. Эльборовые круги на органической и керамической связках правятся алмазными брусками и брусками из карбида кремния; алмазные круги — брусками из зеленого карбида кремния и белого электрокорунда.

Правка методом накатывания (рис. 14.1, *д*) на рабочую поверхность фасонного профиля представляет собой комбинацию пластического деформирования с дроблением зерен и связки с уплотнением поверхности. Для накатывания используются стальные закаленные ролики (из стали 45, 40Х твердостью 31—33 HRC_э, из сталей У8А, У10А, Р18 твердостью 61—65 HRC_э), твердосплавные и алмазные ролики. Ролики должны иметь следующие размеры: $D = (0,2 \div 0,25) D_{кр}$, высоту, равную длине обрабатываемого профиля. В процессе правки ролик или круг вращают принудительно с окружной скоростью до 1,5 м/с, поперечную подачу назначают в пределах 0,01—0,05 мм/мин, после окончания профилирования целесообразно осуществить калибрование в течение 0,5—5 мин. Правка методом накатывания получила распространение при многониточном резьбошлифовании, при шлифовании мелко модульного твердосплавного инструмента

(долбяков, шеверов, эвольвентных протяжек). Точность профиля накатанного круга может достигать для линейных размеров 0,005—0,01 мм, для радиуса закругления вершины не более 0,04 мм и для угловых размеров 5—10'.

Правка свободным абразивом — метод, который нашел применение при правке алмазных кругов на операциях плоской шлифовки и доводки. Правящей средой служит абразивный порошок, например марки КЗ 40, подающийся в зазор между кругом и изделием, равный 0,6 величины абразивного зерна.

14.4. Абразивная обработка

Характерной особенностью абразивной обработки является участие в съеме материала значительного количества абразивных зерен. В зависимости от ориентации относительно плоскости резания абразивные зерна имеют различную режущую способность и их влияние на процесс обработки различно. Кроме того, в абразивном инструменте на твердой или эластичной основах зерна выступают из связки на различную высоту, их величина и степень сцепления со связкой не одинаковы, что также отрицательно влияет на процесс обработки. Для устранения указанных факторов предпринимаются различные меры: изготовление инструментов с геометрически ориентированными зернами, что позволяет повысить число активных режущих зерен с 10—15 % до 40—60 %; применение связок с повышенной пористостью, позволяющих зернам «доориентироваться» в процессе обработки; металлизация (или иные виды покрытия) зерен, обеспечивающая лучшее сцепление зерен со связкой; литье при изготовлении инструмента мелкозернистой структуры.

Эффективность абразивной обработки характеризуется, кроме того, направлением перемещения инструмента относительно заготовки и заготовки относительно инструмента, применяемыми способами активизации процесса отделения обрабатываемого материала, очистки и замены затупившихся зерен и т. д.

К методам абразивной обработки относят: шлифование, доводку (хонингование, суперфиниширование), обработку свободными абразивными зернами, ленточное шлифование и полирование, заточку и доводку режущих инструментов. Перечисленные методы могут осуществляться как обычными средствами, так и с использованием различных электрофизикомеханических процессов, активизирующих обработку (электроэрозионная, электрохимическая, электроискровая и другие виды обработок). В зависимости от требований к обработанной поверхности абразивная обработка может быть черновой ($R_z = 20 \div 10$ мкм), чистовой ($R_a = 2,5 \div 0,16$ мкм), тонкой ($R_a = 0,16 \div 0,02$ мкм), особо тонкой ($R_z = 0,1 \div 0,25$ мкм).

Шлифование. В зависимости от вида обработки, формы и расположения обрабатываемой поверхности различают обдирочное

14.24. Характеристика шлифовальных кругов

Обрабатываемый материал	Характеристика шлифовального круга			Параметр шероховатости R_a , мкм
	Абразивный материал	Зернистость	Степень твердости	
Конструкционная сталь: незакаленная закаленная	Электрокорунд	25	C2	0,8
	»	25—16	C1—C2	0,4
	Электрокорунд белый	16—12	CT1	0,1—0,2
Быстрорежущая сталь незакаленная	То же	40—25	C1	0,4
Твердые сплавы	»	25—12	M3—CM1	0,2
	Карбид кремния зеленый	25	CM1	1,6
	Алмаз синтетический АС4 (АСВ)	16	M3—CM1	0,2
		80/63	Связка M1 при 150 %-ной концентрации	0,2
Сверхтвердые материалы: композит 01 и композит 05	То же	80/63	—	0,2

шлифование, отрезку и прорезку, круглое наружное, круглое бесцентровое, круглое внутреннее, плоское и профильное шлифование.

Обдирочное шлифование используется для удаления дефектного слоя после заготовительных операций, при этом формообразующие операции не производятся. На операциях этого вида используются круги типов ПП, ПР, ПН, ЧК, зернистостью 125—50, твердостью CT1—T1. Скорость резания 35—50 м/с, а при использовании упрочненных стеклосеткой кругов — до 80 м/с.

Круглое наружное шлифование представляет собой процесс обработки заготовок шлифовальным кругом в центрах или патроне

(табл. 14.24 и 14.25). Существуют три схемы шлифования: 1) шлифование с продольной подачей; 2) шлифование врезанием (с поперечной подачей); 3) шлифование комбинированным способом.

Шлифование с продольной подачей применяется при предварительной и окончательной обработках длинных (с длиной более высоты круга) заготовок (рис. 14.3, а). Процесс заключается в подводе круга без шлифования на заданную глубину и продольной (вдоль оси изделия) его подаче (или подаче изделия вдоль своей оси).

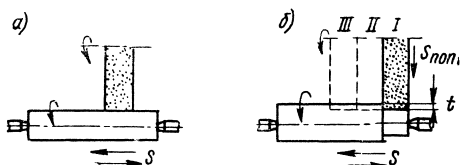


Рис. 14.3. Схемы круглого наружного шлифования: а — с продольной подачей; б — комбинированным способом

14.25. Режимы круглого наружного шлифования (ориентировочные)

Вид шлифования	Режимы обработки				
	Припуск, мм	Ско- рость реза- ния, м/с	Подача		
			крово- вая, м/мин	про- доль- ная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
Круглое наружное с продольной подачей: предварительное окончательное	До 1 мм 0,05—0,2	25—50 25—50	20—40 15—35	10—30 5—20	0,01—0,025 мм/ход 0,005—0,02 мм/ход
Круглое наружное с поперечной подачей: предварительное окончательное	До 1 мм » 1 мм	25—50 25—50	30—50 20—40	— —	0,025— 0,075 мм/об. изд 0,001— 0,005 мм/об. изд.
Круглое наружное кругами из эльбора: на органической связке: предваритель- ное окончательное на керамической связке	0,5 0,05—0,2 0,2—0,3	30—50 30—50 30—35	10—20 8—10 10—25	0,5—1 0,5—1 0,5—1	0,002—0,01 0,002—0,005 0,01—0,05
Круглое наружное шлифование твердо- сплавных заготовок: на металлической связке на органической связке	0,1—0,2 0,05—0,1	20—35 20—35	20—40 20—40	0,5—1,5 0,3—1	0,0025—0,005 0,001—0,003

Схема шлифования врезанием состоит в поперечной подаче круга и «выхаживании», т. е. обработке без подачи, в течение некоторого времени. Эта схема применяется и в инструментальном производстве при обработке хвостовиков инструмента, установочных поясков фрез и т. п.

Схема комбинированной обработки (рис. 14.3, б) заключается в подводе круга с врезанием в изделие на некоторую глубину и последующей обработкой с продольной подачей. При значительной глубине врезания, близкой к снимаемому припуску, и малой продольной подаче обработку по этой схеме называют «глубинным» шлифованием.

Бесцентровое наружное круглое шлифование. Характеризуется базированием по наружным поверхностям вращения заготовки. Привод вращения изделия осуществляется от ведущего круга, передающего момент вращения за счет трения, привод подачи — за счет наклона оси ведущего круга к оси обрабатываемой заготовки или за счет принудительного перемещения. Оба круга — шлифующий и ведущий — вращаются в одну сторону, но с раз-

ными скоростями: ведущий круг имеет скорость в 60—100 раз меньше шлифующего. Опорой обрабатываемой заготовки является нож (рис. 14.4), который может располагаться так, чтобы центр заготовки находился выше или ниже линии центров кругов. Для тонких длинных заготовок (таких, как заготовки инструментов) центры их вращения должны быть ниже линии центров.

Ось ведущего круга может располагаться параллельно оси шлифовального круга или наклонно к нему, под углом до 6° . Вращение заготовке сообщается за счет трения между ней и ведущим кругом, а при наклонном его положении заготовка получает и продольную подачу, скорость (м/мм) которой определяется по формуле $S_{\text{прод}} = v \sin \alpha$, где v — скорость ведущего круга,

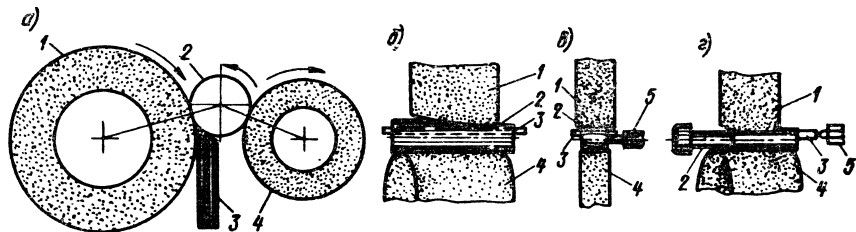


Рис. 14.4. Схемы установки (а) и бесцентрового наружного шлифования (б—г): 1 — шлифовальный круг; 2 — обрабатываемое изделие; 3 — опорный нож; 4 — ведущий круг; 5 — упор

м/мин; α — угол поворота ведущего круга или ножа (когда продольная подача обеспечивается наклонным положением ножа). Скорость вращения заготовки равна скорости вращения ведущего круга.

Схемы бесцентрового шлифования: сквозное с продольной подачей (рис. 14.4, а, б); методом врезания с поперечной подачей (рис. 14.4, в); шлифование до упора (рис. 14.4, в, г).

Шлифование с продольной подачей применяется для обработки цилиндрических заготовок длиной 0,6 ее диаметра и более. При длине заготовки, меньшей чем высота круга, обработку целесообразно вести с непрерывным потоком заготовок в рабочей зоне. Для захвата заготовки рабочий круг имеет наклонный участок с углом $1—5^\circ$.

Шлифование врезанием осуществляется при поперечном перемещении ведущего круга (перпендикулярно к оси). В конце этого перемещения, когда получены окончательные размеры детали, поперечная подача прекращается на время выхаживания. Процесс шлифования прерывистый, связанный с необходимостью введения и вывода обрабатываемого изделия из зоны шлифования. Поперечная подача может быть равномерной, но более целесообразна обработка с неравномерной подачей, когда съём основной части припуска осуществляют с увеличенной подачей, а по мере приближения к окончательным размерам изделия ее уменьшают.

В инструментальном производстве шлифование врезанием получило широкое распространение. Примером служит одновременная обработка рабочей и конической хвостовой частей спиральных сверл профильным кругом. При этом обеспечивается высокая точность взаимного расположения указанных частей за счет исключения перестановок при раздельной их обработке.

Шлифование до упора осуществляется так же, как шлифование с продольной подачей, но процесс прерывается для разгрузки и загрузки заготовок после окончания цикла обработки. В инстру-

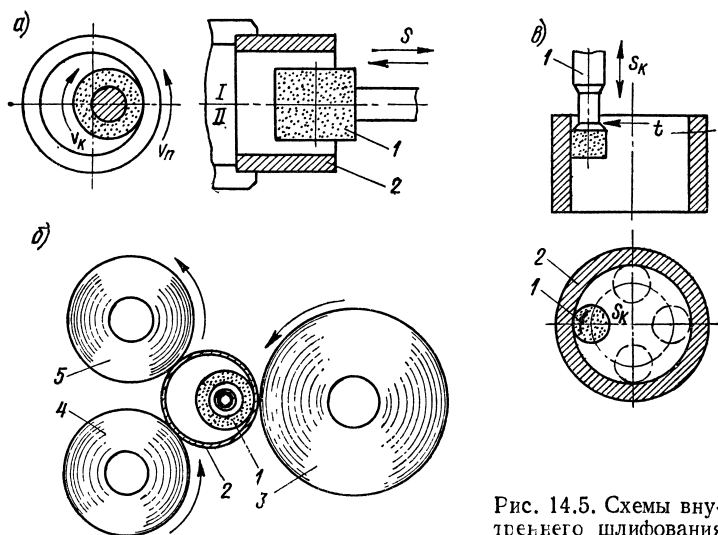


Рис. 14.5. Схемы внутреннего шлифования

ментальном производстве используется его разновидность — обработка с опрокидыванием изделия. В этом случае упор выполняется со скосом и заготовка при продольном ее перемещении соскальзывает по скосу и опрокидывается, удаляясь из рабочей зоны. Таким методом шлифуются сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком мелких размеров (до 5 мм). Характеристики шлифовальных кругов зависят от материала обрабатываемой детали, требований к ее поверхности, условий обработки.

Скорость шлифования около 30 м/с, при использовании специальных кругов до 60 м/с. Скорость продольной подачи 1,5—5 м/мин, скорость поперечной подачи 0,7—4,0 мм/мин, скорость ведущего круга 50—150 м/мин при работе с продольной подачей и 7—30 м/мин при работе с поперечной подачей.

Внутреннее шлифование осуществляется по схемам, приведенным на рис. 14.5. Схема обработки с базированием по наружному диаметру в патроне (рис. 14.5, а) наиболее распространена. Шлифовальный круг 1 и обрабатываемое изделие 2 вращаются вокруг собственных осей, возвратно-поступательное перемещение вдоль оси изделия совершает либо круг, либо изделие со скоростью

14.26. Режимы круглого внутреннего шлифования

Вид обработки	Припуск, мм	Режимы обработки			
		Скорость резания, м/с	Подача		
			круговая, м/мин	продольная, м/мин	поперечная, мм/ход
Внутреннее шлифование: предварительное окончательное	0,07—0,8	20—35	20—60	5—20	0,005—0,02
	0,07—0,8	20—35	20—60	2—15	0,0025—0,01
Внутреннее шлифование кругами из эльбора на керамической связке	0,07—0,8	8—35	10—30	0,3—1,0	0,002—0,005
Внутреннее шлифование твердосплавных заготовок алмазными кругами: на металлической связке на органической связке	0,1—0,2	10—25	10—30	0,5—1,5	0,0025—0,005
	0,05—0,1	10—25	10—30	0,3—1,0	0,001—0,002

продольной подачи. Подача на глубину производится в конце хода или в конце двойного хода. Круг при обработке может выходить из отверстия не более чем на 0,5 его высоты. Глубина продольной подачи не превышает 0,75 высоты круга за 1 оборот заготовки. Частота двойных ходов при продольной подаче не должна быть кратной частоте вращения заготовки.

Схема внутреннего бесцентрового шлифования (рис. 14.5, б) отличается от предыдущей тем, что заготовка располагается между ведущим (3), опорным (4) и прижимным (5) роликами и вращается она от ведущего ролика.

В схеме внутреннего планетарного шлифования (рис. 14.5, в) шлифовальный круг вращается как вокруг собственной оси, так и вокруг оси обрабатываемого изделия со скоростью 2—4 м/мин.

Диаметр кругов при внутреннем шлифовании выбирается равным 0,6—0,8 диаметра обрабатываемого отверстия. Характеристика кругов при внутреннем шлифовании отличается от характеристики кругов при наружном шлифовании: они более крупнозернистые и более мягкие. Рекомендуемые режимы обработки приведены в табл. 14.26.

Плоское шлифование. Является одним из самых распространенных видов точной обработки плоскостей. Различают плоское шлифование периферией круга и плоское шлифование торцом круга. Станки для плоского шлифования имеют вращательное

движение стола с обрабатываемой заготовкой или возвратно-поступательное относительное перемещение круга и изделия.

Шлифование периферией круга может осуществляться: 1) с врезной подачей без поперечной подачи вдоль оси круга; 2) с большой глубиной обработки и малой поперечной (вдоль оси круга) подачей; 3) с малой глубиной обработки и большой поперечной подачей. Первый способ применяется при обработке заготовок, ширина которых меньше высоты круга, круг при этом изнашивается неравномерно, теряет форму и требует частой правки. Второй способ используется для предварительного и получистового шлифования, однако в последнее время его применяют и при чистовой обработке («глубинное» шлифование). При этом круг изнашивается по торцу, условия самозатачивания улучшаются. Третий способ находит применение на получистовых и чистовых операциях. При шлифовании периферией круга условия работы круга благоприятнее, чем при торцовом шлифовании (площадь контакта круга с заготовкой значительно меньше), поэтому мощность шлифования не превышает 15 кВт, тогда как при работе торцом круга она достигает 50 кВт и выше.

Шлифование торцом круга также осуществляется несколькими способами: 1) со значительным (до 4°) наклоном оси шлифовального круга по направлению продольной подачи стола; 2) с незначительным (нерабочая часть торца круга приподнимается над обработанной поверхностью на 0,05—0,1 мм) наклоном оси круга; 3) без наклона круга. Первый способ применяется при работе с большим съемом металла и уменьшенной за счет наклона площадью контакта круга и заготовки. Второй и третий способы обеспечивают получение поверхностей правильной формы и высокого качества и используются на чистовых операциях. Работа круга при втором способе отличается тем, что часть круга, которая вступает в контакт с обрабатываемой поверхностью, снимает основной припуск, а противоположная его часть не участвует в резании. В этом случае площадь контакта несколько больше, чем при первом способе. В третьем случае для снижения площади контакта и устранения прижогов целесообразно применять круги с поднутрением на торцах, аналогичных кругам типа ПВД, круги с прерывистой поверхностью, сегментные или кольцевые круги. Большая площадь контакта обеспечивает высокую производительность торцового шлифования, что используется при обдирочных работах, поэтому круги, применяемые при этом, как правило, крупнозернистые (зернистость 125—40). Мелкозернистые круги (алмазные и эльборовые в том числе) используют на операциях чистового шлифования.

Ориентировочные режимы обработки приведены в табл. 14.27. Для более конкретных условий обработки режимы могут быть значительно ужесточены. Так, при глубинном электролитическом шлифовании ножей сборных фрез алмазными кругами AC4M 200/160 на связке марки MO13Э, 100 %-ной концентрации, с ук-

14.27. Режимы обработки при плоском шлифовании

Вид обработки	Припуск, мм	Режим обработки			
		Скорость реза- ния, м/с	Подача		Глубина шлифования, мм/дв. ход.
			про- дольная, м/мин	попе- речная, мм/ход. стола	
Плоское шлифование: периферией круга торцом круга	— —	20—35 20—35	6—30 1—3	1—2 —	0,01—0,03 0,004—0,05
Плоское эльборовое шлифование: периферией круга на органической связке	До 0,2	30—40	3—5	0,3—0,6	0,005—0,02
на керамической связке	» 0,2	30—35	8—10	0,3—0,6	0,04—0,1
Плоское алмазное шли- фование твердых сплавов периферией круга на связ- ке:					
металлической по- вышенной произво- дительности	0,05—0,3	20—35	5—15	0,5—2	0,01—0,05
металлической по- вышенной стойко- сти	0,05—0,2	20—35	5—15	0,5—2	0,005—0,02
органической с ме- таллическим напол- нителем	0,05—0,2	20—35	5—10	0,5—1	0,005—0,01
Плоское алмазное шли- фование твердых сплавов со сталью в электролити- ческом режиме перифе- рией круга на связке:					
металлической по- вышенной произ- водительности	—	25—30	0,5—3	2—4	0,05—0,4
металлической по- вышенной стойкости	—	—	0,5—1	2—4	0,05—0,2
органической с ме- таллическим напол- нителем	—	—	0,5—1	2—4	0,1—0,2
Плоское алмазное шли- фование твердых сплавов в электролитическом ре- жиме торцом круга на связке:					
металлической по- вышенной произво- дительности	—	25—30	0,5—1,0	—	0,3—1,0
металлической по- вышенной стойкости	—	25—30	0,2—0,4	—	0,2—0,6
органической с ме- таллическим напол- нителем	—	25—30	0,2—0,4	—	0,2—0,5

П р и м е ч а н и е. Электролитический режим имеет следующие параметры:
напряжение 4—8 В, плотность тока 50—10 А/см². Состав электролита ЭНИМС-1
(г/л): NaNO₃ 50—60, NaNO₂ 4—6, NaCO₃ 4—5, глицерин 10—20.

ладкой ножей по 2 поперек магнитной плиты и по 32—42 вдоль направления продольной подачи на станке модели ЗЭ731 подача на глубину составила 0,3 мм/дв. ход с обеспечением параметра шероховатости $R_a = 0,32 \div 0,25$ мкм. При алмазном плоском электролитическом шлифовании синтетических сверхтвердых материалов (в том числе эльбора Р) кругами АС4 80/63 на связке МВ1, 100 %-ной концентрации при скорости резания 35 м/с, скорости продольной подачи 5—6 м/мин на глубину 0,02 мм за 1 дв. ход резко повышена производительность труда, качество обработки, значительно снижен расход алмазов (по сравнению с обычным шлифованием алмазными кругами), который составил 1 : 20 (на 1 карат алмазных кругов 20 карат обработанного эльбора) вместо обычного соотношения 1 : 1.

При плоском электроалмазном шлифовании пластин твердого сплава производительность возрастает до 10 раз. Обработку производят торцом круга с размерами $250 \times 20 \times 3$ АС6 100/8 на связке МО13Э или МВ1, 100 %-ной концентрации. Электролит — водный раствор солей 10—15 % NaNO_3 , 0,5 % NaNO_2 . Станок модели ЗЭ731, рабочее напряжение 7В, ток до 25 А.

Профильное шлифование. Осуществляется двумя способами: 1) профильными (по форме обработанной поверхности) кругами с подачей врезанием; 2) кругами стандартных профилей с обработкой по копиру (на станках модели ЗП95) по чертежу с контролем по проектору (на станках модели 395М и др.) или по программе (на станках с ЧПУ). Первый способ реализуется как на обычных кругло- или плоскошлифовальных станках, работающих периферией круга, так и на специальных станках. Способ требует наличия устройств для фасонной правки круга. К этим устройствам относятся приспособления для профилирования алмазными карандашами, иглами, роликами, специальные копируемые правящие приспособления типа «Диаформ», устройства, работающие от систем программного управления. Второй способ требует наличия набора шлифовальных кругов различного профиля и отличается возможностью непосредственного контроля обработанного профиля по экрану профилишлифовального станка в процессе обработки. Этим способом целесообразно обрабатывать базовые поверхности многозубого режущего инструмента с механическим креплением режущих элементов.

Резьбошлифование. Обеспечивает получение резьбы требуемой формы и размеров как при вышлифовке по целому, так и при шлифовке предварительно обработанного профиля (накаткой, обточкой, фрезеровкой). Обработка осуществляется на специальных резьбошлифовальных станках одно- или многоножечными кругами, профиль осевого сечения которых соответствует профилю нарезаемой резьбы и переносится (копируется) на обрабатываемое изделие с некоторым искажением. Это вызвано тем, что нарезаемая резьба наклонена к оси изделия на некоторый угол, определяемый диаметром и шагом резьбы, в то время как

профиль шлифовального круга совершает перемещение в плоскости, перпендикулярной к оси изделия. Искажение профиля при этом практически незначительно и поэтому не учитывается при профилировании кругов.

Нарезание резьбы осуществляется различными способами: односторонним шлифовальным кругом при вращении изделия и осевой его подаче (рис. 14.6, а);

многосторонним шлифовальным кругом, высота которого превышает длину нарезаемой резьбы, врезающимся в заготовку при продольном ее перемещении на один шаг за один оборот (рис. 14.6, б);

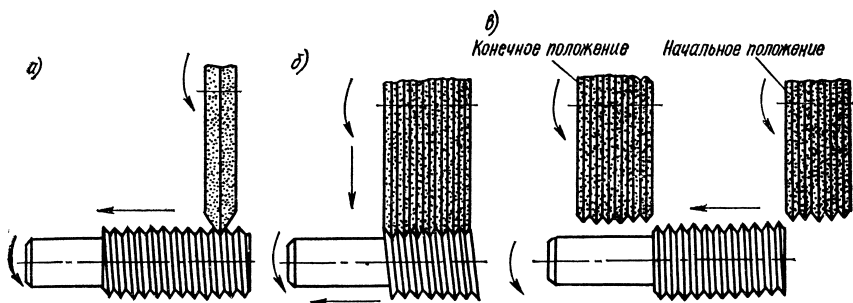


Рис. 14.6. Схемы резьбошлифования

многосторонним кругом, высота которого меньше длины нарезаемой резьбы, при продольном перемещении с вращением обрабатываемой заготовки (рис. 14.6, в).

При обработке резьбы метчиков к описанным способам движения добавляется возвратно-поступательное движение заготовки перпендикулярно к своей оси (в целях обеспечения затыловки резьбы по профилю) для каждого пера метчика. Обработка односторонним шлифовальным кругом обеспечивает высокую точность. Однако из-за повышенной нагрузки на профиль он быстро теряет свою форму, в связи с чем этот способ рекомендуется применять при вышлифовке резьб мелких (до 0,75 мм) шагов, работе с пониженными подачами при глубинной или скоростной шлифовке, а также при окончательной шлифовке профиля после многосторонней предварительной обработки. Глубинная шлифовка осуществляется в два-три прохода с большой глубиной (0,8—2,5 мм на диаметр), но малой скоростью круговой подачи (0,3—0,8 м/мин). Скоростное шлифование производится при малой глубине шлифования и увеличенной круговой подаче (6—160 м/мин).

Резьбошлифование с подачей врезанием многосторонним шлифовальным кругом обычно осуществляется за два—четыре оборота изделия, поэтому скорость подачи врезанием целесообразно устанавливать переменной: на 1-м обороте снимать до 0,6 припуска, на 2-м обороте — до 0,4 припуска, а при окончательной

14.28. Режим шлифования резьбы однониточным кругом

Шаг резьбы. мм	Частота вращения изделия *, об/мин, при окружной скорости кругов 35 м/с на керамической связке и 42—55 м/с на вулканитовой и бакелитовой связках и диаметре, мм							Число про- ходов	Глубина шлифования за проход, мм
	5—9	10— 16	17— 29	30— 50	52— 80	82— 90	100— 120		
Нарезание резьбы по целому закаленному изделию									
До 0,5	11,3	6,8	5,1	4,1	2,5	2,0	1,7	3	0,15—0,025
0,75—1,0	7,8	4,6	3,5	2,9	1,7	1,4	1,1	3	0,35—0,05
1,5	6,9	4,1	3,1	2,6	1,5	1,2	1,0	3	0,55—0,12
Шлифование предварительное до закалки изготовленной резьбы									
1,55	9,4	5,6	4,3	3,5	2,1	1,7	1,4	2	0,20—0,05
1,75—2,5	10,8	6,5	4,9	4,1	2,4	2,0	1,6	3	

* При нарезании и шлифовании резьбы на изделиях из вольфрамованадиевой стали и стали марки Р9 частоту вращения изделия следует снизить на 10—15 %.

* При нарезании и шлифовании резьбы на изделиях из вольфрамованадиевой стали и стали марки Р9 частоту вращения изделия следует снизить на 10—15 %.

обработке — 0,1—0,2 припуска. Многониточное резьбошлифование с продольной подачей осуществляется за один проход. Профиль круга при этом должен иметь заборный конус и калибрующую часть, что достигается правкой круга. Число ниток на заборной части должно быть таким, чтобы обеспечить съём каждой ниткой не более 0,1 мм глубины слоя. В целях выравнивания нагрузки на каждую нитку заборного конуса целесообразно менять высоту и угол профиля каждой нитки так, чтобы длина основания профиля нитки и площадь сечения снимаемого каждой ниткой заборного конуса оставались постоянными. При этом высота профиля каждой нитки равна HK/n , где n — число ниток заборного конуса; H — высота полного профиля; K — число, равное порядковому номеру нитки. Так, при числе ниток 4 первая нитка ($K = 1$) должна иметь высоту $H/4$, вторая ($K = 2$) $H/2$ и т. д. Режимы шлифования резьбы однониточным кругом приведены в табл. 14.28, режимы шлифования резьбы метчиков многониточным кругом с продольной подачей за один проход — в табл. 14.29, режимы накатывания резьбы на многониточных кругах — в табл. 14.30.

Шлифование резьбы метчиков из быстрорежущих сталей целесообразно производить эльборовыми шлифовальными кругами (одно- и многониточными). При однониточном шлифовании используются круги ЛМ2—ЛМ28, Т1, Т2 (для резьб с шагом до 0,75 мм), ЛМ40—Л4, СТЗ—Т1 (для резьб с шагом 0,8—1 мм), Л4—Л6, СТЗ—Т1 (для резьб с шагом более 1 мм). Связка керамическая, 100 %-ная концентрация. Режимы обработки: $v = 35 \div 40$ м/с, глубина съёма 0,4—0,5 мм при предварительном и 0,1—0,15 при окончательном шлифовании. Окружная скорость метчиков 0,16—

14.29. Режим шлифования резьбы на закаленных машинно-ручных метчиках многониточным кругом

Шаг резьбы, мм	Высота круга, мм	Число ни- ток на круге*	Опера- ция **	Припуск, мм	Частота вращения изделия, об/мин, при диаметре мм			
					8—10	12— 16	18— 24	25— 30
0,75	25	33	ЧШ	0,49	10,9	8,1	6,1	5,1
			ПШ	0,44	12,1	9,1	6,8	5,7
			ЧШП	0,10	18,7	14,0	10,5	8,8
1,0	32	32	ЧШ	0,65	9,6	7,2	5,4	4,5
			ПШ	0,60	10,0	7,8	5,9	4,9
			ЧШП	0,15	14,5	10,8	8,1	6,8
1,5	50	33	ЧШ	0,97	7,9	5,9	4,4	3,7
			ПШ	0,87	8,9	6,6	4,9	4,1
			ЧШП	0,20	13,4	10,0	7,5	6,3
2,0	63	31	ЧШ	1,30	—	5,1	3,8	3,2
			ПШ	1,20	—	5,5	4,1	3,5
			ЧШП	0,25	—	9,2	6,9	5,8

* Резьбу на метчиках, точность которой должна быть выше точности, достигаемой при многониточном шлифовании, следует нарезать предварительно много-
ниточным кругом, а окончательно — однониточным. Машинно-ручные метчики
с шагом менее 1 мм нарезаются однониточным кругом. ** ЧШ — чистовое шлифо-
вание по целому; ПШ — предварительное шлифование по целому; ЧШП — чистовое
шлифование резьбы, предварительно изготовленной до закалки.

0,3 м/с. Правка однониточных кругов карандашами 01—03 или кругами из карбида кремния зеленого. Правящий круг должен иметь окружную скорость 10—15 м/с, эльборовый — 1—2 м/с, скорость подачи 0,01—0,03 мм/дв. ход.

Многониточное эльборовое шлифование осуществляется с продольной подачей кругами ЛМ40—Л4, СМ2—С1 со скоростью 35—50 м/с при окружной скорости подачи метчика 0,16—0,3 м/мин, глубине 0,1 мм/проход. Профилирование и правка круга — профильными накатными твердосплавными роликами (Т15К6, ВК6, ВК8).

Обработка твердосплавных метчиков осуществляется алмазными кругами по схеме одно, многониточного или комбинированного (предварительное—многониточное, окончательное — однониточное) шлифования. Правка кругов — шлифование абразивными кругами из карбида кремния зеленого при встречном вращении или методом электроабразивной обработки.

Х о н и н г о в а н и е. Представляет собой процесс отделочной обработки, как правило, отверстий, при которой инструменту (хону) сообщается вращательное и возвратно-поступательное

14.30. Режимы накатывания* роликом многониточных шлифовальных кругов для резбошлифования

Показатель	Шаг резьбы, мм			
	0,75	1,0	1,5	2,0
	Наименьшая высота профиля, мм			
	0,53	0,69	1,05	1,38
Минутная подача, мин	$\frac{0,005}{0,0033}$	$\frac{0,005}{0,0033}$	$\frac{0,004}{0,0025}$	$\frac{0,004}{0,0025}$
Время выхаживания, мин	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{4}$
Глубина врезания ролика за время одного цикла, мм	$\frac{0,02}{0,01}$	$\frac{0,02}{0,01}$	$\frac{0,02}{0,01}$	$\frac{0,02}{0,01}$
Число циклов	$\frac{25}{4}$	$\frac{33}{4}$	$\frac{49}{8}$	$\frac{65}{8}$
Время предварительного накатывания, мин	$\frac{100}{12}$	$\frac{132}{12}$	$\frac{245}{32}$	$\frac{325}{32}$
Время начального обкатывания, мин	6	6	6	6
Общее время накатывания, мин	118	190	283	263

* В числителе — предварительное накатывание, в знаменателе — чистовое накатывание.

перемещение. Шлифующими элементами являются абразивные бруски, закрепляемые в зоне с возможностью перемещения в радиальном направлении и заправленные по форме отверстия. Процесс осуществляется с обильным охлаждением смесью керосина с маслом или специальными эмульсиями. При хонинговании исправляются погрешности формы отверстия, улучшается отделка поверхности. Припуск на хонингование не превышает 0,2 мм, хотя возможен съем и больших припусков. Скорость возвратно-поступательного перемещения 5—20 м/мин, окружная скорость 15—60 м/мин, рекомендуемое их соотношение 1 : 4. Давление брусков на обрабатываемую поверхность составляет 0,15—0,6 МПа (меньшие значения — для окончательной отделки). Материал брусков — электрокорунд белый, карбид кремния, синтетические алмазы, эльбор, кубонит. Зернистость 16—М10, твердость СМ1—СТ3. Достигаемый параметр шероховатости $R_a = 0,02$ мкм. Правку брусков на соответствующий диаметр обработки осуществляют на круглошлифовальных станках кругами из карбида кремния зернистостью 50. Хонингование алмазными

брусками и брусками из эльбора и кубонита на металлических связках производят и электроэрозионным способом. Хонингованием обрабатываются и наружные цилиндрические поверхности.

С у п е р ф и н и ш и р о в а н и е. Представляет собой процесс отделочной обработки поджимаемыми к изделию брусками, совершающими колебательные движения. Частота колебаний 500—3000 дв. ход/мин, амплитуда 2—5 мм; окружная скорость изделия 8—40 м/мин; давление поджима до 0,4 МПа. Припуск на обработку 10—12 мкм на диаметр. Обрабатываемый материал — чугун, сталь, цветные металлы. Материал брусков ЭБ, КЗ или синтетические алмазы, эльбор, кубонит зернистостью 5—МЗ; связка — керамическая. Твердость при обработке вязких материалов М2—СМ1, при обработке хрупких материалов СМ1—С2. Суперфиниширование производят с поливом СОЖ, в качестве которой применяется смесь керосина и веретенного масла или специальные эмульсии. Достижимый параметр шероховатости $R_a = 0,02$ мкм. Погрешности формы не исправляются.

П о л и р о в а н и е. Является процессом отделочной обработки эластичным инструментом поверхностей различной конфигурации, обеспечивающим их высокое качество без исправления погрешности формы. Полирование эластичным инструментом находит широкое применение и в инструментальном производстве при обработке канавок концевой инструмента. К числу эластичных инструментов, используемых при полировании, относятся фибровые шлифовальные диски, гибкие круги на вулканитовой связке, алмазные эластичные доводочные диски на связке Р1. Зернистость кругов 50—16, достигаемый параметр шероховатости $R_a = 0,16$ мкм.

При использовании полировальных кругов на тканевой или бумажной основе на поверхности кругов вместе со связкой наносят пасты Э, КЗ, из алмазов и эльбора. Скорость полирования 18—35 м/с. Достижимый параметр шероховатости $R_a = 0,02$ мкм.

Полирование и шлифование абразивными лентами осуществляются со скоростью до 30 м/с. При этом обрабатываемая деталь или лента поджимаются друг к другу, изделию сообщается движение подачи, а иногда и осциллирующее движение. Давление поджима не более 0,04 МПа (при обработке цветных металлов и сплавов) и 0,2 МПа (при обработке чугуна и сталей). Режущий материал лент — Э, ЭБ, КЗ, алмазы синтетические, эльбор. При обработке эльборовыми и алмазными лентами достигаемый параметр шероховатости $R_a = 0,03$ мкм.

Обработка свободным абразивным зерном. Разделяется на жидкостную абразивную и турбоабразивную обработку, притирку, доводку пастами.

Жидкостная абразивная обработка — процесс отделки поверхностей смесью жидкости с абразивными зёрнами, подающейся на заготовку со скоростью до 50 м/с под углом 25—40°. Достижимый параметр шероховатости $R_a = 0,16$ мкм. В состав рабочей

жидкости входят 25—50 % массовых долей абразивных зерен и 25—50 % массовых долей содовой эмульсии. Для придания жидкости антикоррозионных свойств в ее состав вводят 0,5—1 % нитрида натрия или другого ингибитора коррозии. Материал абразивных зерен — Э, КЗ, зернистостью 40—10 (при очистке) и М10—М5 (при полировании). Глубина съема металла 0,005 мм.

Турбоабразивная обработка — обработка в псевдокипящем слое, когда под действием сжатого воздуха, подаваемого в контейнер, абразивные зерна, находящиеся в нем, переходят во взвешенное состояние и, перемещаясь, совершают обработку детали, помещенной в этот же контейнер. Иногда изделию сообщают дополнительное вращательное или колебательное движение. Съем металла при окружной скорости изделия 15 м/с достигает 1,5—3 мкм/мин. Процесс применяется не только при полировании, но и при снятии заусенцев, скруглении режущих или иных острых кромок, подготовке поверхности под последующее покрытие.

Притирка и доводка — процессы отделочной обработки с помощью паст или суспензий, содержащих мелкозернистые абразивные порошки и смазку. При притирке кроме отделки поверхности достигается исправление формы изделий, особенно сопрягаемых. Достижимый параметр шероховатости $R_a = 0,02$ мкм при исходной шероховатости $R_a = 1,25—0,16$ мкм. Абразивными материалами служат Э, КЗ, КБ, эльбор, алмаз зернистостью М28—М1. Обработка ведется с помощью притиров (шаржированных абразивными зернами или нешаржированных) плоских или круглых (дисковых). Механизированная притирка и доводка осуществляются при скоростях 5—180 м/мин и давлениях 0,05—0,2 МПа. В этом случае обработка ведется на специальных доводочных станках, изделия закрепляются в сепараторах, которым сообщается колебательное движение. Обрабатываемые изделия должны быть рассортированы по размерам с точностью 0,005—0,01 мм.

С появлением новых абразивных материалов и повышением их режущих свойств доводочные операции переводятся на обработку мелкозернистыми шлифовальными кругами.

Шлифование и заточка режущих инструментов. Одна из самых ответственных операций, влияющих на качество инструмента как нового, так и восстанавливаемого после затупления. Обеспечение высокого качества инструмента во многом достигается правильным выбором характеристик шлифовальных кругов, схемы обработки, режимов шлифования.

В табл. 14.31 приведены рекомендуемые ВНИИАШ [279] характеристики шлифовальных кругов для различных заточных и шлифовальных операций, встречающихся при изготовлении и заточке инструмента. Ориентировочные режимы заточки инструмента из быстрорежущей стали и твердых сплавов даны в табл. 14.32, а инструмента из сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора — в табл. 14.33. Шлифование при заточке разделяют на многопроходное, глубинное, с врезанием.

При многопроходном шлифовании многозубого инструмента весь припуск снимается за несколько оборотов инструмента (с делением на зуб после каждого прохода). При глубинном шлифовании припуск снимается за один-три прохода. Шлифование с врезанием осуществляют поперечной подачей круга с наложением в ряде случаев продольного (вдоль обрабатываемой поверхности) осциллирующего движения.

Заточку нового инструмента (иногда и переточку) производят, разделяя операцию на черновую, чистовую, доводочную и используя электрокорундовые (черновая обработка), а затем эльборовые (чистовая обработка) круги для обработки быстрорежущего инструмента и круги из карбида кремния, а затем алмазные круги для обработки твердосплавного инструмента.

Круги из карбида кремния при обработке твердосплавной пластины и стальной державки рекомендуется использовать при припуске более 0,5 мм и соотношении площадей шлифуемой державки и пластинки более чем 1 : 1.

Круги из электро- и монокорунда дают наибольший эффект при обработке инструмента из быстрорежущих сталей, в том числе на операциях глубинного шлифования (связка бакелитовая или вулканитовая): заточке сверл, вышлифовке канавок инструмента и др. Круги из эльбора и кубонита предназначены для глубинной, с обильным охлаждением, заточки торцом круга и чистовых операций, на которых обеспечивают получение параметра шероховатости до $R_a = 0,16$ мкм. Алмазные круги на металлической связке используют на заточных черновых и получистовых (иногда и на чистовых) операциях, при вышлифовке стружечных канавок на твердосплавном инструменте, на операциях электроалмазного шлифования. Параметр шероховатости заточенных поверхностей $R_a \geq 0,32$ мкм. Для чистовой заточки ($R_a < 0,32$ мкм) служат круги на керамической (при одновременной обработке твердого сплава со сталью) или органической связках.

Прочие виды абразивной обработки. К ним относятся электроалмазное шлифование, отделка, хонингование с наложением колебаний (частотой до ультразвуковых), высокоскоростное шлифование, электромагнитное шлифование.

Электроалмазное шлифование, отделка, хонингование. Осуществляются с наложением ультразвуковых колебаний с амплитудой 5—25 мкм при круглом и плоском шлифовании алмазными кругами на металлических связках. Колебания частотой до 22 кГц передаются через жидкую среду на поверхность круга и воздействуют как на процесс электрохимического растворения, так и на процессы микрорезания, способствуя очистке поверхности круга от металлической стружки и абразивной пыли. Производительность обработки возрастает в 3—5 раз.

Высокоскоростное шлифование. При обработке стальных заготовок абразивными кругами на специальных связках достигается скорость шлифования до 150 м/с. На станках для вышли-

14.31. Рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов при обработке различных инструментов

Изделие	Материал изделия	Операция обработки	Характеристика абразивных инструментов			
			Материал	Зернистость	Степень твердости (для инструментов из эльбора и алмаза, — концентрация абразивных материалов)	Связка
Гребенки зуборезные	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Обработка рабочей части зубьев: фасонное шлифование заточка доводка	91A; 23A; 24A ЛО 91A; 23A; 24A 63C ЛО ЛО	25—16 16—8 25—16 6—5 16—5 M14—M40	CM1—CM2 CM1—C1, 100 % M3—CM1 M3—CM1 CM2—C2, 100 % 100 %	К К К Б К Б
Гребенки резьбовые круглые	То же	заточка выемки Круглое наружное шлифование Шлифование резьбы с шагом, мм: до 1 1—1,5 1,5—2,5 До 4	91A; 23A; 24A 91A; 23A; 24A 23A; 24A 24A; 25A 24A; 25A 24A; 25A	16—12 25—16 M40—M28 5—M40 6—5 10—6	CM2—C1 CM2—C1 C1—C2 CM2—C1 CM1—CM2 M3—CM1	К К К К К К
Долбки зуборезные	»	Плоское шлифование: торцом круга периферией круга Шлифование зубьев с модулем: $m \leq 1$ $m = 2$ $m = 3 \div 4$ $m = 5 \div 6$	91A; 23A 91A; 23A ЛО 91A; 23A; 24A 23A; 24A 91A; 23A; 24A 91A; 23A; 24A 91A; 23A; 24A ЛО	50—40 40—25 16—8 25—16 10—8 16—12 25—16 40—25 16—8	M3—CM1 CM1—CM2 100 % CM1—CM2 CM1—CM2 CM2—M3 M2—M3 M3—CM1 CM2, 100 %	К Б Б К К К К К К

Метчики	Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая незакаленная	Заточка	91А; 24А	40—25	МЗ—СМ1	К
		Доводка	ЛО	12—8	100 %	Б
		Круглое обдирочное шлифование	ЛО 14А; 15А	6—5 50—40	100 % СТ2—СТ3	Б Б
Ножи вставные для раз-верток	Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая закаленная Сталь конструкционная углеродистая и легированная закаленная Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование квадрата	15А; 91А; 23А	40—25	С1—С2	К
		Плоское шлифование	ЛО	10—8	100 %	Б
		Плоское шлифование: предварительное окончательное	91А; 23А; 24А 14А; 15А ЛО	40—25 50—40 16—5	МЗ—СМ1 СМ2—С1 СМ2—С2, 100 %	К Б К
		Заточка	91А; 23А; 24А	25—16	СМ1—СМ2	К
		Доводка	63С	6—5	С1—С2	Б
		Заточка	63С; 64С	25—16	СМ1—СМ2	К
Ножи вставные для фрез	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Доводка	АСР	80/63	100 %	Б
		Плоское шлифование	91А; 23А; 24А 91А; 23А; 24А	40—25 16—12	С1—С2 СТ1—СТ2	К К
	Твердые сплавы	Заточка	91А; 23А; 24А 63С; 64С	40—25 25—16	СТ1—СТ2 СМ1—СМ2	К К
		Доводка	АСР	80/63	100 %	Б
Плашки круглые	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование: периферией круга торцом круга	91А; 23А; 24А 14А; 15А	40—25 50—40	СМ—С1 СМ2—С1	К Б
		Внутреннее шлифование	91А; 23А	20—12	СТ1—СТ2	К
		Заточка	91А; 24А; 25А	20—12	СТ1—СТ2	К
Протяжки круглые	То же	Круглое наружное шлифование	91А; 23А 24А ЛО	25—16 16—5	СМ1—СМ2 СМ2, 100 % МЗ—СМ2	К К К
		Шлифование шлицев	43А; 44А ЛО	25—16 12—8	СМ2—С2 100 %	К К

Изделие	Материал изделия	Операция обработки	Характеристика абразивных инструментов			
			Материал	Зернистость	Степень твердости (для инструментов из эльбора и алмаза — концентрация абразивных материалов)	Связка
Протяжки плоские	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Обработка передней поверхности зубьев: заточка	91A; 23A; 24A	25—16	CM2—C1	К
			43A; 44A	25—16	C1—C2	К
			ЛО	8—5	100 %	Б
		доводка	ЛО	12—6	CM1—C1, 100 %	К
			63C	6—5	CM2—C1	Б
		Плоское шлифование	91A; 23A; 24A	40—25	CM2—C1	К
			43A; 44A	40—16	M3—CM2	К
			ЛО	16—5	CM2—C2, 100 %	К
		Заточка передней и шлифование задней поверхности зубьев	91A; 23A; 24A	25—16	CM2—C1	К
			ЛО	12—8	100 %	Б
Развертки	Сталь инструментальная и легированная закаленная	Круглое наружное шлифование:				
		предварительное	91A; 23A; 24A	40—25	CM2—C2	К
		окончательное	91A; 24A; 25A	25—16	CM2—C1	К
			43A; 44A	25—20	C1—C2	К
		Плоское шлифование задних граней	23A; 24A	40—25	CM1—CM2	К
		Обработка передних граней:				
		заточка	93A; 13A; 91A; 24A	25—16	CM1—CM2	К
			43A	40—25	M3—CM1	К
			ЛО	12—8	100 %	Б
			ЛО	6—5	100 %	Б
	Твердые сплавы	доводка				
		Обработка передних граней:				

Резцы	Сталь конструкционная незакаленная	заточка	63C	25—16	M3—CM1	K
		доводка	ACP	80/63	100 %	Б
		Заточка державки	14A; 15A; 93A	50—40	C1—C2	K
		Заточка рабочей части:	91A; 23A; 24A 91A; 23A; 24A	40—25 16	CM2—C1	K
					CM1—CM2	K
	Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая закаленная	предварительная	ЛО	12—8	100 %	Б
					CM2—C1	Б
		Доводка рабочей части	63C	6—5	CM2—C1	Б
		Заточка рабочей части:	63C	40—25	CM1—CM2	K
					C1—C2	Б
		окончательная	63C; 54C	25—16	M3—CM1	K
					CM1—CM2	Б
		Доводка рабочей части	63C; 64C	6—5	CM2—C1	Б
					100 %	M
Сверла	Сталь быстрорежущая закаленная	Бесцентровое шлифование	ACP	125/100	100 %	Б
			ACP	100/80	100 %	Б
		Заточка	91A	40—25	C1—CT1	K
			23A; 24A	40—25	CM2—C2	K
			23A; 24A	25—16	CM1—CM2	K
Фрезы двухугловые несимметричные	То же	Заточка:	ЛП, ЛО	6—8	C2—CT3, 100 %	K
			23A; 24A	40—25	CM1—CM2	K
					CM2—C1	K
		Доводка	43A	20—25	CM2—C1	K
			63C	6—5	C2—CT1	Б
Фрезы дисковые двух- и трехсторонние	»	Заточка	ЛО	5—6	100 %	Б
			23A; 24A	25—16	CM2—C1	K
		Доводка	43A	40—25	CM2—C1	K
			63C	6—5	C2—CT1	Б
			ЛО	5—6	100 %	Б
Фрезы дисковые модульные	»	Заточка	23A; 24A	25—16	CM2—C1	K
			ЛО	8—12	100 %	Б
		Доводка	63C	6—5	C2—CT1	Б
			ЛО	5—6	100 %	Б

Изделе	Материал изделия	Операция обработки	Характеристика абразивных инструментов			
			Материал	Зернистость	Степень твердости (для инструментов из эльбора и алмаза — концентрация абразивных материалов)	Связка
Фрезы торцовые со вставными ножами	Твердый сплав	Заточка	63С; 64С	25—16	М3—СМ1	К
		Доводка	АСР	125/100—100/80	100 %	Б
		Плоское шлифование: торцом круга периферией круга Внутреннее шлифование	23А; 24А	50—40	М3—СМ1	К
			91А; 23А; 24А	40—25	СМ1—СМ2	К
			91А; 24А; 24А	40—25	СМ1—СМ2	К
Фрезы червячные	Сталь быстрорежущая закаленная	Заточка	23А; 24А	40—25	СМ1—СМ2	К
		Доводка	ЛО	8—12	100 %	Б
			63С	6—5	СМ2—С1	Б
			ЛО	5—6	100 %	Б
		Плоское шлифование Внутреннее шлифование Шлифование профиля	93А; 14А; 15А	40—25	СМ1—СМ2	К
			91А; 23А; 24А	40—25	СМ1—СМ2	К
			23А; 24А	25—16	СМ2—С1	К
		Заточка	23А; 24А	25—16	СМ1—СМ2	К
			43А	40—25	М3—СМ1	К
			ЛО	8—12	100 %	Б
Фрезы шлицевые	То же	Шлифование профиля	91А; 23А; 24А	16—12	СМ2—С1	К
			43А	25—16	М3—С1	К
		Заточка	23А; 24А	40—25	С1—С2	К
			43А	40—25	М3—СМ1	К
			ЛО	8—5	100 %	Б
			ЛО	12—6	СМ1—С1, 100 %	К

14.32. Режимы резания при заточке инструмента

Материал обрабатываемого инструмента	Характеристика шлифовального круга		Режимы обработки					
	Абразивный материал	Связка	Скорость шлифования v , м/с	Продольная и поперечная подача при шлифовании				
				многопроходном		глубинном		врезанием
				$S_{пр}$, м/мин	$S_{поп}$, мм/дв. ход	$S_{пр}$, м/мин	$S_{поп}$, мм/дв. ход	$S_{поп}$, м/мин
Быстро-режущая сталь	Электрокорунд, монокорунд	Керамическая	18—25	3—15	0,03—0,06	—	—	1—8
		Бакелитовая, вулканическая	40—80	—	—	0,3—2	0,2—2 *	—
	Эльбор	Органическая, керамическая	20—30	1—4	0,01—0,03	0,05—1	0,2—0,5	—
	Алмаз	Органическая	15—20	0,5—1	0,005—0,01	—	—	—
Твердый сплав	Карбид кремния	Керамическая, бакелитовая	6—15	5—8	0,08—0,12	—	—	4—12
	Алмаз	Металлическая	15—20	2—3	0,05—0,08	0,01—0,5	0,2—1 **	0,5—4
		Керамическая	25—35	1,5—2	0,03—0,05	—	—	—
		Органическая	25—30	0,5—2	0,005—0,02	—	—	0,3—1

* При вышлифовывании до 8 мм. ** При вышлифовывании до 5 мм.

14.33. Рекомендуемые режимы резания при заточке и доводке резцов и державок фрез, оснащенных сверхтвердыми синтетическими материалами на основе кубического нитрида бора

Операция	Характеристика шлифовального круга, пасты	Станок	Скорость круга, м/с	Продольная подача, м/мин	Глубина резания, мм/дв. ход
Предварительная обработка корпуса (державки)	24А 25 СМ2 К	Заточной типа ЗА64М	25	3	0,04
Заточка по главной и вспомогательной задним поверхностям под углом α	АСО 80/63—125/100 Б1 100 %		25	1	0,01—0,02
Заточка по передней поверхности под углом γ	АСО 80/63—125/100 Б1 100 %		25	1	0,01—0,02
Доводка передней поверхности под углом γ	АСМ 28/20—14/10 Б1 100 %	Заточной типа ЗА64М Притирочный	25	0,5	0,005
	Паста АМ, АСМ 28/20—20/14		—	—	—
Доводка главной задней поверхности под углом α , вершины резца по радиусу r и по вспомогательной задней поверхности под углом α_1	АСМ 3/2 — Б1 100 % Паста АМ, СМ 28/20—20/14	Заточной типа ЗА64М Притирочный	25 —	0,5 —	0,005 —

Пр и м е ч а н и е. Заточку и доводку рекомендуется производить с применением СОЖ

**14.34. Рекомендуемые способы хранения
шлифовальных кругов, головок, брусков и сегментов**

Абразивный инструмент	Размеры инструмента, мм	Способ хранения				
		в ящиках или ко- робках	на ребре	стопкой высотой мм, не более		
				300	600	1090
Круги ПП, ПВ, К, ПВД ПДК, ПВДК	Диаметром до 70 Диаметром свы- ше 70 до 500 Диаметром свы- ше 500	×	×			×
2П, 3П Д ПР и ПН ЧЦ	Всех размеров » » » Диаметром до 200 Диаметром свы- ше 200		×		× × × ×	×
1Т, 2Т, 3Т, 4Т И КС	Всех размеров » » »			×	×	
Головки всех форм (ГОСТ 2447—82)	» »	× ×				
Бруски (ГОСТ 2456—82)	» »	×				
Сегменты (ГОСТ 2464—82*)	» »	×		×	×	
Примечание Знаком «×» отмечен способ хранения инструмента						

фовки канавок сверл и квадратов метчиков скорость шлифования достигает 100 м/с. При исследованиях алмазного высокоскоростного шлифования установлено, что при скоростях 250 м/с составляющие сил резания уменьшаются в два-три раза (по сравнению с силами резания при скорости 60 м/с), снижаются износ алмаза и деформация обработанного поверхностного слоя.

Электромагнитное шлифование. Осуществляется абразивными зернами с металлическим покрытием. Под воздействием магнитного поля зерна располагаются вдоль магнитных полей, а перемещение изделия поперек полей обеспечивает обработку с высоким качеством его поверхности. Этим способом обрабатываются сверла, метчики из быстрорежущих сталей и твердых сплавов и другие виды изделий.

Особенности контроля, эксплуатации и хранения абразивного инструмента. *Хранение абразивных инструментов.* Абразивные инструменты подлежат хранению в специальных помещениях, не подверженных сотрясениям, при температуре не ниже 5° и влажности воздуха не более 65 % (табл. 14.34).

**14.35. Значения допустимой неуравновешенной массы
шлифовального круга, г**

Масса шлифовального круга, кг	Класс неуравновешенности			
	1-й	2-й	3-й	4-й
От 0,20 до 0,25	2,5	4,0	6,0	12,0
Свыше 0,25 до 0,30	2,5	4,5	7,0	14,0
» 0,30 » 0,40	3,0	5,0	7,5	15,0
» 0,40 » 0,50	3,5	5,5	9,0	17,0
» 0,50 » 0,63	4,0	6,0	10,0	20,0
» 0,63 » 0,80	4,5	7,0	11,0	22,0
» 0,80 » 1,00	5,0	7,5	12,0	25,0
» 1,0 » 1,25	5,5	9,0	14,0	27,0
» 1,25 » 1,60	6,0	10,0	15,0	30,0
» 1,60 » 2,00	7,0	11,0	17,0	35,0
» 2,00 » 2,50	7,5	12,0	20,0	40,0
» 2,50 » 3,00	9,0	14,0	22,0	45,0
» 3,00 » 4,00	10,0	15,0	25,0	50,0
» 4,00 » 5,00	11,0	17,0	27,0	55,0
» 5,00 » 6,30	12,0	20,0	30,0	60,0
» 6,30 » 8,00	14,0	22,0	35,0	70,0
» 8,00 » 10,00	15,0	25,0	40,0	75,0
» 10,00 » 12,50	17,0	27,0	45,0	85,0
» 12,50 » 16,00	20,0	30,0	50,0	95,0
» 16,00 » 20,00	22,0	35,0	55,0	110,0
» 20,00 » 25,00	25,0	40,0	60,0	120,0
» 25,00 » 30,00	27,0	45,0	65,0	135,0
» 30,00 » 40,00	30,0	50,0	75,0	150,0
» 40,00 » 50,00	35,0	55,0	85,0	170,0
» 50,00 » 69,00	40,0	60,0	95,0	190,0
» 69,00 » 80,00	45,0	65,0	110,0	215,0
» 80,00 » 100,00	50,0	75,0	120,0	240,0
» 100,00 » 125,00	55,0	85,0	135,0	270,0
» 125,00 » 160,00	60,0	95,0	150,0	300,0
» 160,00 » 200,00	70,0	110,0	170,0	340,0
» 200,00 » 250,00	75,0	120,0	190,0	380,0
» 250,00 » 300,00	85,0	130,0	210,0	420,0

Тканевые и бумажные шлифовальные шкурки укладываются перекрестно штабелями высотой до 9 рядов. Водостойкая бумажная шлифовальная шкурка должна храниться в хорошо вентилируемых помещениях в пакетах, а пакеты — в штабелях высотой до 1 м. Расстояние между пакетами в ряду не менее 50 мм, между штабелями — не менее 1 м. При хранении такой шкурки необходимо постоянно контролировать температуру пакета.

Подготовка инструмента к работе. Контроль наличия трещин производят внешним осмотром, простукиванием — круги с трещинами издают дребезжащий звук. Контроль геометрических размеров — непосредственным измерением. Контроль твердости кругов (ГОСТ 18118—79*, ГОСТ 19202—80, ГОСТ 21323—75) — с помощью приборов типа ТР («Роквелл»), ТКВ (модернизированный «Роквелл»), «Звук 107-01», «Звук 107-02», «Звук 202-01» или

«Звук 202-02», пескоструйных приборов. Контроль неуравновешенности (ГОСТ 3060—75) осуществляют на балансировочных станках или приспособлениях. Балансировку рекомендуется производить вместе с крепежными фланцами на самом станке с помощью специальных устройств. Значения допустимой неуравновешенности массы шлифовального круга приведены в табл. 14.35. Балансировка кругов производится после испытания на периферическую скорость, которая устанавливается равной:

Для шлифовальных кругов на керамической и органической связках при наружном диаметре круга более 150 мм и рабочей скорости $v_p < 40$ м/с	1,5 v_p
Для тех же и эльборовых кругов при диаметре более 30 мм и рабочей скорости:	
$v_p = 40 \div 50$ м/с	1,4 v_p
$v_p = 60 \div 80$ м/с	1,3 v_p
Для отрезных кругов (типа Д) при диаметре более 250 мм и $v_p < 80$ м/с	1,3 v_p
Для полировальных кругов на вулканитовой связке при диаметре, равном 200 мм, и $v_p \leq 25$ м/с	1,3 v_p

Алмазные круги подвергаются динамической балансировке на специальных станках. Испытание кругов на прочность регламентирует ГОСТ 12.3.028—

82*. Круги диаметром свыше 150 мм, работающие на скоростях более 40 м/с, должны подвергаться испытаниям на прочность (кроме кругов типов ПН, ПР, ПНР, ПНВ, К и скоростных кругов диаметром менее 30 мм). Не подвергаются испытаниям сегменты и бруски всех типов. Окружная скорость при испытаниях алмазных кругов выбирается в соответствии с табл. 14.36. Круги при испытаниях закрепляются на валу испытательного станка непосредственно или с помощью фланцев (ГОСТ 2270—78).

14.36. Предельно допустимые окружные скорости алмазных кругов

Форма круга	Окружная скорость, м/с, кругов на связке		
	керамической	органической	металлической
1A1; 14U1; 14A1	30	35	40
A8	—	25	30
6A2, 12A2-45°	35	35	35
9A3	25	30	35
12V5-45°, 12V5-20°, 12D9, 12R4	—	35	35
12A2-20°	—	30	35
Прочие	—	30	30

Изменение твердости инструмента в зависимости от условий эксплуатации. Для повышения твердости абразивного инструмента на керамической связке применяется бакелизация, которая заключается в пропитке инструмента в бакелитовом растворе, содержащем лак бакелитовый (ГОСТ 901—78*) и растворитель — смесь из 70 % гидролизного этилового спирта (ГОСТ 131—67*) и 30 % воды (табл. 14.37).

14.37. Количество лака при пропитке инструмента

Твердость до пропитки	Твердость после пропитки	Массовая доля * лака, %	Твердость до пропитки	Твердость после пропитки	Массовая доля * лака, %
МЗ	СМ1 СМ2 С1 С2	10/20 20/50 30 50	С1	С2 СТ1 СТ2	20/50 30 50
СМ1	СМ2 С1 С2	10/30 20/50 40	С2	СТ1 СТ2	20/50 40
СМ2	С1 С2 СТ1	10/40 30 50	СТ1	СТ2 СТ3	30 50
			СТ2	СТ3 Т1	40 60

* В знаменателе указана массовая доля лака для инструмента зернистостью 25—12, в остальных случаях для инструмента зернистостью 50—40.

Пропитка осуществляется с переворотом: пропитывают одну часть, затем другую. Сушка сначала естественная, вместе со шкафом, затем искусственная, в три цикла: при температуре 100 °С выдерживают 1 ч, при 140 °С — 1 ч, при 180 °С — 4 ч. Охлаждают вместе со шкафом.

При необходимости понизить твердость инструмента на керамической связке его окунают в кипящий 20 %-ный водный раствор каустической соды (ГОСТ 2263—79*) и выдерживают в растворе от 3 до 150 мин в зависимости от зернистости инструмента и требуемой твердости. Затем инструмент промывают в течение двух часов в проточной воде и сушат сначала на воздухе около 1 ч, а затем в сушильном шкафу при 100—120 °С в течение 2 ч. После обработки инструмент проверяют на твердость, отсутствие трещин (простукиванием), механическую прочность при окружных скоростях 1,6v_p (см. табл. 14.35).

Эксплуатация абразивного инструмента. Крепление инструмента на станках осуществляется механическим способом с помощью оправок, фланцев или путем наклейки (кольцевые круги, хонинговальные бруски). Крепление кругов — на оправках и фланцах. Шлифовальные круги после установки на станок необходимо заправить и отбалансировать. Зона шлифования должна быть закрыта кожухами или другими способами для обеспечения безопасной работы.

Режимы обработки. Зависят от обрабатываемого материала, формы и размеров изделий, состояния оборудования. Скорость шлифования выбирается близкой к допустимой окружной скорости круга и в соответствии с возможностями станка (табл. 14.38). С уменьшением окружной скорости круг изнашивается быстрее, что требует применения более твердых кругов. Очевидно, что при

14.38. Рабочие скорости шлифовального круга v_p

Инструмент, тип	Подача инструмента	Скорость инструмента, м/с на связке		
		керамической	баке-литовой	вулканитовой
Инструмент для шлифования с рабочей скоростью 25—40 м/с				
Круги плоские прямого профиля ПП	Ручная	30	40	35
	Механическая или автоматическая	35	40	35
Круги плоские с двусторонним коническим профилем 2П	То же	35	35	—
Круги плоские с коническим профилем 3П	»	—	35	—
Круги плоские с выточкой ПВ	Ручная	25	—	—
	Механическая	35	35	—
Круги плоские с конической выточкой ПВК	То же	30	—	—
	»	35	35	—
Круги плоские с двусторонней выточкой ПВД	»	30	—	—
Круги плоские с двусторонней конической выточкой ПВДК	Ручная	—	30	—
Круги плоские специальные рифленные ПР	Механическая или автоматическая	—	35	—
Круги плоские специальные наращенные ПН	Механическая	25	30	25
Круги кольцевые К	Ручная	25	30	—
Круги чашечные цилиндрические ЧЦ	Механическая	30	35	—
Круги чашечные конические ЧК	Ручная	25	30	—
	Механическая	30	35	—
Круги тарельчатые Т	Механическая или автоматическая	30	30	—
	То же	—	40	—
Круги для разрезания минералов М	»	25	25	—
Головки шлифовальные всех типов				
Круги для шлифования с рабочей скоростью более 40 м/с				
Круги плоские прямого профиля для обдирочного шлифования ПП:	Ручная	50	60	—
	Механическая или автоматическая	50—65	—	50—65
	Механическая или ручная	50	50—60	50—60
диаметром до 150 мм всех высот для шлифовальных работ				
диаметром 175 мм и более, всех зернистостей и твердостей для шлифовальных работ				

Инструмент, тип	Подача инструмента	Скорость инструмента, м/с, на связке		
		керамической	баке-литовой	вулканитовой
диаметром 175 мм и более, всех высот, зернистостью 25 и мельче, твердостью СМ и тверже для шлифовальных работ	Механическая или автоматическая	50—60	50—60	50—60
Круги отрезные Д	Механическая или ручная	—	50—80	60
Круги плоские 2П с двусторонним коническим профилем для нарезания и шлифования резьбы, зернистостью 12 и мельче	То же	55	55	—

изнашивании круга уменьшается его диаметр, а значит и скорость резания и производительность. В связи с этим на станках целесообразно иметь регулируемый привод вращения круга, увеличивающий частоту вращения при его изнашивании. При чистовой обработке и обработке труднообрабатываемых материалов скорость резания уменьшают. При работе на станках, не имеющих достаточно быстроходных шпинделей (особенно при внутреннем шлифовании), обработку производят более твердыми кругами.

Припуск на шлифование зависит от вида обработки. Обычно шлифование осуществляют за три операции: предварительное (снимается 0,5—0,6 припуска), чистовое (снимается 0,3—0,35 припуска) и окончательное (снимается 0,05—0,1 припуска). Однако при обдирочных работах, при глубинном шлифовании, припуск значительно увеличивают (до 12 мм).

Подача влияет на производительность обработки, поэтому целесообразно применять станки с механической подачей, равномерно нагружающей круг. Ручная, неравномерная подача требует применения кругов большей твердости. Для повышения производительности шлифования подачу целесообразно изменять пропорционально изменению скорости круга. Соотношение скорости круга (v_k) и скорости подачи изделия (v_n) $q = v_k/v_n$ при обработке различных материалов выбирается по табл. 14.39. При чистовом шлифовании q увеличивают в два—четыре раза.

В зависимости от вида обработки и требований к точности и чистоте обработки шлифовальные станки должны соответствовать классам П, В и А. Исключением являются станки для обдирочных работ, отрезные и другие станки для грубого шлифования.

14.39. Рекомендуемые значения q

Обрабатываемый материал	Материал круга	Степень твердости круга и значение q									
		Круглое шлифование		Внутреннее шлифование		Плоское шлифование					
						торцом		периферией		сегментами	
		q	Степень твердости	q	Степень твердости	q	Степень твердости	q	Степень твердости	q	Степень твердости
Сталь закаленная	Корунд	125	<i>K</i>	80	<i>J</i>	80	<i>K</i>	50	<i>I</i>	50	<i>J</i>
Сталь не-закаленная	Корунд	125	<i>L</i>	80	<i>K</i>	80	<i>K</i>	50	<i>J</i>	50	<i>K</i>
Чугун	Карбид кремния	100	<i>L</i>	63	<i>K</i>	63	<i>L</i>	40	<i>J</i>	40	<i>K</i>
Медь, бронза, латунь		80	<i>J</i>	50	<i>J</i>	50	<i>J</i>	32	<i>H</i>	32	<i>I</i>
Легкие сплавы		50	<i>I</i>	32	<i>H</i>	32	<i>I</i>	20	<i>G</i>	20	<i>H</i>

Примечание. Зернистость кругов: 25 — при круглом шлифовании; 50 — при внутреннем шлифовании и плоском шлифовании торцом круга; 63 — при плоском шлифовании периферией круга или сегментами.

Форма и размер обрабатываемого изделия оказывают существенное влияние на процесс шлифования. Массивные, хорошо отводящие тепло изделия позволяют применять более твердые круги, ускорять режимы обработки. Тонкостенные изделия требуют применения мягких кругов открытых структур. С увеличением площади контактного шлифовального круга с изделием, а также с увеличением диаметра изделия твердость кругов должна уменьшаться.

Изделия с прерывистыми поверхностями, способствующими самозатачиванию, а также инструмент с прерывистой поверхностью позволяют вести обработку более твердыми кругами; они применяются и при профильном шлифовании.

В процессе обработки шлифовальные круги должны подвергаться правке, при которой удаляются затупившиеся зерна, связка и металлическая стружка. Толщина слоя, удаляемая при правке, равна $(0,15 \div 0,2) d_3$ мм, где d_3 — средний размер абразивного зерна, мм. Изнашивание шлифовального круга за период между двумя правками с учетом толщины слоя, удаляемого

14.40. Мощность при шлифовании

Вид шлифования	Расчетная формула				
Круглое наружное: с продольной подачей	$N = 0,208 (v_n S_0 t)^{0,7} D_n^{0,25} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
с радиальной подачей	$N = 0,132 (v_n t)^{0,7} D_n^{0,25} L_n K_1 K_2$				
Внутреннее с продольной подачей	$N = 0,231 (v_n S_0 t)^{0,7} D_n^{0,25} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
Бесцентровое: с продольной подачей	$N = 0,237 (v_n S_0 t)^{0,7} D_n^{0,25} B_k K_1 K_2$				
с радиальной подачей	$N = 0,151 (v_n t)^{0,7} D_n^{0,25} L_n K_1 K_2$				
Плоское на станках с прямоугольным столом: периферией круга	$N = 0,63 (v_n S_0 t)^{0,7} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
торцом круга	$N = 0,73 (v_n B_{пр} t)^{0,7} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
Плоское на станках с круглым столом: периферией круга	$N = 0,63 (v_n S_0 t)^{0,7} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
торцом круга	$N = 0,73 (v_n B_{пр} t)^{0,7} B_k^{0,25} K_1 K_2$				
Примечания: 1. Значения коэффициента K_1 приведены ниже:					
Твердость круга	M2—M3	CM1—CM2	C1—C2	CT1—CT2	CT3—T1
K_1	0,9	1,0	1,16	1,36	1,58
2. Значения коэффициента K_2 приведены ниже:					
Материал	Жаропрочная сталь	Закаленная сталь	Незакаленная сталь	Чугун	
K_2	1,2	1,1	1,0	0,9	
3. Приняты следующие обозначения: v_n — скорость детали, м/мин; S_0 — продольная подача, мм/об, или поперечная подача, мм/ход; $B_{пр}$ — приведенная, т. е. сплошная, ширина шлифования, мм; t — глубина шлифования, мм; D_n — диаметр детали, мм; B_k — ширина круга, мм; L_n — ширина шлифуемой поверхности, мм; N — мощность, кВт.					

при правке, составляет: при правке алмазным инструментом — $0,25d_3$, при правке кругами из карбида кремния — $0,29d_3$, при правке стальными дисками — $0,325d_3$. При профильном шлифовании и шлифовании врезанием толщина удаляемого слоя зависит от формы профиля, степени размера его износа. Износ шлифовальных кругов увеличивается еще и за счет необходимости более частой правки.

Алмазные и эльборовые круги после установки на шпиндель станка подвергаются проверке индикатором на биение рабочего слоя (не менее чем в 8 точках, равномерно расположенных на рабочей поверхности). Допустимое биение $0,02$ мм при получистовых заточных работах и $0,01$ мм при чистовом и доводочном шлифовании. При биении свыше допустимого круг необходимо заправить. Снимать круги со станка следует только при их замене. При новой установке круга проверку необходимо провести заново.

Силы резания и мощность при шлифовании. Мощность при шлифовании рассчитывают по формулам, приведенным в табл. 14.40. Составляющую силы резания P_z определяют через мощность по формулам, приведенным в предыдущих главах. Составляющая силы резания $P_y \approx (2 \div 3) P_z$.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ

Для каждого типа производства (единичного, серийного) технология изготовления инструмента имеет свои особенности. Однако общая тенденция развития технологии на современном этапе заключается в создании гибких технологических систем, обеспечивающих эффективную обработку как в условиях единичного, так и серийного производства при минимальных затратах времени на перестройку, переналадку системы при изменении размеров или формы обрабатываемых изделий. Внедрению таких систем во многом будет способствовать типизация технологических процессов изготовления инструментов на базе их технологической классификации [57]. Примером такой классификации для режущего инструмента является классификация, приведенная в [63].

Типизация технологических процессов, оборудования, оснастки должна производиться с учетом класса инструмента и диапазонов размеров.

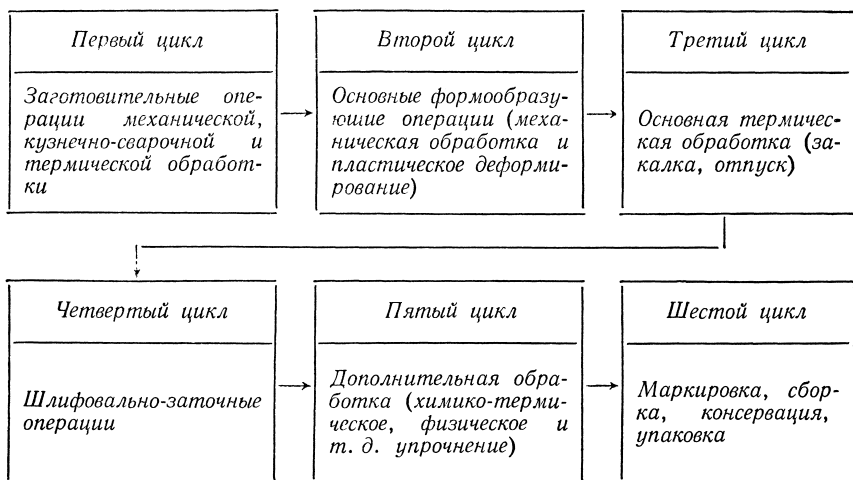
Каждый типовой технологический процесс можно рассматривать как часть базового технологического процесса, свойственного технологическим особенностям производства инструментов. Базовый процесс включает три механических, два термических и один сборочный циклы и отражает маршрут движения инструментов при их производстве.

Базовый процесс — наиболее полный, охватывающий все типы производства. В конкретных условиях на его основе создаются упрощенные процессы. На рис. 15.1 приведены базовый (а) и упрощенный (б) технологические процессы изготовления инструментов класса «Валики» группы цельного инструмента. В упрощенном процессе сокращен заготовительный цикл, а цикл формообразующих операций объединен с циклом шлифовально-заточных операций.

15.1. Заготовительные операции

Основной задачей операций этого цикла является подготовка заготовок инструмента под последующую обработку. На этих операциях создаются технологические базы, закладываются основы для получения инструментов высокого качества.

а)



б)

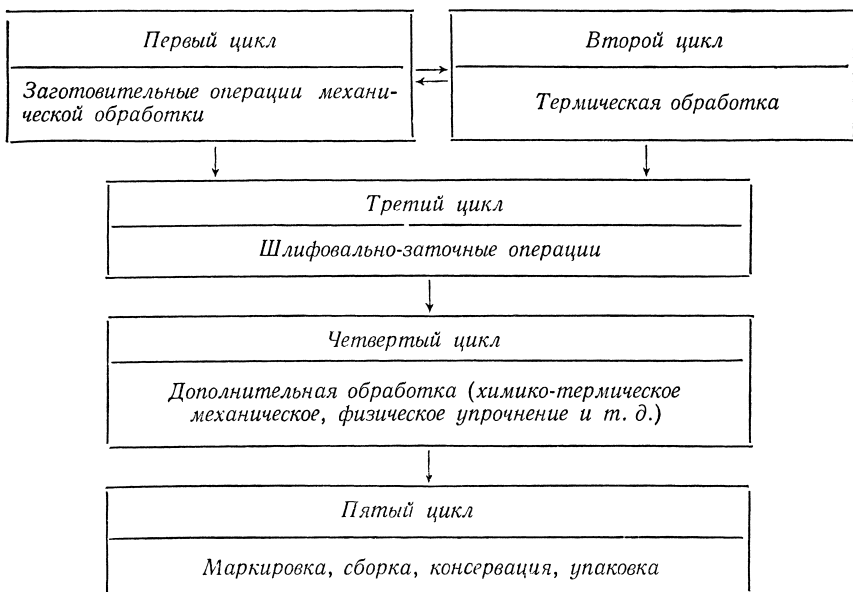


Рис. 15.1. Схема технологического процесса изготовления инструментов типа «Валики»

Оборудование, рекомендуемое для оснащения базового процесса, описано в работе [349].

Исходными материалами, поступающими на заготовительные операции, являются прутки, поковки, полосы, профильный прокат, штучные заготовки и т. п. Сортамент стальных материалов — прутки и полосы. В состоянии поставки в зависимости от формы поперечного сечения и способа обработки поверхности они могут быть:

Горячекатаные:

круглого сечения (ГОСТ 2590—71*) Диаметр	5—250 мм
квадратного сечения	
(ГОСТ 2591—71* и ГОСТ 4693—77)	5×5—250×250 и 40×40—250×250 мм
шестигранного сечения	
(ГОСТ 2879—69*)	8—100 мм
прямоугольного сечения	
(ГОСТ 103—76*)	11×4—200×60 мм
полоса (ГОСТ 4405—75*)	3×12—80×300 мм

Кованые:

круглого сечения (ГОСТ 1133—71) Диаметр	40—200 мм
квадратного сечения	
(ГОСТ 1138—71)	40×40—200×200 мм
полоса (ГОСТ 4405—75*)	3×12—80×300 мм

Калиброванные:

круглого сечения (ГОСТ 7417—75) Диаметр	3—100 мм
квадратного сечения	
(ГОСТ 8559—75*)	3×3—100×100 мм
шестигранного сечения	
(ГОСТ 8560—78*)	3×100 мм

Качественные калиброванные

(ГОСТ 1051—73*):

круглого сечения (ГОСТ 7417—75) Диаметр	5—100 мм
квадратного сечения	
(ГОСТ 8559—75*)	5×5—100×100 мм
шестигранного сечения	
(ГОСТ 8560—78*)	5—100 мм (указан диаметр вписанной окружности)

Со специальной отделкой

(ГОСТ 14955—77*):

круглого сечения	Диаметр 0,2—50 мм
» » быстрорежущие	
стали (ГОСТ 19265—73*)	Диаметр 1—25 мм

Кроме прутков и полос стали могут поставляться в виде: заготовок стальных прямоугольных для штампов горячей объемной штамповки сечением 40×50 — 60×1250 мм (марки сталей — по ГОСТ 5950—73*);

**15.1. Основные размеры прутков круглого профиля
с двумя внутренними винтовыми отверстиями
(ТУ АЕЭ 276—76 и ТУ 37-234—74)**

Наруж- ный диа- метр прутка, мм	Диаметр отвер- тия, мм	Межцен- тровое расстоя- ние, мм	Шаг вин- товых отвер- стий *, мм	Наруж- ный диа- метр прутка, мм	Диаметр отвер- стия, мм	Межцен- тровое расстоя- ние, мм	Шаг вин- товых отвер- стий *, мм
14	1,9	5,4	56—120	25	3,3	11,5	120—200
15	2,0	5,8		26	3,4	12	
16	2,2	6,2		27	3,5	12,4	
17	2,3	6,6		28	3,7	12,9	
18	2,5	7,0		29	3,8	13,3	
19	2,6	7,4		30	3,9	13,8	
20	2,7	7,7		31	4,0	14,2	
21	2,8	8,1		32	4,2	14,7	
22	3,0	8,5		33	4,3	15,2	
23	3,1	8,9		34	4,5	15,7	
24	3,2	9,3		35	4,6	16,1	
				36	4,7	16,6	
				37	4,8	17,0	
				38	5,0	17,5	

Примечание. Допускаемые отклонения для прутков диаметром 14—25 мм находятся в пределах от +0,5 до -0,4 мм; для прутков диаметром 25—38 мм — в пределах от 0,5 до -0,6 мм; для отверстий диаметром 1,9—3,2 мм — ±0,25 мм; для отверстий диаметром 3,3—5 мм — ±0,3 мм; отклонения межцентрового расстояния ±0,25 мм; отклонения шага винтовых отверстий ±1,0 мм или ±1,5 мм.

* Шаг винтовых отверстий согласовывается с заказчиком.

болванок обжатых и заготовок из стали качественной и высококачественной (ГОСТ 11880—78*); форма, размеры (от 60 до 400 мм), технические условия на заготовки — по ГОСТ 4693—77, на болванки обжатые — по техдокументации, утвержденной в установленном порядке.

Для сверл спиральных с внутренними каналами выпускаются специальные заготовки — прутки с винтовыми отверстиями (табл. 15.1).

Материал прутков — быстрорежущие стали марок Р6М5, Р6АМ5, твердость в состоянии поставки не более 255 НВ длина 0,5—1,5 м, кривизна не более 0,3 % длины.

Твердые сплавы поставляются в следующих видах.

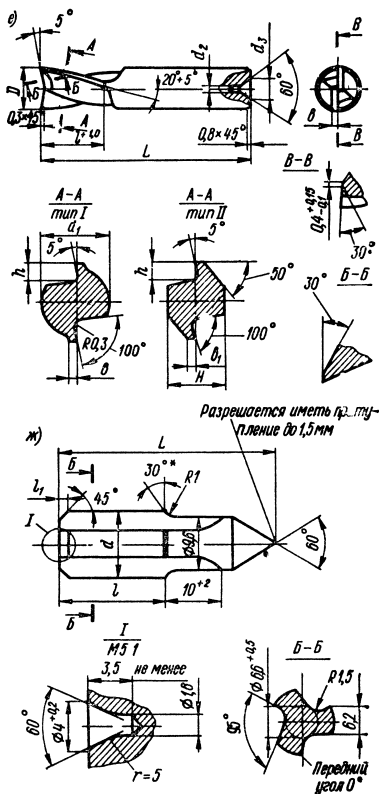
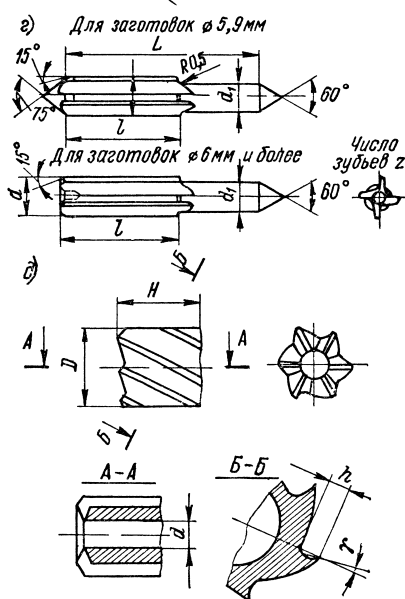
Готовые механически закрепляемые на корпусе инструмента пластины режущие, опорные и стружколомающие (см. гл. 4; 7). Заготовки этих пластин (ОСТ 48-93—75) имеют припуск на обработку.

Твердосплавные пластины под напайку или наклеивание по ГОСТ 2209—82, ГОСТ 25393—82 (см. гл. 4).

Профилированные заготовки спиральных сверл (рис. 15.2, а), размеры и технические требования по ОСТ 48-95—75. Размеры

Technical drawings of three types of drill bits:

- a) Double-flute drill bit:** Side view shows length L , cutting edge length l , diameter d , and flute width B . Top view shows a cross-section with two flutes and a cutting edge angle ω .
- б) Double-flute drill bit with cutting edge angle:** Side view shows length L , cutting edge length l , diameter d , and flute width B . Top view shows a cross-section with two flutes and a cutting edge angle ω .
- в) Triple-flute drill bit:** Side view shows length L , cutting edge length l , diameter d , and flute width B . Top view shows a cross-section with three flutes and cutting edge angles of 5° , 120° , and 120° .



$L = 20 \div 40$ мм; $\omega = 24 \div 35^\circ$. Заготовки предназначены для изготовления сверл диаметром от 2,0 до 6 мм. Материал заготовок — твердый сплав марок ВК8, ВК10, ВК15М.

788

(для $z = 5$). Материал заготовок — твердый сплав марок ВК6М, ВК8, ВК10М.

Профилированные заготовки разверток машинных твердосплавных по ОСТ 48-96—75 (рис. 15.2, *з*). Размеры заготовок: $d = 5,9 \div 12,6$ мм; $d_1 = 4,9 \div 10,6$ мм; $L = 30 \div 36$ мм; $l = 16 \div 22$ мм; угол наклона спирали 0° или 10° (левая); $z = 4$ или $z = 6$ (распределение зубьев — неравномерное). Материал заготовок — твердый сплав марок ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10М.

Профилированные заготовки — коронки твердосплавные для концевых фрез со спиральным зубом по ГОСТ 20771—82 (рис. 15.2, *д*). Размеры заготовок: $D = 10,5 \div 23,0$ мм; $d = 4,3 \div 11,8$ мм; $H = 10 \div 15$ мм; $z = 6$ (для заготовок с $D \leq 16,5$ мм) и $z = 8$ (при $D > 16,5$ мм). Материал заготовок — твердый сплав по ГОСТ 3882—74.

Профилированные заготовки для многолезвийного режущего инструмента (фрезы, развертки, метчики, дисковые фрезы и др.) по ТУ 48-19-24—72 и чертежам ВНИИТС или чертежам, согласованным с изготовителем заготовок. Материал заготовок — твердый сплав марок ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10, ВК10М, ВК15.

Профилированные заготовки фрез шпоночных по ОСТ 48-39—81 (рис. 15.2, *е*). Размеры заготовок: $D = 3,5 \div 12,6$ мм; $L = 29 \div 51$ мм.

Профилированные заготовки метчиков ручных или машинно-ручных по ТУ 48-19-24—72 (рис. 15.2, *ж*). Размеры заготовок для метчиков с резьбой М6—М12, $L = 32 \div 60$ мм.

Стержни цилиндрические твердосплавные по ОСТ 48-97—80. Размеры заготовок: диаметр 1,5—5,5 мм; длина 26—68 мм. Применяются для изготовления инструментов диаметром от 1,05 до 4,7 мм. Обозначаются СТЦ1—СТЦ56.

Стержни с поперечным сечением бочкообразной формы твердосплавные по ОСТ 48-98—80. Размеры заготовок: диаметр 4,0—13,5 мм, длина 45—110 мм. Применяются для изготовления сверл диаметром 4,0—13,0, длиной 31—44 мм (обозначение СТБ1—СТБ—67) и для изготовления разверток (обозначение СТБ68—СТБ91). Материал стержней — твердые сплавы марок ВК6; ВК6М; ВК6ОМ; ВК8; ВК10; ВК10М; ВК10ОМ; ВК15 (ГОСТ 3882—74*), марки ВК15М (ТУ 48-19-178—75), марки ВК15ОМ (ТУ 48-19-217—76). Допускается использование и других марок твердых сплавов по ГОСТ 3882—74.

Наконечники твердосплавные по ТУ 48-19-91—74 к прибору Роквелла. Материал — твердый сплав ВК6.

Пластифицированные заготовки из металлокерамических вольфрамовых твердых сплавов (ТУ 48-42-42—70). Предназначены для получения заготовок требуемой конфигурации механической их обработкой на предприятиях-изготовителях инструмента с последующим спеканием. Форма заготовок цилиндрическая (с размерами $d = 15 \div 162$ мм; $H = 10 \div 50$ мм) или пластинчатая (с размерами $a = 6 \div 130$ мм; $b = 6 \div 50$ мм; $c = 40 \div 200$ мм).

**15.2. Основные размеры цилиндрических заготовок
синтетических сверхтвердых материалов для режущего инструмента**

Марка материала	Диаметр, мм	Высота, мм
Эльбор-Р (ТУ 2-036-789—79)	3,5—4,6	3,5—4,0
Гексанит-Р (ТУ 2-037-138—74):		
группа 1	3,0	5,0
» 2	5,0	4,0
» 3	6,5	3,0
Исмит (СТП 556—75)	2,5	3,5
Белбор	3,5—4,2	3,5—5,0
Композит 05:		
группа I	6,5—7,5	7,0—8,0
» II	9,5—10	7,0—8,0
Алмаз синтетический:		
АСПК-2 (ТУ 2-037-96—73)	3,5	4,0
АСБ1 (ТУ 2-037-19—70)	4,0	3,0
АСБ1 (СТП 538—74)	3,6—5,8	3,0—5,6
АСБ2 (ТУ 2-037-19—70)	4,0	3,0
АСБ2 (СТП 538—74)	3,6—6,0	3,0—5,4
АСБ6 (ТУ 2-037-19—70)	5,0—6,0	1,8—6,0

Возможно изготовление заготовок по чертежам потребителей, согласованным с изготовителями. Материал заготовок — твердый сплав марок ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20. Точность формы и качество поверхностей заготовок уступают заготовкам, получаемым из стержней методом шлифовки.

Заготовки безвольфрамовых твердосплавных изделий. По форме и размерам соответствуют заготовкам многогранных вольфрамсодержащих твердосплавных пластин квадратной, пятигранной и ромбической форм; степени точности У, М.

Заготовки сверхтвердых синтетических материалов (табл. 15.2) предназначены для неразъемного закрепления на корпусе инструмента или ножа, в ряде случаев возможно изготовление из них многогранных или круглых пластин.

Сверхтвердые материалы поставляются в виде цилиндрических заготовок (табл. 15.2), а также в виде многогранных или круглых пластин, механически закрепляемых на корпусе сборного инструмента. Форма, размеры, вид материала, технические требования приведены в гл. 4.

Расконсервация, правка, калибровка, разделка на заготовки. Расконсервация осуществляется перед разделкой прутков, полюс на заготовки в целях подготовки их под последующую обработку. Сводится к удалению консервантов и очистке прутков, полюс. При консервации густыми смазками прутки помещают в шкафы с электрическим или воздушным подогревом до 70 °С, а затем протирают ветошью. При консервации тонкими пленками смазки они протираются ветошью, пропитанной керосином или другими

составами. В серийном производстве расконсервацию иногда осуществляют на автоматизированном оборудовании одновременно с разделкой на заготовки.

Правка и калибровка заготовок, прутков, полос осуществляется для уменьшения их кривизны и улучшения геометрической формы. В качестве оборудования используются правильно-калибровочные станы, например модели ПК290 для правки и калибровки прутков, полос, или пресса модели Ал309 для правки сварных заготовок.

Разделка прутков, полос на штучные заготовки осуществляется несколькими способами. Наиболее распространены следующие.

1. Рубка на прессах или ножницах. Отличается высокой производительностью труда. Однако ей сопутствует деформация участков заготовки, возможность появления трещин в зоне рубки. Для уменьшения деформации металла необходимо использовать специальные бездеформационные штампы. Для исключения возникновения трещин прутки из быстрорежущих сталей диаметром свыше 20 мм подогревают. Рубку осуществляют на универсальном или специальном оборудовании.

2. Разрезка с помощью пил (ленточных, сегментных, дисковых, плоских). Осуществляется на круглопильных, ленточнопильных или ножовочных станках. Применяется, как правило, для разделки заготовок крупных сечений. Обеспечивает минимальную ширину реза, достаточно высокую производительность труда (особенно при применении ленточных пил из быстрорежущих сталей, пил, оснащенных твердыми сплавами). Недостатком является наличие заусенцев на выходе пил, лент, неперпендикулярность реза, что требует дополнительной механической обработки, расхода материала.

3. Разрезка на токарных и токарно-отрезных станках. Применяется для разделки прутков диаметром до 50 мм. Основными преимуществами разрезки на токарных станках являются: использование универсального оборудования, достаточно точное расположение торцов, возможность объединять с отрезкой ряд операций по образованию фасок, проточек под сварку и т. п. Недостатком является невысокая производительность, необходимость дополнительной доработки заготовок, связанной с удалением возникающего при отрезке «пупка» вблизи оси заготовки, препятствующего ее центровке.

4. Разрезка на абразивно-отрезных станках. Осуществляется при неподвижной или вращающейся заготовке. Отличается высокой производительностью (скорость резания достигает 150 м/с). Торцы заготовок, образованные при разрезке вращающейся заготовки, имеют достаточно правильное расположение. Торцы, образованные при разрезке неподвижной заготовки, часто скошены, особенно на выходе круга, что требует дополнительного съема металла для исправления положения торцов. При слишком завышенных режимах и разрезке прутков из быстро-

режущих сталей торцы могут подкаливаться, что нежелательно.

Кроме перечисленных видов резки в последние годы находят применение и новые виды: плазменная, электроимпульсная резки, резка высоконапорной струей воды — однако в инструментальном производстве они пока не нашли широкого применения.

Ковка, объемная штамповка. Относятся к процессам обработки металлов давлением. Осуществляются для придания заготовкам требуемой формы и габаритных размеров в целях снижения припусков под последующую обработку резанием.

Особенностью процесса ковки является использование в основном универсального инструмента и универсального оборудования и получение поковок упрощенной формы; особенностью процесса штамповки — применение универсального оборудования и специального инструмента — штампов для каждого вида заготовок, форма которых может быть достаточно близкой к готовому изделию. Универсальное оборудование для ковки и штамповки — молоты горизонтальные, радиально-ковочные машины, прессы: гидравлические, фрикционные винтовые, кривошипные.

Ковку и штамповку обычно осуществляют с нагревом (горячая деформация), используя свойства сталей повышать пластичность при нагреве до определенных температур. Указанный в таблице температурный интервал выбирается из условия необходимости полной рекристаллизации в процессе обработки давлением. Нагрев до температур, превышающих рекомендуемые, приведет к перегреву (крупнозернистой структуре) или пережогу (при нагреве до температур, близких к температуре начала плавления).

Нагрев заготовок осуществляется в пламенных печах, в печах с индукционным или с контактным электронагревом. Иногда нагрев производят в защитной атмосфере для снижения угара металла и обезуглероживания поверхности поковки. Скорость нагрева обычно переменная: до интервала температур структурных превращений (A_{c1} — A_{c3}) она замедлена, дальнейший нагрев до температуры ковки — с максимально возможной скоростью.

Охлаждение заготовок при ковке до более низких (чем рекомендуемые минимальные) температур станет причиной образования трещин, наклепа и т. п. Окончание процесса горячего деформирования при температурах, превышающих рекомендуемые минимальные температуры конца деформации, может привести к росту зерна. В целях снижения термических напряжений, а значит и трещинообразования, охлаждение¹ поковок, в особенности поковок из инструментальных сталей, должно производиться замедленно, вместе с печью. С уменьшением теплопроводности металла, с увеличением габаритных размеров поковок скорость охлаждения должна уменьшаться.

¹ Ориентировочные режимы охлаждения поковок из различных инструментальных сталей приведены в табл. 15.33.

Послековки и горячей штамповки заготовки необходимо отжечь.

Сварка, пайка и другие виды неразъемных соединений. Технология получения неразъемных соединений зависит от комбинации соединяемых материалов: однородные (металл—металл), разнородные (металлоподобный материал — металл), инородные (неметалл — металл), от химического состава, физико-механических и других свойств материалов [348]. Однородные материалы могут соединяться любым известным способом: сваркой, пайкой, склеиванием и т. д.; разнородные и инородные материалы — ограниченным числом технологических способов, требуют специальной подготовки поверхностей перед соединением, а также дополнительных операций, направленных на снижение остаточных напряжений и т. п.

Подготовка под сварку, пайку, склеивание стальных заготовок заключается в механической обработке стыкуемых участков, гнезд, галтовке в галтовочных барабанах, очистке поверхностей. При подготовке под пайку заготовок из твердых сплавов и минералокерамики производят шлифовку стыкуемых участков, галтовку в барабанах с различными наполнителями (песок, дробленые отходы кругов из карбида кремния), декапирование плохо смачиваемых припоями поверхностей (осуществляется в соляной ванне, состоящей из 55 % калиевой селитры и 45 % нитрита натрия при температуре 350 °С с выдержкой 10—12 мин), металлизацию поверхностей неметаллических материалов (заготовок из минералокерамики и сверхтвердых материалов).

Сварка. Этим способом соединяют рабочую часть инструментов класса «Валики» из быстрорежущей стали диаметром более 6 мм с хвостовой частью из конструкционной стали, а также составные корпуса некоторых инструментов класса «Втулки» (например, коронку и корпус головки эжекторных сверл). Наиболее распространенными видами сварки являются стыковая, сварка трением, аргоно-дуговая. Реже используются диффузионная и сварка электронным лучом. По экономическим показателям (производительности обработки, расходу материалов, электроэнергии) предпочтительна сварка трением. Однако из-за сложности в подборе режима и настройки машин трения, особенно при сварке заготовок из сложнелегированных быстрорежущих сталей, широкое применение имеет и стыковая электросварка, лишенная этих недостатков.

С т ы к о в а я э л е к т р о с в а р к а. В основу процесса контактной стыковой электросварки положена одна из ее разновидностей — сварка оплавлением с предварительным подогревом. Цикл сварки имеет четыре стадии: подогрев (путем замыкания и размыкания электрической цепи, образованной свариваемыми заготовками), оплавление, осадка под током, осадка без тока. Сварка осуществляется на электросварочных машинах, технические характеристики которых приведены в табл. 15.3.

15.3. Основные технические характеристики машин для стыковой сварки

Параметр	Модель машины						
	ручным приводом подачи			с механизированным приводом подачи			
	МСП-25	МС-1202	МС-1602	МС-50-1	МС-2008	СА-2, СИ-111	СИ-086
Размер свариваемых заготовок сечение, мм ²	120—300	650	1400	600	2000	2850	800
длина мм	—	—	—	—	—	100—1000	100—400
Мощность трансформатора номинальная кВт	25	55	96,5	50	150	150	100
Наибольшее усилие осадки Н	20 000	32 000	50 000	30 000	65 000	145 000	54 000
Производительность сварок/ч	110	100	60	180	80	55	80
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) мм	880 × 1200 × 1270	775 × 1500 × 1700	2060 × 750 × 1050	2000 × 1580 × 1300	1810 × 1160 × 1570	1720 × 1300 × 1300	

15.4. Основные технические характеристики наиболее распространенных машин для сварки трением

Параметр	Модель машины						
	МФ-346	МФ-327	МФ-341	МСТ-23-2	МСТ-35-3	МСТ-41-3	МСТ-51-2
Размер свариваемой заготовки, мм:							
диаметр	6—15	10—22	16—35	10—25	16—32	22—40	32—60
длина вращающейся заготовки	45	32—200	60—330	45—600	50—500	60—980	65—1200
длина неподвижной заготовки	45	32—200	70—340	>50	>60	>75	>80
Частота вращения, мин ⁻¹	2 000	1 500	1 000	—	—	—	—
Осевое усилие, Н: при подогреве при осадке	15 000 30 000	50 000 50 000	300 000 300 000	25 000 50 000	100 000 100 000	200 000 200 000	400 000 400 000
Мощность, кВт	4	10	20	10	20	40	75

Заготовки перед сваркой должны быть очищены (например, галтовкой) для снижения электрического сопротивления в зажимных губках. Неперпендикулярность торцов свариваемых заготовок может достигать 1,5 мм, припуск по длине — 6 мм. Разброс припуска по длине сваренной заготовки можно обеспечить в пределах $\pm 0,5$ мм, например на машинах модели СА-2 и СИ-086.

**15.5. Режимы сварки заготовок из стали Р6М5
со сталью 45, 40Х**

Диаметр свариваемо- го торца заготовки, мм	Площадь сва- риваемого сечения, мм ²	Режим сварки			Припуск на сварку, мм	
		Давление нагрева МПа	Время нагрева, с	Давление осадки, МПа	общий	для стали Р6М5
10	78,5	210	4,5	300	5,0	2,0
		230	5,0	460	5,5	2,6
12	113,0	155	7,0	200	5,5	2,4
		165	8,0	320	5,3	2,5
14	158,9	120	9,0	150	4,8	2,2
		130	10,0	260	5,2	2,4
16	201,0	90	15,0	120	4,8	2,2
		100	17,0	200	5,0	2,3
18	254,3	70	15,5	100	4,5	2,0
		80	16,5	160	4,7	2,2
20	314,0	60	18,5	80	4,4	2,0
		70	19,5	140	4,6	2,1
21	380,0	50	22,0	60	4,0	1,8
		60	24,0	120	4,5	2,0
22	380,0	165	21,0	250	4,3	1,5
		175	23,0	350	4,6	2,0
25	490,6	130	25,0	150	4,2	1,5
		140	27,0	250	4,4	1,6
30	706,0	90	33,0	120	3,9	1,4
		110	35,0	200	4,1	1,5
32	803,8	80	36,0	100	3,7	1,5
		100	38,0	150	4,0	1,6
35	962,0	65	37,0	100	3,5	1,3
		75	39,0	150	3,6	1,5
40	1256,0	50	44,0	80	3,2	1,0
		60	46,0	120	3,4	1,5

**15.6. Режимы сварки заготовок из сталей Р18, Р9
со сталью 45, 40Х**

Диаметр свариваемо- го торца заготовки, мм	Площадь сва- риваемого сечения, мм ²	Режим сварки			Припуск на сварку	
		Давление нагрева, МПа	Время нагрева, с	Давление осадки, МПа	общий	для стали Р18
10	78,5	170	5,0	500	4,0	2,00
		200	7,0	400	5,5	2,70
15	176,6	100	9,0	200	4,5	2,00
		150	11,0	300	5,0	2,50
16	201,0	100	10,0	150	4,3	1,80
		110	12,0	200	4,5	2,00

Диаметр свариваемо- го торца заготовки, мм	Площадь свариваемо- го сечения, мм ²	Режим сварки			Припуск на сварку	
		Давление нагрева, МПа	Время нагрева с	Давление осадки, МПа	общий	для стали Р18
18	254,3	75	13,0	120	3,8	1,60
		80	14,0	150	4,5	1,80
20	314,0	60	15,0	100	3,8	1,56
		65	17,0	150	4,0	1,64
21	346,2	55	18,0	100	3,0	1,40
		60	19,0	150	4,0	1,47
22	380,0	55	19,0	80	3,4	1,40
		60	21,0	130	3,6	1,50
25	490,6	130	18,0	300	4,0	1,30
		140	19,0	400	5,4	1,40
27	572,3	100	19,5	180	4,0	1,20
		120	21,0	250	5,0	1,35
32	803,8	80	22,5	150	3,3	1,10
		100	24,0	200	4,0	1,30
35	962,0	75	24,5	150	3,0	1,00
		85	26,0	200	3,7	1,20
40	1256,0	60	31,0	150	2,8	0,80
		70	35,0	180	3,5	1,10

**15.7. Режимы сварки заготовок из стали Р9М4К8
со сталями 45, 40Х**

Диаметр свариваемого торца заго- товки, мм	Площадь сваривае- мого сече- ния, мм ²	Режим сварки			Припуск на сварку, мм	
		Давление нагрева, МПа	Время нагрева, с	Давление осадки, МПа	общий	для стали Р9М4К8
10	78,5	290—300	3,5—4,5	600—650	4,1—4,4	1,6—1,8
13	132,7	190—195	6,0—8,0	400—450	4,0—4,2	1,5—1,7
15	176,6	145—150	8,5—9,5	200—250	3,9—4,0	1,5—1,7
16	201,0	130—135	10,0—10,5	200—250	3,9—4,0	1,5—1,6
18	254,3	100—110	13—13,5	150—200	3,7—3,8	1,4—1,6
22	380,0	70—72	18,0—18,5	100—150	3,5—3,6	1,3—1,4
25	490,6	160—165	19,0—20,0	300—350	3,7—3,9	1,4—1,5
28	615,4	130—135	22—24	250—300	3,7—3,75	1,3—1,35
30	706,0	110—120	24,0—25,0	200—250	3,5—3,6	1,2—1,3
35	962,0	80—90	29,0—30,0	160—200	3,2—3,3	1,0—1,1
40	1256,0	60—70	32,0—33,0	100—150	3,0—3,1	1,0—1,1

Сваренные неостывшие заготовки необходимо помещать в сборник с температурой 650—720 °С и отжечь.

Сварка трением. Осуществляется на специальных машинах, основные технические характеристики и режимы которых приведены в табл. 15.4—15.7.

Пайка заготовок инструмента. Применяется для образования неразъемного соединения заготовки режущей части инструмента из быстрорежущей стали, твердого сплава, минералокерамики или сверхтвердых материалов с корпусом из конструкционной, инструментальной или быстрорежущей стали.

Отличительной особенностью процесса пайки является использование припоя — металла или сплава с температурой плавления ниже, чем у запаиваемых материалов.

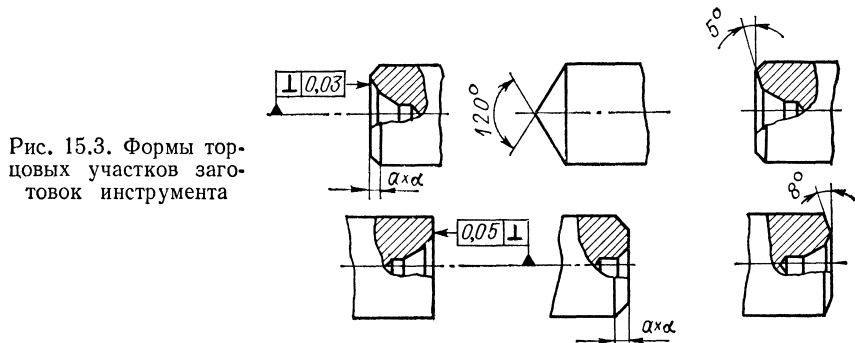


Рис. 15.3. Формы торцовых участков заготовок инструмента

Клеевое соединение. Находит все более широкое применение, особенно при закреплении новых инструментальных материалов, таких как минералокерамика, сверхтвердые синтетические материалы.

В связи с невысокой прочностью клеевых швов и их низкой теплостойкостью конструкция клеевого соединения должна быть спроектирована с учетом этих особенностей, а области применения инструмента ограничены полустойкой и чистой обработкой, а также обработкой, при которой не возникают температуры, превышающие предел прочности клея [347].

Образование технологических баз на заготовках под последующую механическую обработку. Для заготовок инструмента класса «Валики» получение технологической базы сводится к обработке их торцовых участков с образованием центровых отверстий, наружных конусов, фасок, проточек и т. д. (рис. 15.3). Для заготовок класса «Втулки» и «Диски» — к обработке отверстий под оправки и подрезке торцов.

Обработку торцовых участков заготовок класса «Валики» можно осуществлять на различном оборудовании, по различным схемам (рис. 15.4), комбинированным или некомбинированным инструментом при неподвижной заготовке. В качестве комбини-

рованного инструмента (рис. 15.4, а) используют центровочное сверло 1 и многогранную пластинку 2, которые закрепляют в одном корпусе. Им сообщается ускоренная подача S_n , а затем рабочая подача S_p и ускоренный отвод S_o . Схема обеспечивает минимальные погрешности обработки за счет исключения погрешностей перестановок, но вибрации, возникающие при обработке торцов, отрицательно влияют на стойкость центровочных сверл. Схемы обработки, связанные с перестановкой заготовок или инструмента (рис. 15.4, б), дают меньшую точность, но устраняют взаимное влияние операций подрезки торцов и центрования.

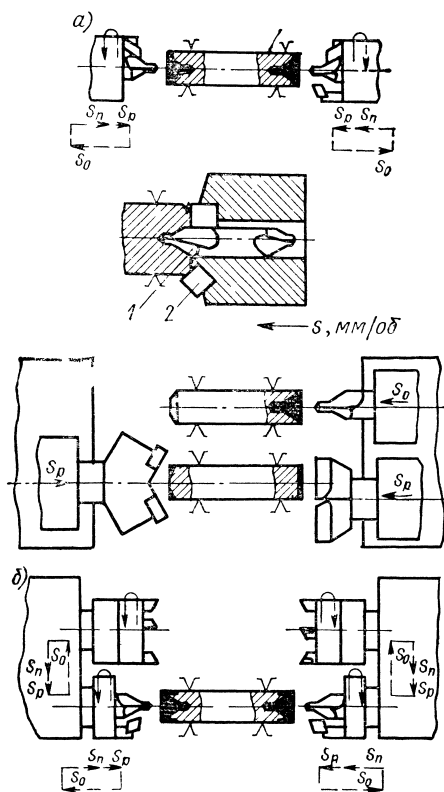


Рис. 15.4. Технологические схемы обработки торцов и центровых отверстий заготовок

многопозиционных, например модели 1К282 (инструмент диаметром до 600 мм).

К заготовительным операциям для инструмента класса «Валики» относится и правка заготовок. Осуществляется она на специальных станках (моделей СИ-049 или СИ-102) одновременно с обработкой сварных швов или после образования центровых отверстий с использованием их в качестве базы при правке и при контроле кривизны. Оборудование для правки в центрах — прессы гидравлические пневматические. Кривизна заготовок после правки не должна превышать 0,3 мм на длине 200 мм.

По схеме с совмещенной обработкой торцов работают станки моделей 2910, 2911, 2912, 2931, 2932, 2В20М, по схеме с раздельной обработкой — торцеобрабатывающие станки (табл. 15.8), а также барабанно-фрезерные, фрезерно-центровальные и центровально-отрезные.

Обработка заготовок инструмента классов «Втулки» и «Диски» осуществляется на одно- или многошпиндельных токарных автоматах одновременно с отрезкой (инструмент диаметром до 60 мм) или на токарных станках однопозиционных, в том числе с программным управлением, например модели 1П756ФЗ, и

15.8. Основные технические характеристики торцеобрабатывающих станков

Модель	Размер обрабаты- ваемой заготовки, мм		Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Мощ- ность при- вода, кВт	Габаритные разме- ры станка (длина × × ширина × высо- та), мм	Масса станка, кг
	Диаметр	Длина				
Двухсторонние центровальные						
2910	5—16	45—160	2000—4000	0,4	1060×1185×1800	1000
2911	10—32	60—360	500—2000	1,1	1610×890×1850	1450
2912	10—80	70—710	350—1400	1,5	2160×750×1900	1780
Двухсторонние центровально-подрезные						
2931	10—50	10—360	355—1400	2,2	1700×660×1900	1400
2932	30—100	60—710	170—1320	2,2	2450×1450×1700	2900
2В20М	10—30	60—450	1000—2000	0,6	1670×910×1150	1000
Двухсторонние центровально-подрезные с раздельной обработкой						
И191	} 15—40	—	1260	7,5	—	4000— 6500
И191А			(подрезного) 1400			
			(центровоч- ного) 1400			
И191Б	15—45	—	1400	9,5	—	4000

15.2. Основные формообразующие операции

Операции этого цикла обеспечивают получение заготовок, близких по размерам к готовому инструменту и отличающихся от него в основном припусками на последующие шлифовально-зачистные и доделочные операции, и составляют до 55 % общей трудоемкости изготовления инструмента.

Токарная обработка осуществляется как на универсальном оборудовании, так и на специальных станках (см. табл. 15.15). Например, для обработки заготовок концевой инструмента класса «Валики» и инструмента классов «Диски» и «Втулки» непосредственно из прутков используются автоматы продольного точения, прутковые токарно-револьверные автоматы (поз. 3, 4), многошпиндельные прутковые автоматы. Штучные заготовки инструментов класса «Валики» обрабатываются на токарно-копировальных станках, токарных станках с ЧПУ; штучные заготовки инструментов классов «Втулки» и «Диски» — на полуавтоматах.

Как и при формообразовании деталей общемашиностроительного применения, возможно использование и других видов и моделей станков. При обработке заготовок класса «Валики» следует учитывать некоторые технологические особенности заготовок: достаточно большое отношение длины к диаметру (особенно на мелкоразмерном инструменте), наличие сварного шва, участков

с различной обрабатываемостью (быстрорежущая рабочая часть и хвостовик из конструкционной стали), значительную глубину съема (особенно при обработке некоторых размеров конусов Морзе).

Операции по сверлению отверстий, подрезке торцов, зенкованию, нарезанию резьб совмещаются с другими операциями или выполняются на сверлильных универсальных или специальных станках.

Фрезерование квадратов, поводков, лапок, торцовых шпоночных пазов, пазов под ножи, гнезд под пластины производится на универсальных станках. Протягивание отверстий, рифление в пазах и другие виды работ осуществляются на протяжных станках (см. гл. 12).

За последние годы наметилась тенденция концентрации операций на многоинструментальных станках типа «Обрабатывающий центр» или станках с ЧПУ в целях обеспечения комплексной обработки заготовок при одном их закреплении. Специфика конструкций инструмента потребовала создания «Обрабатывающих центров» с четырьмя—восемью управляемыми от ЧПУ координатами.

Отличительной особенностью заготовок режущего инструмента является наличие стружечных отверстий, канавок, спинок, непосредственно сопрягаемых с режущими участками инструмента, профильной формой режущей части. Образование канавок инструмента осуществляется фрезерованием, зуботочением, протягиванием, строганием, накатыванием, прокаткой на станках продольно-винтового проката, прокаткой с завивкой («секторный прокат»), прессованием, литьем, штамповкой, шлифованием, комбинированными способами. Наиболее универсальный и распространенный способ, применяемый для обработки практически всех видов инструментов, всех размеров, — фрезерование.

Фрезерование. Осуществляется на универсальных или специализированных станках профильным инструментом из быстрорежущих сталей или твердых сплавов.

Инструмент для фрезерования прямых или наклонных канавок имеет профиль образующей, соответствующий профилю канавки инструмента. Схема установки инструмента приведена на рис. 15.5. Передний угол фрезерованной передней поверхности γ целесообразно делать на $2—10^\circ$ больше, чем у готового изделия, в целях уменьшения припуска на последующую заточку и исключения образования уступа на передней поверхности после заточки. (Это касается таких видов инструмента, как метчики, зенкеры, развертки, фрезы.)

Инструмент для фрезерования винтовых канавок имеет профиль, отличный от образуемого им профиля на заготовке, и рассчитывается различными методами (см. гл. 7).

Обработку стандартного режущего инструмента (или специального, но с профилем канавок, идентичным стандартному)

регламентируют отраслевые стандарты инструментов второго порядка ОСТ 2-И65-2—77—ОСТ 2-И65-8—77 (фрезы дисковые для обработки сверл, зенкеров, разверток и других инструментов).

Обработка инструмента с неравномерным угловым шагом между канавками осуществляется двумя способами (рис. 15.6).

1. Обработка каждой из канавок за один проход. Схемы последовательного положения инструмента и детали в процессе такой обработки представлены на рис. 15.6, а. Расчет величины Δh_n — разности межжосевого расстояния инструмента и изделия — и углов θ_n — переменных углов деления — производится исходя из заданной схемы расположения канавок (центрального угла φ_n) и условия сохранения постоянной ширины ленточек f на всех зубьях.

2. Обработка канавок за два полуцикла (рис. 15.6, б—г). Вначале фрезеруются все канавки с наименьшим углом φ_0 . Ширина ленточек при этом получается самая разнообразная ($f_1 \neq f_2 \neq \dots \neq f_n$). Затем, во 2-м полуцикле осуществляется дополнительная обработка канавок зубьев, где центральный угол более φ_0 . Обработка может производиться как со стороны передней поверхности (рис. 15.6, г), так и со стороны спинки (рис. 15.6, в). Обработка производится для получения ленточек одинаковой ширины $f_1 = f_2 = \dots = f_n$.

Первый метод более производителен, но требует применения специальных фрез.

Совмещение обработки канавок и спинок инструмента (спиральных сверл, шпоночных фрез) является дальнейшим путем повышения производительности фрезерования. Для данного случая необходима разработка фрез специальной конструкции и введение дополнительного перемещения обрабатываемого изделия и фрезы (для сверл и другого инструмента, имеющего утолщение сердцевины).

Продольно-винтовой прокат. Используется для обработки спиральных сверл диаметром 1,8—23 мм, винтовых канавок концевых фрез (в практике иностранных фирм) диаметром 6—14 мм из быстрорежущих или легированных сталей. Схема прокатки приведена на рис. 15.7. Условно показана одна пара сегментов, повернутых в плоскость рисунка. В действительности имеются две пары сегментов, осуществляющих прокатку двух канавок и двух спинок сверла. Сегменты устанавливаются под углом (к продольной оси заготовки сверла), превышающим угол наклона канавки на 5—10°. Прокат осуществляется на специальных станах профильными сегментами из твердых сплавов и дисперсионно твердеющих сталей с нагревом токами высокой частоты.

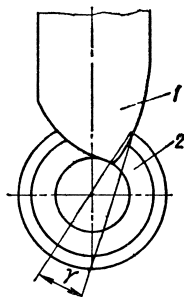


Рис. 15.5. Схема установки инструмента для фрезерования канавок

Профиль сегментов рассчитывается по методике ВНИИ-инструмент (Москва).

Метод отличается высокой производительностью, обеспечивает экономию стали, но требует специального оборудования не только для проката, но и для сопутствующих операций технологической цепочки. К его недостаткам следует отнести невозможность получения инструмента оптимального профиля.

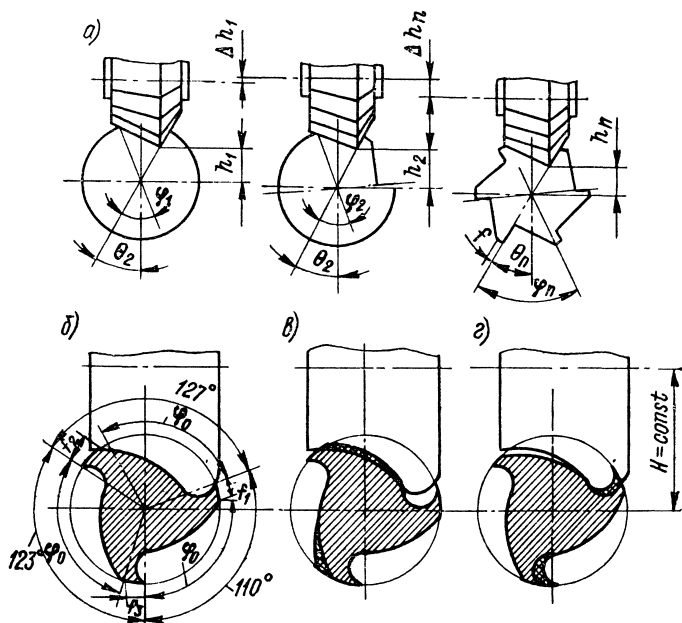


Рис. 15.6. Способы обработки инструмента с неравномерным угловым шагом

Горячее прессование. Используется для профилирования заготовок спиральных сверл из быстрорежущих сталей диаметром 13—80 мм. Осуществляется на прессах с усилием до 400 т с подогревом заготовок токами высокой частоты. В качестве инструмента применяются профильные матрицы из стеллита. Для снижения сил трения профильную поверхность матриц посыпают порошковой смазкой типа «Маликот». Профиль матриц подбирается опытным путем. Процесс достаточно производителен, позволяет получать сверла хорошего качества (но не имеющих утолщения сердцевины), обеспечивает экономию быстрорежущей стали. Однако сложность изготовления матриц, необходимость в высокоскоростных прессах с большими усилиями ограничивают область применения метода.

Зуботочение. Метод, предложенный д-ром техн. наук проф. Ю. В. Цвисом, получил применение в инструментальном произ-

водстве и на ряде зарубежных фирм при изготовлении зубчатых колес и спиральных быстрорежущих сверл диаметром до 10 мм непосредственно из прутка.

Секторный прокат. Включает прокатку прямых профилей профильными секторами для получения заготовки сверл и последующую их завивку. Применяется на специализированных инструментальных заводах для изготовления спиральных сверл диаметром 25—55 мм. Метод вытесняется продольно-винтовым прокатом и горячим прессованием.

Штамповка. Применяется при производстве метчиков на специализированных заводах.

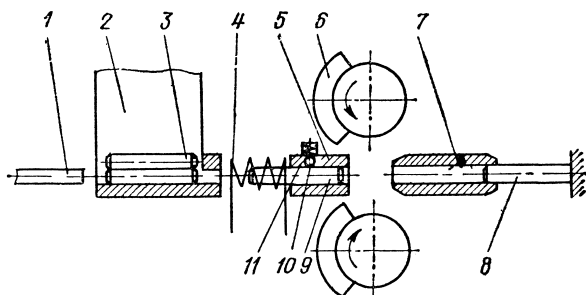


Рис. 15.7. Схема прокатки винтовых канавок и инструмента:

1, 8 — толкатели; 2 — бункер; 3, 9 — заготовки; 4 — индуктор; 5, 7 — втулки; 6 — сегменты; 10 — шарик; 11 — пружина

Литье. Применяется при производстве заготовок концевых инструментов диаметром свыше 50 мм. Используется литье в оболочковые формы и литье по выплавляемым моделям.

Шлифование. Обеспечивает получение инструмента диаметром до 100 мм с высокими точностью профиля и качеством обработанной поверхности. Подробней этот метод рассмотрен ниже.

15.3. Термическая обработка инструментов

Термическая обработка разделяется на предварительную термическую обработку заготовок инструмента, основную термическую его обработку и упрочняющую (поверхностную химико-термическую) [102].

Предварительная термическая обработка. Отжиг. Заготовки инструмента, получившие неудовлетворительную структуру в результате сварки,ковки,штамповки,прокаткиили недостаточную твердость после закалки, подлежат отжигу. Твердость заготовок после отжига должна быть не больше, чем твердость металла инструмента в состоянии поставки.

Наиболее распространенными видами отжига после сварки, штамповки, прокатки являются отжиг с непрерывным охлаждением и изотермический отжиг.

Сварные заготовки и детали после штамповки подвергаются отжигу в конвейерных (при массовом производстве), шахтных или камерных печах с электрическим нагревом, а при циклическом отжиге — в соляных ваннах с электрическим нагревом (состав ванн — смесь солей БНТЗБ, Б78Н22).

При отжиге в конвейерных печах время нагрева рассчитывается в зависимости от толщины заготовки. Так, заготовки из углеродистой стали должны нагреваться со скоростью 1,0 мин/мм толщины, из легированной стали — 1,5 мин/мм, из быстрорежущей или высокохромистой стали — 2,0 мин/мм. Печи отжига должны иметь защитную атмосферу для предохранения заготовок от обезуглероживания. При отсутствии таких печей заготовки при отжиге засыпают чугушной стружкой (заготовки из быстрорежущих и высокохромистых сталей) или отработанным карбюризатором (заготовки из углеродистых или легированных сталей).

Циклический ступенчатый отжиг применяют для заготовок инструмента из быстрорежущих сталей в целях получения структуры среднезернистого перлита, что позволяет повысить качество поверхности при механической обработке. Циклическому бесступенчатому отжигу подвергают заготовки мелкозернистого инструмента или инструмента, получившего при закалке недостаточную твердость.

Высокий отпуск. Производят перед окончательной термической обработкой для снятия внутренних напряжений после механической обработки заготовок или после проката.

Высокому отпуску обычно подвергают сверла из быстрорежущих сталей, изготавливаемых методами пластической деформации (секторным прокатом). Время выдержки сверл в зависимости от диаметра принимается равным 18 мин для диаметров от 12 до 20 мм; 20 мин для диаметров от 21 до 30; 22 мин для диаметров от 31 до 40; 25 мин для диаметров от 41 до 50 мм.

Нормализация. Служит для некоторого повышения твердости и частичного устранения цементитной сетки на границах зерен в целях улучшения обрабатываемости заготовок метчиков, плашек, напильников.

Улучшение. Используют взамен нормализации для улучшения обрабатываемости резанием. Обеспечивает получение более равномерной твердости, устранение цементитной сетки.

Карбидный отпуск. Производят в целях повышения пластичности заготовок, подвергающихся обработке холодной пластической деформацией и вырубкой.

Основная термическая обработка. Включает, как правило, закалку и последующий отпуск. Обеспечивает получение требуемых свойств по прочности, твердости, теплостойкости инструмента.

Закалка. Условно можно выделить два вида основной термической обработки инструментальных сталей: 1) закалка с низким

отпуском (структура стали — мартенсит отпуска); 2) закалка на мартенсит с последующим высоким отпуском для дисперсионного твердения (структура стали — мартенсит первичный, мартенсит отпуска, остаточный аустенит)

Первый вид применяется при термической обработке инструментальных углеродистых и легированных сталей с достаточно высоким содержанием углерода (У7—У13; 9ХС; 11ХФ; 13Х; В2Ф; ХВ4; ХВСГ; ХВГ; 6ХС; Х12Ф, Х12М; 5ХНМ и др.); второй вид — при обработке быстрорежущих, штамповых (4Х3ВМФ, 3Х3М3Ф и др.), мартенситно-стареющих сталей и сплавов с интерметаллидным упрочнением (В11М7К23 и др.). В обоих видах обработки упрочнение достигается за счет аустенитизации сталей при их нагреве, выдержке при температуре заковки, охлаждении и последующем отпуске.

Следует отметить, что важными факторами структурных превращений, протекающих при нагреве и охлаждении сталей, являются размер зерна аустенита и наличие остаточного аустенита. Размер зерна аустенита определяет прочность инструментальных сталей после их термической обработки и теплостойкость. Так, предел прочности при изгибе стали У8 при балле зерна аустенита 10—11 равен 2000 МПа, а при балле 8—10 составляет 1100 МПа, при изгибе стали Х12М при балле 11—2400 МПа, а при балле 9 — 1800 МПа, при изгибе стали Р6М5 при балле 10—11 — 3500 МПа, а при балле 8—9 — 2400 МПа.

Размер зерна аустенита оказывает влияние и на теплостойкость стали: чем больше зерно, тем выше теплостойкость стали. Рекомендуемый размер зерна для различных видов инструмента приведен ниже.

Балл зерна	Вид инструмента и класс сталей
9	Инструмент из углеродистых и низколегированных сталей, вольфрамомолибденовых быстрорежущих сталей крупных размеров относительно простой формы
10	Инструмент из быстрорежущих, штамповых, углеродистых сталей
11	Инструмент из быстрорежущих сталей с кобальтом, ванадием; инструмент мелкоразмерный из быстрорежущих сталей; инструмент из быстрорежущих сталей крупногабаритный, но сложной формы
12	Инструмент из порошковых быстрорежущих сталей

Наличие остаточного аустенита приводит к снижению твердости стали, но при этом и к некоторому повышению ее прочности, ударной вязкости. При комнатной температуре остаточный аустенит превращается в мартенсит очень медленно. Для снижения его количества обычно используют охлаждение инструмента до температур —60 °С.

Количество остаточного аустенита после закалки и отпуска в инструменте из различных сталей приведено ниже:

Инструментальные стали У7—У13	3—4 %
Легированные инструментальные стали ХВГ; ХВСГ; 9ХС	8—15 %
Штамповые стали Х12Ф; Х12К; Х12; Х6ВФ	10—15 %
Быстрорежущие стали	20—35 %

Нагрев инструмента при закалке осуществляется различными способами: в соляных или свинцовых ваннах, электро- или газовых печах с защитной атмосферой, в вакуумных печах, токами высокой частоты. Наибольшее распространение получил нагрев в соляных ваннах и вакуумных печах.

В связи с высоким коэффициентом теплоотдачи и в целях обеспечения равномерного прогрева заготовок по сечению, снижения внутренних напряжений и деформации нагрев инструмента в соляных ваннах при закалке осуществляют ступенчато, в несколько этапов. Для инструмента из углеродистых и низколегированных сталей обычно применяют двухступенчатый нагрев (подогрев до 500 °С, окончательный нагрев до 900 °С); для инструмента из высоколегированных сталей трехступенчатый нагрев (первый подогрев до 300—500 °С, второй подогрев до 840—860 °С, окончательный нагрев до 950—1100 °С); для инструмента из быстрорежущей стали (насадной инструмент диаметром менее 100 мм и концевой диаметром менее 80 мм) — трехступенчатый нагрев (первый подогрев до 300—500 °С, второй подогрев до 1050—1100 °С, окончательный нагрев до 1130—1300 °С). Для инструмента из быстрорежущих сталей насадного диаметром более 100 мм и концевого диаметром более 80 мм — четырехступенчатый нагрев (первый подогрев до 300—500 °С, второй подогрев до 840—860 °С, третий подогрев до 1050—1100 °С, окончательный нагрев до 1130—1300 °С). Подогрев до 300—500 °С осуществляется в шахтных печах, средой нагрева является воздух или продукты горения газа; второй, третий и окончательный нагревы — в соляных электродных ваннах.

Температура окончательного нагрева под закалку, приведенная выше, должна уточняться для инструмента каждой плавки для получения после закалки требуемого размера зерна аустенита (10, 11 баллы или 11, 12 баллы для мелкозернистого инструмента и инструмента из порошковых сталей). Уточнение осуществляется пробной закалкой образцов или инструмента сначала до температур, приведенных выше, а затем при получении размера зерна, отличного от требуемого, от уточненных температур. Отношение времени первого и второго подогревов к времени окончательного нагрева при использовании полуавтоматических агрегатов или поточных линий 2 : 1 : 1; при использовании отдельных соляных ванн 3 : 1 : 1; при температуре второго подогрева до 840—860 °С 3 : 2 : 1.

Охлаждение инструментов после нагрева под закалку и выдержки (аустенитизации) осуществляется в жидкой среде. Допускается охлаждение мелкогазмерного инструмента (диаметром или толщиной менее 3 мм) на воздухе.

Инструмент из быстрорежущих и высокохромистых сталей (кроме протяжки) проходит ступенчатое охлаждение в горячих средах с температурой 400—550 °С (обычная ступенчатая закалка) или 610—650 °С (высокоступенчатая закалка). Время выдержки при охлаждении инструмента из быстрорежущей стали принимается равным времени аустенитизации, дальнейшее охлаждение до комнатной температуры осуществляется на воздухе.

При охлаждении инструмента с одновременной его правкой в качестве охлаждающей среды используются смеси солей с рабочей температурой 200—300 °С (сверла) или масло, нагретое до температуры 150 °С.

Охлаждение инструмента из высокохромистых сталей производится с выдержкой, равной времени аустенитизации (для фрез с рабочей температурой 400—550 °С) или 0,25—0,5 этого времени (для фрез с рабочей температурой 610—650 °С).

Весь инструмент из низколегированных сталей и инструмент из углеродистых сталей диаметром менее 10 мм должен также проходить ступенчатую закалку с охлаждением в горячих средах с температурой 160—180 °С. Время выдержки в этих средах должно быть равно времени выдержки при аустенитизации. Инструмент из углеродистых сталей диаметром более 10 мм охлаждается в водных растворах солей или щелочей.

Закалке с нагревом токами высокой частоты наиболее часто подвергаются инструменты. Нагрев осуществляется от генераторов с помощью индукторов различной формы. Индуктор обычно изготавливается из медной круглой трубки, спрофилированной в прямоугольное сечение. По внутренней полости трубки для ее охлаждения циркулирует вода.

В зарубежной практике широкое применение находит термическая обработка в вакууме или камерных печах с защитной атмосферой. Режимы термообработки быстрорежущих сталей, рекомендуемые фирмой «Оффисине Галилео» (Officine Galileo, Италия), приведены в табл. 15.9.

Отпуск. Весь инструмент из быстрорежущих сталей подвергается двух- или трехкратному отпуску. Обычно отпуск производят при температурах 550—570 °С с выдержкой в течение 1 ч. Однако довольно распространен и сокращенный отпуск, осуществляемый при более высоких температурах и уменьшенной выдержке. В последнем случае следует тщательно контролировать режим отпуска (температуру и время выдержки). Охлаждение после каждого нагрева — до комнатной температуры. Отпуск инструмента из других инструментальных сталей обычно однократный.

Упрочняющая и дополнительная термическая обработка.
Цианирование. Получило наибольшее распространение. Пред-

15.9. Режимы термообработки инструмента в вакуумных печах

Вид операции или результаты обработки	Марки сталей по DIN					
	S6-5-2	S6-5-2-5	S12-1-4	S12-1-2	S2-9-2	S18-0-1
Температура закалки, °C:						
первый подогрев	800	800	800	800	800	800
второй подогрев	1000	1000	1000	1000	1000	1000
аустенитизация	1200	1220	1230	1230	1200	1250
Время выдержки при аустенитизации, мин, при толщине или диаметре, мм:						
5	2	2	2	}		
10	4	4	4			
15	6	6	6			
20	8,5	8,5	8,5			
25	10,5	10,5	10,5			
30	12,5	12,5	12,5			
35	14,5	14,5	14,5			
40	6,5	6,5	16,5			
45	18,5	18,5	18,5			
50	21	21	21			
55	23	23	23			
60	27	27	27			
Отпуск трехкратный при температуре, °C	540	550	560	550	540	550
Твердость после закалки HRC ₉	65	65	65	65	65	65
Твердость после отпуска HRC ₉	64	64	65	64	64	64
Давление в среде газа, Па				$(1 \div 5) \cdot 10^{-5}$		

ставляет собой процесс химико-термической обработки инструмента из быстрорежущих сталей (табл. 15.10), при котором поверхностный слой насыщается углеродом и азотом. Твердость поверхностного слоя при этом повышается до 1100 НВ. Перед цианированием инструмент должен быть закален и отпущен, его поверхность должна быть очищена от солей, окислов, продуктов травления, грязи и масла. На режущих кромках не допускается наличие обезуглероженного слоя, прижогов. Очистка инструмента перед цианированием производится путем его промывки в 1—2 %-ном растворе соды при температуре 70—80 °C. Наиболее распространенным является процесс жидкостного цианирования, которое осуществляется в расплаве, содержащем 45—50 % NaCN, остальное — каустическая сода Na₂CO₃. Температура расплава 550—560 °C. Время выдержки инструмента в расплаве зависит от глубины цианированного слоя. Для инструментов из быстрорежущих сталей, в состав которых входят кобальт и ванадий, время выдержки увеличивают на 10—20 %.

Для снижения хрупкости, улучшения внешнего вида цианированных инструментов их подвергают воронению в расплаве соли ЧС-312, содержащем 40—46 % KNO₂ и 60—54 % NaNO₃

**15.10. Рекомендуемая глубина цианированного слоя
и продолжительность выдержки при цианировании
некоторых видов инструмента из быстрорежущих сталей
(Регламент ВНИИинструмент по ОС-040-56—68)**

Инструмент	Диаметр, мм	Выдержка, мин	Глубина слоя, мкм
Сверла и зенкеры	5	10	20—30
	10	12	
	15	14	
	20	16	
	25	18	
	30	20	
	35	22	
	40	24	
Фрезы концевые	10	8	10—15
	15	10	
	20	12	
	25	14	
	30	16	
	35	18	
	40	20	
	45	22	
	50	24	
Фрезы резьбовые	32—50	10—14	10—15
	50—75	14—17	
	Более 75	17—20	
Фрезы червячные	50—90	14—16	20—30
	75—125	20—22	
	85—140	22—25	
Метчики: шаг резьбы 1— 1,5 мм	6	8	10—15
	10	10	
	15	12	
	20	14	
	25	17	
	30	18	
	>30	20	
шаг резьбы более 1,75 мм	12	12	15—20
	15	15	
	20	18	
	25	20	
	30	22	
	>30	22	

15.11. Разновидности химико-термической обработки инструмента

Вид обработки	Назначение, свойства поверхностного слоя	Особенности технологического процесса
Азотирование (низкотемпературное)	Обработка инструмента из быстрорежущих и штамповых сталей. Твердость 1000—1100 HV	Насыщение поверхностного слоя азотом и углеродом при температуре 560—580 °С в расплаве соли NaCN (KCN). Время 5—30 мин То же, но в расплаве солей 70 % KCNO + 30 % K ₂ CO ₃ или 55 % CO(NH ₂) ₂ + 45 % K ₂ CO ₃
Азотирование газовое	Обработка инструмента из быстрорежущих и штамповых сталей. Твердость 1100—1200 HV, толщина слоя 0,02—0,03 мм (0,08—0,2 мм для штамповых сталей) Обработка инструмента из быстрорежущих и штамповых сталей. Твердость 1000—1100 HV	Температура 520—540 °С при степени диссоциации аммиака 25—30 % или 540—580 °С при степени диссоциации 35—40 %. Время 0,5—2 ч для инструмента из быстрорежущих сталей и 8—12 ч — из штамповых Насыщение поверхностного слоя азотом и углеродом при температуре 560—580 °С в смеси аммиака и науглероживающего газа. Время 1—2 ч
Азотирование в вакууме	Обработка инструмента из быстрорежущих и штамповых сталей. Твердость 1100—1200 HV, толщина слоя 0,02—0,03 мм (0,08—0,2 мм для штамповых сталей)	Атмосфера азотирующая, разреженная от 133 до 665 Па, рабочее напряжение 350—550 В. Время в 3—4 раза меньше, чем при газовом азотировании
Сульфидирование	Обработка инструмента из быстрорежущих сталей для повышения твердости	Насыщение поверхностного слоя углеродом, азотом, серой. Процесс тот же, что при цианировании, но в состав добавляется 2 % K ₂ S или 25 % Na ₂ SO ₄ и 5 % Na ₂ S ₂ O ₃
Обработка перегретым паром	Повышение стойкости инструмента из быстрорежущих сталей. Улучшение внешнего вида	Температура пара 550—570 °С, давление 0,02—0,03 МПа. Нагрев предварительно до 300—400 °С, выдержка 30 мин, затем нагрев до 555 °С и выдержка 1 ч. Охлаждение в масле (СССР) или специальных средах (на предприятиях иностранных фирм)

15.12. Дробеструйная обработка инструмента

Операция	Состав среды	Режим обработки		
		Температура, °С	Давление, МПа	Время, ч
Выварка	Вода	90—100	0,1	2—2,5 — для инструмента из быстрорежущих сталей; 0,5—0,7 — для остального инструмента
Дробеструйная очистка	Дробь типов ДЧК, ДСК зернистостью 0,3—0,8 мм	—	50—60	0,25—0,3
Пассивирование	Нитрид натрия 1,5—2 %, кальцинированная сода 0,3—0,35 %, остальное вода	80—90	—	2—3 мин

15.13. Режимы оксидирования инструмента (Регламент ВНИИинструмент по ОС 2-040-56—68)

Материал	Состав среды, г/л	Режим обработки	
		Температура, °С	Время, мин
Инструментальная углеродистая сталь	NaOH 560—580 NaNO ₂ 200—220	130—138	30—35
Инструментальная легированная сталь	NaOH 620—630 NaNO ₂ 220—240	138—142	30—35
Быстрорежущая сталь	NaOH 350—360 NaNO ₂ 130—140	125—135	60

при температуре 400—450 °С (для сварного инструмента) или 450—480 °С (для цельного инструмента). Время выдержки 30 мин.

Другие разновидности химико-термической обработки. Указанные процессы приведены в табл. 15.11, а разновидности упрочняющей и дополнительной обработки — в табл. 15.12—15.14.

Дополнительный отпуск. Производится для снятия напряжений, улучшения товарного вида инструмента (особенно шлифованного) в шахтных электропечах с циркулирующей атмосферой. Температура — 275 °С, выдержка — 1 ч, охлаждение в масле. Инструмент, прошедший отпуск, имеет золотистый цвет.

Стабилизирующий отпуск. Производится в соляных ваннах, содержащих 85 % KNO₃ и 15 % NaOH, в целях стабилизации размеров прецизионного инструмента после шлифования и заточки. Температура ванн — 500 °С, время выдержки — 1 ч, охлаждение на воздухе.

15.14. Рекомендуемые способы очистки инструментов

Способ	Наименование переходов	Состав среды	Режим обработки	
			Температура, °C	Время, мин
Промывка	Промывка	NaOH 15 + + Na ₂ SiO ₅ 0,3 или эмульгатор ОП-7, ОП-10, остальное — вода	70—80	5—10
	Пассивирование	NaNO ₃ 1—1,5 + + Na ₂ CO ₃ 0,3—0,35, остальное — вода	70—80	2—3
Обезжиривание	Выварка	NaOH 8—10 + + Na ₃ PO ₄ 1,5—2 + + Na ₂ SiO ₅ 0,2—0,5	80—100	20—30
	Промывка	H ₂ O	70—80	2—3
	Пассивирование	NaNO ₃ 1—1,5 + + Na ₂ CO ₃ 0,3—0,35	70—80	2—3
Химическая очистка	Выварка	H ₂ O	90—100	20—30
	Промывка	H ₂ O	15—20	2—5
	Травление	HCl 15—20 + H ₂ O	30—40	10—20
	Промывка	H ₂ O	15—20	2—3
	Нейтрализация	Na ₂ CO ₃ 2	60—70	3—5
	Пассивирование	NaNO ₃ 1—1,5 + + Na ₂ CO ₃ 0,3—0,35	70—80	2—3
Гидроабразивная очистка	Гидроочистка	Кварцевый песок или электрокорунд 400 г/л + NaNO ₃ 1 + + Na ₂ CO ₃ 1,5	Давление 50—60 МПа	15—30
	Промывка	H ₂ O	15—20	2—3
	Пассивирование	NaNO ₃ 1—1,5 + + Na ₂ CO ₃ 0,3—0,35	70—80	2—3

15.4. Шлифовально-заточные операции

Удельная трудоемкость шлифовально-заточных операций, определяющих точность, долговечность инструмента, достигает 80 % общей трудоемкости изготовления инструмента. В связи с этим от правильности выполнения операций этого цикла в значительной степени зависят как качество готового инструмента, так и производительность обработки. Вопросы выбора шлифовальных кругов, режимов обработки инструмента рассмотрены в гл. 14. Операции цикла разделяются на шлифовальные операции, операции по вышлифовке профиля инструментов, заточные.

Шлифовальные операции. Осуществляются как на универсальном, так и на специальном оборудовании. К этой группе относятся также станки для затыловки зубьев инструмента.

Операции по вышлифовке профиля инструментов. Осуществляются на специальном оборудовании профильными кругами (табл. 15.15—15.18). Профили кругов для обработки некоторых видов инструментов рассчитаны на Сестрорецком инструментальном заводе им. С. П. Воскова, на ЭВМ.

При вышлифовке профиля инструментов обеспечивается получение высокой точности, с улучшенным качеством обработанной поверхности.

Вышлифовкой в отечественном инструментальном производстве обрабатываются профили спиральных быстрорежущих и твердосплавных сверл диаметром 0,4—17 мм с углом наклона канавок до 35°, концевых фрез диаметром до 14 мм с углом наклона канавок до 45°, метчиков диаметром до 20 мм, разверток твердосплавных до 12 мм, центровочных сверл, сверл твердосплавных для плат печатного монтажа и др. Точный профиль сверл спиральных диаметром 10—40 мм из быстрорежущих сталей получают также комбинированным способом — прокаткой канавок и последующей дошлифовкой полного профиля. При этом кроме точности достигается экономия быстрорежущей стали, повышение производительности обработки (припуск при дошлифовке не превышает 0,5 мм по профилю канавки, что позволяет работать с подачами, до трех раз превышающими подачу при вышлифовке полного профиля).

В практике ряда зарубежных инструментальных фирм вышлифовка канавок инструмента диаметром до 14 мм полностью заменила операции их фрезерования.

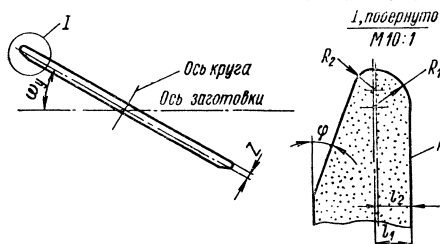
Вышлифовка может быть однопроходной (глубинной), когда весь припуск (до 7 мм) снимается за один проход, или многопроходной, когда припуск снимается строчками (как на плоскошлифовальных станках).

Однопроходная обработка наиболее производительна, но требует для осуществления станков большой мощности (мощность при вышлифовке канавок спиральных быстрорежущих сверл примерно равна диаметру сверла), значительного расхода охлаждающей жидкости (объемный расход принимается равным 5—10 диаметрам сверла). Многопроходная обработка менее производительна, но позволяет осуществлять обработку канавок инструмента диаметром до 100 мм, не требует большой мощности и большого объема охлаждающей жидкости. Этим способом работают станки фирмы «Юнкер» (*Junker*, ФРГ) и других фирм.

Заточные операции. Выполняются на заточных станках общего назначения и специальных.

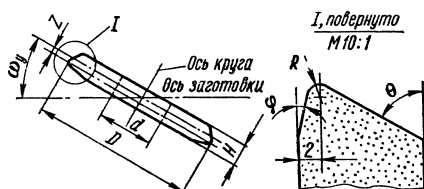
Операции заточки производятся не только изготовителями инструмента, но и потребителями при переточках инструмента и имеют ряд особенностей.

**15.15. Схема установки и размеры профиля круга
для вышлифовки канавок быстрорежущих сверл
(ГОСТ 10902—77), мм**



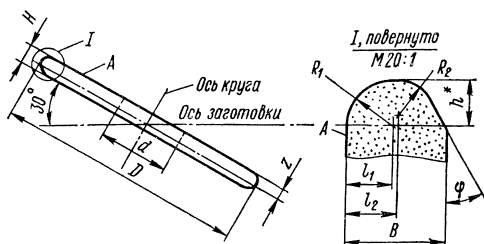
Диаметр сверла	z	R ₁	R ₂	l ₁	l ₂	φ, °	Размер заготовки круга D × d × H	Станок
3,0	2,16	1,335	0,744	1,335	1,237	22	300 × 51 × 3	V-103
3,5	2,55	1,604	0,836	1,604	1,468	21	300 × 51 × 4	
4,0	2,92	1,811	0,973	1,811	1,656	20° 30'	450 × 203 × 7,5	V-307
5,0	3,64	2,260	1,185	2,260	2,098	19		
3,1	2,248	1,400	0,6	1,400	1,307	23	250 × 4 × 76 (ТУ 2-036-874—81)	AF3-10P
3,2; 3,3	2,395	1,500		1,500	1,433	23° 30'		
3,4; 3,5; 3,6	2,532			1,500	1,590	23		
3,7; 3,8; 3,9	2,87			1,800	1,800	1,711		
4,0; 4,2	2,938	1,935		0,7	1,935	1,829		
Примечание. Угол ω _y = 30°.								

**15.16. Схема установки и размеры профиля круга
для вышлифовки канавок концевых фрез, мм**



Диаметр фрезы	z	ω _y	φ ± 0,5	θ ± 0,5	R ± 0,5	Размеры заготовки круга D × d × H	Стандарт, ТУ	Модель станка
3,0	0,4	35°	12°	62° 40'	0,2	300 × 10 × 127	СПТУ-027—77	3684Г
4,0	0,0		18° 30'	63° 40'				
10,0	0,0		5°	66°		300 × 6 × 203		
3,0	0,88	29°	13°	66° 30'	0,24	150 × 8 × 32	ГОСТ 2424—83	ЗВ642

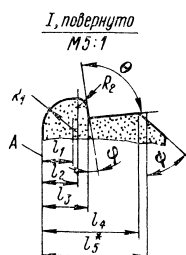
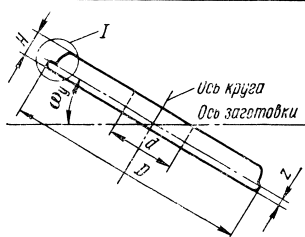
15.17. Размеры профиля алмазного круга для вышлифовки канавок твердосплавных сверл, мм



Диаметр сверла, мм	B	R ₁	R ₂	l ₁	l ₂	h	φ, °	z
0,75	0,8	0,39	0,31	0,39	0,369	0,292	28	0,57
0,8 0,85	0,9	0,389	0,386	0,389	0,389	0,332	30	0,6 0,62
0,90 0,95	1,0	0,43 0,46	0,36 0,41	0,43 0,46	0,45 0,449	0,35 0,37		0,67 0,61
1,0 1,05	1,5	0,6	0,409	0,6	0,524	0,59	31	0,78 0,816
1,1 1,15		0,58	0,495	0,58	0,542	0,45	30	0,83 0,85
1,2		0,607	0,523	0,607	0,59	0,463	20	0,9
1,25 1,3		0,608	—	0,608	—	0,496	27	0,92 0,97
1,35 1,4		0,66	0,628	0,66	0,67	0,54	25	1,02 1,04
1,45 1,5	1,7	0,75	0,676	0,75	0,73	0,57		1,09 1,12
1,55 1,6		0,793	0,726	0,793	0,775	0,61		1,16 1,19
1,65 1,7	1,8	0,836	0,803	0,836	0,80	0,638	22	1,23 1,28
1,75 1,8		0,871	0,813	0,871	0,871	0,677	25	1,3 1,34
1,85 1,9	1,9	0,932	0,869	0,932	0,908	0,715	22	1,39 1,42
1,95 2,0	2,0	0,94 0,992	0,79 0,716	0,94 0,992	1,0 1,064	0,72 0,4	29 31	1,46 1,5

Примечание. Размеры заготовки круга $D \times d \times H$ составляют $100 \times 32 \times 2$ или $125 \times 82 \times 2$ (ТУ 037-377—83).

15.18. Схема установки и размеры профиля алмазного круга для шлифовки канавок и спинок цельнотвердосплавных сверл, мм



Диаметр сверла		ω_y	R_1	R_2	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
3,0	2,04	30° 30'	1,21	0,33	1,21	1,13	1,72	3,88	—
3,5	2,4		1,42	0,63	1,42	1,37	2,22	4,57	—
4,0	2,74		1,62	0,80	1,62	1,5	2,53	5,22	—
4,5	3,11	31°	1,86	0,71	1,86	1,73	2,77	6,0	—
5,0	3,46		2,06	0,73	2,06	1,97	3,08	6,65	—
5,5	3,79	30° 30'	2,25	1,19	2,25	2,14	3,58	7,27	—
6,0	2,32	31°	2,49	0,70	2,49	2,88	3,76	7,88	8,50
6,5	4,4	30°	2,6	1,15	2,6	2,49	3,98	8,5	8,6
7,0	2,97	31°	3,0	0,70	3,0	3,20	4,64	9,25	10,0
Диаметр сверла	φ	θ	$\psi, ^\circ$	Размеры заготовки круга $D \times d \times H$, мм		Обозначение заготовки круга по ГОСТ 16167—80			
3,0	23°	110° 50'	0°	150×32×10		2720-0084			
3,5	23°	110° 30'	0°	150×32×10		2720-0070			
4,0	24°	111°	0°	150×32×10		2720-0070			
4,5	24°	110° 50'	0°	150×32×10		2720-0070			
5,0	24°	110° 30'	0°	150×32×10		2720-0070			
5,5	21° 10'	108° 50'	0°	150×32×10		2720-0070			
6,0	9° 12'	92° 37'	30°	150×51×10		2720-0084			
6,5	19° 30'	105° 30'	8°	150×32×10		2720-0070			
7,0	28° 05'	110° 45'	17°	150×51×10		2720-0084			

15.19. Припуск на переточку резцов, мм

Вид резца	Затачи- ваемая по- верхность	Материал инструмента	Размер припуска при сечении резца, мм ²						
			10×16	12×20	16×25	20×30	25×40	30×45	40×60
Токарные проходные, подрезные, отрезные, рас- точные: для одноинструмен- тальной обработки	Передняя и задняя	Твердый сплав	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
		Быстроре- жущая сталь	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
для многоинстру- ментальной обра- ботки	Задняя	Твердый сплав	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	—
		Быстроре- жущая сталь	—	0,7	0,8	0,8	0,9	—	—
Круглые фасонные	Передняя	Быстроре- жущая сталь	—	—	—	1,1	—	—	—

Заточка резцов и ножей к сборному инструменту. Грани инструмента, как правило, являются плоскими поверхностями, их обработку производят торцом круга; переходные поверхности представляют собой участки цилиндра или конуса, их обработку также осуществляют торцом круга; стружколомающие канавки и лунки, весьма разнообразные по форме и размерам, обрабатывают торцом круга или фасонным кругом (врезанием или на проход). Радиус сопряжения главной и вспомогательной задней поверхностей обычно выбирают в пределах 0,2—3 мм.

Ножи к сборным инструментам (фрезам, разверткам) иногда затачиваются и перетачиваются в многоместных приспособлениях, устанавливаемых на стол плоскошлифовальных или заточных станков, чашечными кругами (табл. 15.19). Припуск на переточку ножей и резцов из сверхтвердых материалов — не более 0,2 мм.

Традиционная схема заточки резцов из быстрорежущих и инструментальных сталей состоит из предварительной обработки кругами из электрокорунда и окончательной доводки эльборовыми кругами (см. гл. 14), схема заточки резцов из твердых сплавов — из предварительной обработки стального корпуса кругами из КЗ, электрокорунда и последующей обработки алмазными кругами.

В настоящее время апробированы способы более производительной заточки резцов с применением алмазных и эльборовых кругов без использования кругов из КЗ и электрокорунда, в том числе электроэрозионный, электрохимический и другие. На рис. 15.8 представлена конструкция специального алмазного круга с канавками на алмазном слое, имеющими выход в подводящие каналы. Использование такого круга при алмазном электролитическом глубинном шлифовании ножей к сборным фрезам с напаянными пластинами твердого сплава позволило

довести соотношение площадей твердого сплава и стали ножа до 1 : 6 при общей площади контакта 27 см², а съем до 3000 мм³/мин.

Заточка сверл. При заточке должны быть получены необходимые для резания задние углы и углы в плане, а также спад затылка, исключающий трение задней поверхности о дно отверстия. Значения задних углов $\alpha = 8 \div 18^\circ$, углов в плане $2\varphi = 70 \div 160^\circ$. Качество заточки оценивается осевым биением кромок δ , зависящим от погрешности окружного шага канавок Δ , нецентricностью сердцевин ω . Обычно $\delta = 0,005D + 0,01$ мм для сверл

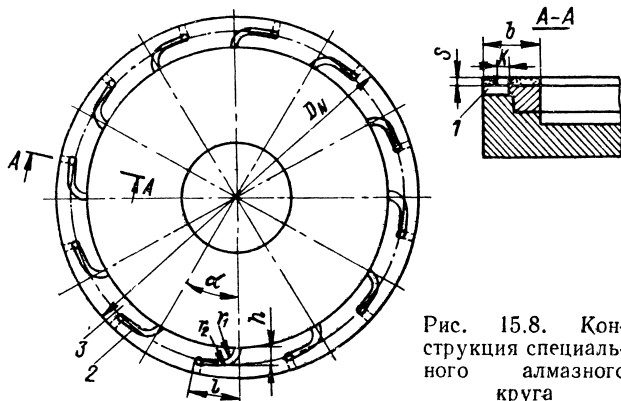


Рис. 15.8. Конструкция специального алмазного круга

исполнения А или А1 и $\delta = 0,012D + 0,03$ мм для сверл исполнения В и В1; $\omega = 1,2\delta$; $\Delta = 2,5\delta$; $f = 2\delta$, где f — непрямолинейность главных режущих кромок.

Износ сверл при обработке хрупких материалов происходит по задней поверхности и уголкам (h_y), при обработке вязких материалов — по ленточке (h_n). Кроме того, на ленточках могут появляться налипы. Припуск на перегонку $h = (0,1 \div 0,12) \times (D + 1)$ мм при обработке вязких материалов, или $h = (0,05 \div 0,07) (D + 1)$ мм при обработке хрупких материалов. Сверла могут быть заточены различными способами, из которых нашли наиболее широкое распространение винтовая, сложновинтовая и двухплоскостная заточки. Требования к качеству заточки всеми способами соответствуют требованиям к сверлам общего назначения. Для автоматических линий и станков с ЧПУ дополнительным требованием к заточке является возможность работы сверл без зацентровки и кондукторных втулок, для чего сверла должны иметь центрирующую вершину. Такую форму заточки обеспечивают винтовая с заострением вершины и двухплоскостная заточки. Двухплоскостная заточка применяется также при заточке твердосплавных сверл.

Заточка торцовых фрез с вставными ножами. Осуществляется обычно по задним и переходным поверхностям. При необходимости

на передней поверхности выполняют фаску вдоль главной режущей кромки под углом от $+5^\circ$ — 10° шириной 0,4—0,6 мм. Вставные ножи предварительно затачиваются по аналогии с резцами и затем устанавливаются на корпус и затачиваются окончательно. Ножи, оснащенные сверхтвердыми режущими элементами, в сборе не затачиваются, а обрабатываются вне фрезы и устанавливаются на корпус с высокой точностью по упору или индикатору. Износ по задним поверхностям 1—1,2 мм при черновой обработке стали, 1,5—2 мм при черновой обработке чугуна, 0,3—0,5 мм при чистовой обработке чугунов и сталей. Заточку и переточку выполняют многопроходным поэлементным способом (отдельно затачивается каждая кромка) или контурным способом (каждый нож затачивается полностью, после чего осуществляется деление и заточка следующего ножа). Деление производят по упору или принудительно.

Заточка концевых фрез. Торцовые и переходные прямолинейные кромки концевых фрез затачиваются по аналогии с торцовыми насадными фрезами. Особенностью операции является заточка винтовых поверхностей, которая осуществляется копированием по осевому и окружному шагам или принудительным винтовым перемещением и делением фрезы.

Копиром при заточке передней поверхности служит шлифовальный круг, развернутый под углом наклона винтового зуба к оси фрезы, копиром при заточке задних поверхностей — упор. В обоих случаях при продольном перемещении фрезы происходит и ее вращение под действием поджима передней поверхности к копиру или упору. Способ заточки по упору и копиру применяется и при переточке фрез. Износ фрез происходит обычно по задним поверхностям в пределах до 0,12 диаметра фрезы при черновом и 0,08 диаметра при чистовом фрезеровании. Припуск, снимаемый при переточке по задней и передней поверхностям, 0,1—0,25 мм. Переднюю поверхность иногда не перетачивают.

Заточка метчиков. Осуществляется по передней поверхности и заборному конусу. Передняя поверхность затачивается торцом чашечного круга, заборный конус затылуется по архимедовой спирали кругом прямого профиля (рис. 15.9). При этом спад затылка $K = (\pi d/z) \operatorname{tg} \alpha$, где α — задний угол заборного конуса; d — диаметр заборного конуса; z — число зубьев метчика.

Износ метчиков происходит по задней и в меньшей степени по передней поверхностям, поэтому переточку рекомендуется производить по обеим поверхностям.

Заточка круглых плашек. Осуществляется по заборному конусу и передней грани. Заборный конус затылуется цилиндрическим кругом (рис. 15.10, а) или кругом, заправленным на конус (рис. 15.10, б), что предпочтительней. Спад затылка при затыловании по архимедовой спирали определяется как и для метчиков.

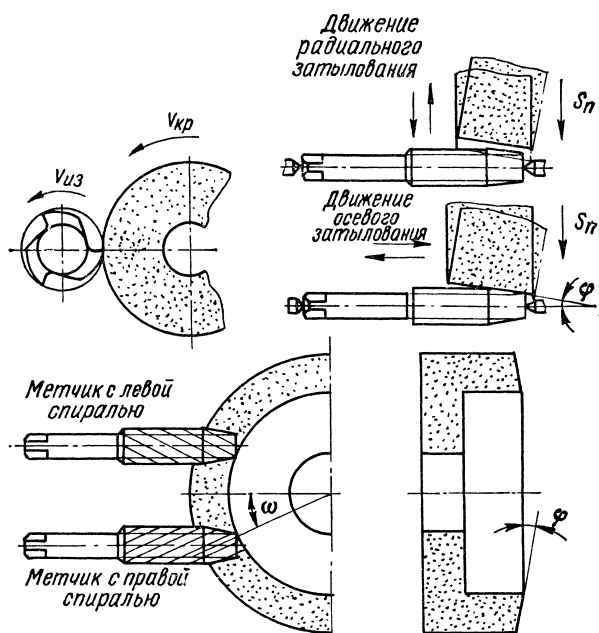


Рис. 15.9. Схемы заточки метчиков

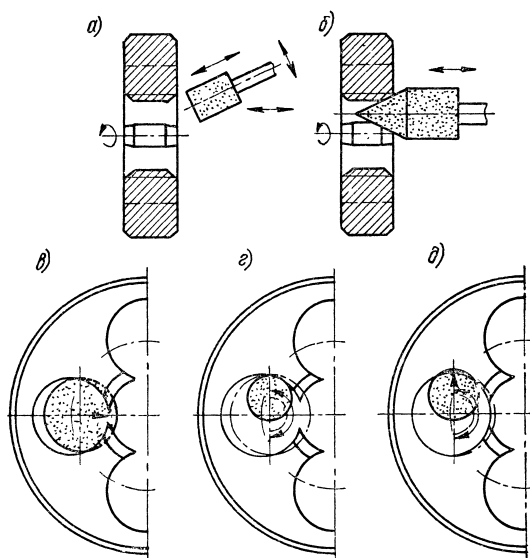


Рис. 15.10. Схемы заточки круглых плашек

15.20. Припуск на заточку метчиков и плашек, мм

Инструмент	Затачи- ваемая поверх- ность	Наибольший размер припуска при диаметре, мм						
		1—2	3—6	8—10	12—24	30—36	42—48	52
Машинно-ручные метчики	Передняя	0,08— 0,1	0,1—0,8	0,4	0,5—0,6	0,6	0,7	0,7
	Задняя	0,6—0,8	0,9—1,1	1,6	2,0	3	3,8	4,5
Гаечные метчики	Передняя	—	0,3	0,4	0,6	—	—	—
	Задняя	—	0,8	1,3	1,7	—	—	—
Круглые плашки	Передняя	—	0,25	0,35	0,5	0,75	0,8	—

Заточку передней грани производят цилиндрическим кругом по схеме, приведенной на рис. 15.10, *в—д*. Припуск на заточку метчиков и плашек выбирают по табл. 15.20.

Заточка протяжек. Осуществляется по передним и задним поверхностям. Передние поверхности затачиваются торцом круга (плоские протяжки), конусной поверхностью тарельчатого круга (круглые протяжки); задние поверхности — торцом круга (плоские протяжки), периферией круга форма ПП (круглые протяжки).

Износ протяжек (по задним поверхностям со скруглением режущих кромок) не должен превышать 0,1—0,15 мм, а по уголкам стружкоотделительных канавок — 0,4 мм. Припуск на переточку по передней грани до 0,2 мм для чистовых зубьев и 0,4 мм для черновых. Наружные и шпоночные протяжки перетачивают по задним поверхностям.

15.5. Дополнительная обработка и упрочнение инструментов

Этот цикл операций в настоящее время становится одним из важнейших в повышении долговечности инструмента и производительности труда.

Условно можно выделить операции, осуществляемые в процессе изготовления инструмента (химико-термическую обработку и механическое и некоторые другие виды упрочнения), и операции, которые могут производиться как в процессе изготовления инструмента, так и при его переточках.

Операции, осуществляемые в процессе изготовления инструмента. Химико-термическая обработка стального инструмента и ее назначение рассмотрены в п. 15.3.

Термическая обработка твердых сплавов. Обеспечивает повышение прочности, ударной вязкости, твердости, износостойкости

инструментов, оснащенных твердым сплавом группы ВК. Заключается в закалке спеченных твердосплавных заготовок или их отжиге при температуре 600—1250 °С в течение нескольких часов (до 100).

Наибольшее распространение получила закалка заготовок. В процессе закалки заготовки нагревают со скоростью * 10—15 °С/с до температуры 1150—1200 °С (сплавы с содержанием кобальта до 15 % или до 1000 °С (сплавы с содержанием кобальта более 15 %), а затем охлаждают в масле, нагретом до 40 °С. Закалке

15.21. Коэрцитивная сила
твердосплавных изделий
после закалки H_c , Э

Марка сплава	Объем изделия, мм ³	H_c , Э	
		Исходная	После закалки
BK6	200	135	148
	400	135	147
	1 000	130	138
BK8	200	117	130
	400	118	127
	1 000	120	129
BK15	200	100	109
	400	98	106
	1 000	94	98
	25 000	90	94

подвергаются как заготовки режущего, так и штампового инструмента. Контроль качества заготовок после закалки осуществляется измерением твердости (которая после закалки должна повышаться на 8—12 %) или коэрцитивной силы (табл. 15.21).

По данным исследований повторный непродолжительный нагрев (при шлифовании, заточке, пайке) не оказывает существенного влияния на параметры закаленной заготовки, а следовательно, и на качество готовых

изделий. Так, стойкость сверл спиральных диаметром 0,7—2 мм цельных твердосплавных из сплава BK6M для сверления плат печатного монтажа, изготовленных из закаленных заготовок вышешлифовкой профиля алмазными кругами, в три раза выше, чем таких же сверл, но из обычных заготовок.

Механическое упрочнение. Осуществляется при изготовлении твердосплавного инструмента и инструмента из минералокерамики. Заключается в обработке режущих клиньев песком, дробью или в вибрационной обработке с наполнителем. В процессе обработки режущие кромки инструмента округляются до нужного радиуса, «тренируются», что снижает остаточные растягивающие напряжения, создает в поверхностном слое сжимающие напряжения. Наибольшее распространение получила вибрационная обработка режущих пластин из твердого сплава минералокерамики. Осуществляется на машинах моделей ВМП-25, ВМ-40С, ВМ-40, ВМ-100. Наполнителем служат абразивные тела ПТ

* Режимы, приведенные в качестве примера, соответствуют способу закалки, разработанному в Институте сверхтвердых материалов АН УССР.

15×15 или ПТ 20×15, бой фарфора, минералокерамики ЦМ-332, шлифовальных кругов, смесь этих материалов. Обрабатываемое изделие и наполнитель помещают в камеру, колеблющуюся с определенной частотой и амплитудой. При виброобработке твердосплавных пластин и пластин из минералокерамики с целью исключить выкрашивание при соударениях, их помещают в индивидуальные ячейки, устанавливаемые в камеру. При этом в рабочую камеру непрерывно подается раствор кальцинированной соды (2—3 %).

Термомеханическое упрочнение. Имеет две разновидности — высокотемпературную механическую обработку (ВТМО) и низкотемпературную термическую обработку (НТМО). Применяется в процессе изготовления инструмента методами пластической деформации (продольно-винтовой прокат, экструзия).

Высокотемпературная механическая обработка включает в себя нагрев заготовок до температур, превышающих температуру мартенситного превращения, деформацию и последующую закалку с отпуском.

Низкотемпературное термомеханическое упрочнение производится при температурах ниже температуры мартенситного превращения и заключается в нагреве, пластической деформации и отпуске заготовок.

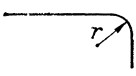
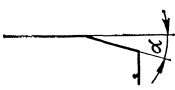
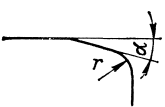
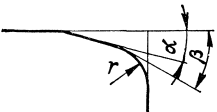
Термомеханическое упрочнение обеспечивает повышение твердости, прочности заготовок.

Операции, выполняемые в процессе изготовления инструмента и при его эксплуатации. *Упрочнение.* Получают за счет создания фасок на передней грани и радиусов скругления главной режущей кромки. Особенно эффективно для инструмента, оснащаемого пластинами из твердых сплавов, минералокерамики, сверхтвердых материалов (табл. 15.22). Отечественные многогранные пластинки из минералокерамики и сверхтвердых материалов изготавливаются с фаской на передней грани $f = 0,2$ мм и углом $\gamma = 20^\circ$ по периметру с двух сторон. Размеры фасок, углов и обозначение шифра исполнения пластин по требованию заказчика приводятся в табл. 15.23.

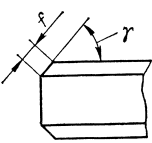
Все выпускаемые пластины могут быть доработаны потребителем в соответствии с условиями эксплуатации с учетом приведенных рекомендаций. Радиус скругления может быть получен виброгалтовкой на специальных установках (см. гл. 14) и определяется временем галтовки и видом рабочей среды. Пластины должны быть изолированы друг от друга во избежание выкрашивания.

Фаски получают обработкой на специальных плоскошлифовальных или заточных станках с алмазными кругами или гибкими доводочными кругами с алмазной пастой. В последнем случае одновременно образуется фаска и радиус (см. табл. 15.23). Однако при этом радиус и угол передней грани имеют большой разброс значений.

**15.22. Способы упрочнения режущих кромок пластин
из твердых сплавов, минералокерамики,
сверхтвердых материалов**

Способ упрочнения	Эскиз	Область применения, размеры упрочняющих элементов
1. Скругление		Прецизионные и легкие чистовые операции $f \times \alpha = (0 \div 0,05) \times 20^\circ$; $r = (0,02 \div 0,05)$ мм
2. Фаска		Получистовые, чистовые операции $f \times \alpha = 0,1 \times 20^\circ$;
3. Фаска и скругление		Черновые операции $f \times \alpha = 0,2 \times 20^\circ$; $r = (0,05 \div 0,1)$ мм Черновые операции с высо- кой скоростью $f \times \alpha = (0,3 \div 0,5) \times 30^\circ$; $r = (0,05 \div 0,1)$ мм
4. Двойная фаска и скруг- ление		Тяжелые черновые операции $f \times \alpha \times \beta = 0,7 \times 20^\circ \times 25^\circ$ $r = (0,1 \div 0,15)$ мм Фрезерование $f \times \alpha \times \beta = 0,15 \times 30^\circ \times 30^\circ$ $r = (0,05 \div 0,1)$ мм
Примечания. 1. Способ 2 может заменять способ 3 2. Способ 4 заме- няет способ 3 при больших фасках и углах		

15.23. Размеры фасок, углов и шифр пластин

Эскиз	Ширина фаски f		Угол наклона фаски γ , °	
	Размер мм	Шифр	Размер, мм	Шифр
	0,2	1	10	1
	0,4	2	15	2
	0,6	3	20	3
	0,8	4	30	4

Нанесение износостойких покрытий. Процесс не требует больших затрат, обеспечивает резкое повышение производительности обработки и получает широкое распространение как у изготовителей инструмента, так и у его потребителей. Существует ряд способов нанесения покрытий: электроискровой (установки типа «Искра»), плазменный, детонационный и др. Наиболее широкое применение получили способы газофазного осаждения и катодного напыления с ионной бомбардировкой.

1. Газофазный способ. С помощью этого способа наносят пленку карбида титана на многогранные твердосплавные пластины. Толщина слоя, насыщенного карбидом титана, составляет 3—10 мкм (ТУ 48-19-308—74). Для нанесения покрытий используют специальные установки, в которых на поверхность помещенной в камеру детали осаждаются из газовой фазы карбида титана. Процесс происходит при высокой температуре (до 1000 °С), поэтому покрытию подлежат изделия, не теряющие своих свойств при этой температуре. Метод освоен на предприятиях Минцветмета. Используется он и на некоторых машиностроительных предприятиях.

2. Способ катодного напыления. Основан на нанесении тонких пленок карбидов, нитридов, окислов металлов IV—VI группы таблицы Менделеева на поверхность изделия в вакууме ($1,33 \times 10^{-7}$ — $1,33 \cdot 10^{-9}$ Па). Процесс заключается в следующем: под действием напряжения, возникающего между анодом (изделием) и катодом (металлом-испарителем) металл с катода испаряется, образуя ионное поле. Инструмент нагревается до температур 300—600 °С.

При прокачке через камеру азота или другого газа, содержащего азот, ионы испарившегося металла (молибдена, титана), взаимодействуя с ионами азота, образуют нитриды и осаждаются на поверхность анода, создавая тонкую пленку (2—12 мкм). При наличии нескольких испарителей из различных металлов можно чередовать их работу, нанося различные слои покрытия (многослойные покрытия), различной толщины, с помощью чего повышать прочность сцепления покрытия с материалом-основой, а на поверхности использовать материалы с высокой абразивной стойкостью. Известны различные комбинации покрытий: $\text{TiC} + \text{TiN}$, $\text{TiC} + \text{TiN} + \text{Al}_2\text{O}_3$ и др. При этом число слоев достигает 13 и выше.

Существует ряд разновидностей процесса и созданных на их основе установок. К их числу относятся установки типов «Булат», «Пуск», «Юнион», «Мир» и др. В инструментальной промышленности используется разновидность процесса, совмещающего катодное напыление с ионной бомбардировкой (метод КИБ) поверхности изделия в целях дополнительной ее очистки. Процесс осуществляется на специальных установках (табл. 15.24). Покрываются инструменты из легированных и быстрорежущих сталей, твердых сплавов.

В зависимости от вида изделия, размеров и конструкций камеры установки, взаимного расположения испарителей и изделия оно в процессе покрытия может оставаться неподвижным, вращаться вокруг своей оси, вокруг оси вращения приспособления или ему может сообщаться еще и возвратно-поступательное движение

Качество покрытия зависит от качества подготовки поверхности под покрытие, чистоты используемых исходных материалов (газов, испарителей) точности регулировки температуры. Один из вариантов подготовки поверхности инструмента из быстрорежущей стали под покрытие следующий.

15.24. Основные характеристики установок для нанесения износостойких покрытий методом КИБ

Модель установки	Вместимость камеры, л	Мощность, кВт	Площадь, м ²
«Булат-3Т»	75	65	30
«Булат-6Т»	40	—	15
«Булат-3У»	75	100	30
«Булат-ЧП», НО-6095	75	100	30
ИРВ6.6-И1	36	27	25
НШВ9.5-И1	45	35	30
ННВ6.10-И2	60	35	30
НИВ6.10-И2	60	50	30

Примечание: Установка НИВ 6.10-И2 предназначена для нанесения покрытий на штамповый инструмент, протяжки

1. Обезжиривание инструмента путем его погружения в моющий раствор с температурой 75—80 °С и выдержкой в течение 2 с. Состав раствора: тринатрийфосфат технический (ГОСТ 201—76) — 30—40 г/л; сода кальцинированная техническая (ГОСТ 5100—85Е) — 20—30 г/л; нитрид натрия технический (ГОСТ 19906—74*) — 10 —

50 г/л ОП-7 или ОП-10 (ГОСТ 8433—81) — 3—5 г/л. Возможно использование и другого состава: средство моющее «Лабомид-101» (ТУ 38-30-726—71) — 20—30 г/л, нитрид натрия технический — 10—15 г/л.

2. Обезжиривание инструмента на ультразвуковой установке типа УЗВ-17М путем загрузки в приспособления и погружения в раствор при температуре 50—60 °С. Состав раствора: тринатрийфосфат технический — 30—40 г/л; сода кальцинированная техническая — 20—30 г/л; ОП-7 или ОП-10 — 3,5 г/л. Возможно использование раствора средства моющего «Деталин» — 40—60 г/л.

Время обезжиривания 3—5 мин, при использовании «Деталина» — 5—10 мин.

3. Промывка в питьевой воде (ГОСТ 2874—82) при 50—60 °С в течение 5—10 мин.

4. Промывка в дистиллированной воде (ГОСТ 6704—78) при 50—60 °С в течение 5—10 мин.

5. Промывка в этиловом спирте (ректификате) техническом, (ГОСТ 18300 — 72) при температуре 20 °С в течение 0,5 мин.

6. Сушка при температуре 130 °С в течение 30 мин.

Очищенный инструмент загружается в установки для нанесения покрытий.

Поддержание температурного режима процесса осуществляется фотопирометрами или с использованием термопар, закрепляемых на «свидетелях». Микротвердость покрытий — до $H_{100}^{\square}$ 23 000 МПа. Покрытый нитридом титана инструмент имеет золотистый цвет с различными оттенками. Многослойные покрытия имеют разные цвета.

Для покрытия мелкогабаритного инструмента и инструмента, выпускаемого мелкими сериями, используется упрощенный (без ионной бомбардировки) процесс на установках типа «Мир».

При необходимости после покрытия сохранить остроту режущих кромок (чистовая обработка) переднюю поверхность покрытого инструмента доводят, снимая незначительный слой покрытия (2—3 мкм), что позволяет повысить качество обработанной поверхности, стойкость инструмента.

Качество покрытия проверяют царапанием и трением. Толщину покрытия можно замерять на образцах-свидетелях или с помощью приборов, например толщиномера модели МТ-41НЦ при измерении покрытий на ферромагнитных материалах.

Требования к инструменту с покрытиями определяются ТУ 2-035-806—80 (твердосплавные пластины) и ТУ 2-035-805—80, ТУ 2-035-972—84 (инструмент из быстрорежущих сталей).

Повторное покрытие инструмента после его переточек может осуществляться по прошествии времени, равного одному или двум периодам стойкости, так как после первой переточки покрытий ранее инструмент обладает еще повышенной стойкостью, которую обеспечивает покрытие (на передней грани и ленточках у сверл, на профиле резьбы у метчиков), не снимаемое при переточках.

Лазерная термическая обработка поверхностей инструмента. Обеспечивает повышение твердости, прочности инструмента из различных инструментальных материалов, в том числе твердых сплавов сверхтвердых материалов, минералокерамики. Тепловой удар, осуществляемый за чрезвычайно короткий период времени, создает на поверхности изделий тонкие пленки с измененной структурой и свойствами. Процесс осуществляется на установках «Квант-16» и «Квант-18», диаметр пятна 16 или 18 мм соответственно.

Поверхность инструмента может обрабатываться лучом лазера как полностью, так и на отдельных участках передней или задней поверхности.

15.6. Маркировка, сборка, консервация, упаковка инструмента

Удельный вес операций этого цикла постоянно возрастает в связи с расширением производства сборного инструмента, усложнения его конструкции.

15.25. Режим электрохимической маркировки цилиндрических и плоских инструментов

Вид маркируемого инструмента	Состав электролита, массовая доля в %	Подача электролита	Напряжение, В	Окружающая скорость изделия м/мин	Время маркировки, с
Стальной цилиндрический диаметром 3—10 мм	KNO_3 15, NaNO_2 4, остальное — вода	Поливом	7	0,5—1,2	0,3—0,8
Стальной плоский	То же	Прокачиванием	7	0,5—1,2	1 5
Твердосплавный плоский	Na_2CO_3 4, ОП-7 — 0,5, остальное — вода	Смачиванием	6	—	2
	H_3BO_3 2, остальное — вода	Прокачиванием	2	—	1
	KNO_3 3, эмульсия — 0,5, остальное — вода				

Маркировка должна обеспечить нанесение на поверхности инструмента требуемые стандартами надписи и обозначения. Производится механическим, химическим, электрохимическим, электрографическим способами или с применением лазерного луча, управляемого от ЭВМ. Наиболее распространен способ механической маркировки с помощью твердосплавных клеев. Недостатком способа является деформация значительной зоны или всего готового изделия при вдавливании в него клейма.

При химическом способе нанесения знаков маркировка производится резиновым штампом, пропитанным раствором, содержащим соляную кислоту и сернокислую медь. Поверхности, подлежащие маркировке, должны быть очищены (выварены в 3—5 %-ном растворе кальцинированной соды при температуре около 80 °C или протерты ветошью, пропитанной этим же составом) После нанесения маркировки и просушки инструмент промывают (в таком же растворе, как и для маркировки) и пассивируют. Применяемый для маркировки раствор разъедает кожу, поэтому маркировку следует производить, строго соблюдая правила техники безопасности.

Электрохимическая маркировка — наиболее перспективный способ. Отличается высоким качеством, незначительным силовым воздействием на изделие, достаточной простотой, возможностью автоматизации. Заключается в воздействии с небольшим усилием на маркируемую поверхность клейма-электрода в среде электролита при пропускании тока и выдержке 1—1,5 с (табл. 15.25). Материал клейма-электрода — типографский токопроводящий сплав. Для получения качественной маркировки необходимо, чтобы шероховатость поверхности под маркировку была не более $R_a = 1,6$ мкм.

Электрографическая маркировка применяется в мелкосерийном и индивидуальном производствах, качество маркировки уступает электрохимическому способу.

Маркировка с помощью лазерного луча нашла применение лишь в последнее время. Способ отличается высокой производительностью, высоким качеством, позволяет наносить маркировку на изделия из различных материалов, в том числе минералокерамики и сверхтвердых. В инструментальном производстве установки для маркировки лазером использует ряд иностранных фирм.

Сборочные операции осуществляются, как правило, вручную специалистами высокой квалификации с использованием элементов малой механизации. Одновременно со сборкой производят контроль качества инструмента.

Упаковка и консервация инструментов осуществляются с целью обеспечить сохранность инструмента при транспортировке и хранении. В основном выполняются вручную, однако находит применение и механическое оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г. А., Аршинов В. А., Кричевская Р. М. Конструирование инструмента. М.: Машиностроение, 1979. 383 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. М.: Машиностроение. 1978. Т. 1. 728 с.; Т. 2. 560 с.; Т. 3. 558 с.
3. Аршинов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение, 1976. 440 с.
4. Бель И. С., Крижановский Б. Н. Развитие инструментального производства. Киев.: Наукова думка, 1979. 262 с.
5. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение; 1975. 344 с.
6. Боровский Г. В. Режущий инструмент из сверхтвердых материалов: Обзор. М.: НИИмаш, 1984, 54 с.
7. Брегер И. Д. Справочник инструментальщика. Минск: Гос. изд-во БССР, 1961. 476 с.
8. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит. 1957. 608 с.
9. Вандер Варден Б. А. Математическая статистика. М.: Изд-во иностр. лит. 1960. 434 с.
10. Вульф А. М. Резание металлов. Л.: Машиностроение, 1973. 496 с.
11. Высокопроизводительные конструкции инструмента и его рациональная эксплуатация//Тр. ВНИИинструмент. М.: ВНИИинструмент. 1977. 92 с.
12. Высокопроизводительный инструмент из сверхтвердых материалов и области его применения//Тр. ВНИИинструмент. М.: ВНИИинструмент, 1976. 76 с.
13. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. М.: Высш. шк., 1985. 304 с.
14. Гуляев А. П., Малинкина К. А., Саверина С. М. Инструментальные стали. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
15. Даниелян А. Н. Теплота и износ инструментов в процессе резания металлов. М.: Машгиз, 1954. 275 с.
16. Данилевский В. В. Справочник молодого технолога-машиностроителя. М.: Трудрезервиздат, 1958, 414 с.
17. Дьячков В. Б., Кабатов Н. Ф., Носинов М. У. Специальные металло-режущие станки общемашиностроительного применения: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 287 с.
18. Дьяков А. Т., Ясинский Г. И. Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1972. 224 с.
19. Жигалко Н. И., Киселев В. В. Проектирование и производство режущих инструментов. Минск: Вышэйш. шк., 1969. 278 с.
20. Инструмент из эльбора: Каталог. М.: НИИмаш, 1976. 60 с.
21. Инструментальное производство СССР/Под ред. К. Ф. Романова. М.: 1967. 232 с.
22. Инструментальное производство США: Обзор, М.: НИИмаш, 1976. 48 с.
23. Карлик Е. М., Власов В. Ф. Специализация и концентрация инструментального производства. Л.: Машиностроение, 1973. 160 с.
24. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.

25. Кизельштейн В. Я. Химико-механическая обработка металлов. Л.: Судостроение, 1964. 242 с.
26. Климов В. И., Лернер А. С., Пекарский М. Д. Справочник инструментальщика-конструктора. М.: Машгиз, 1958. 608 с.
27. Королев В. А., Зотов П. М., Марголин Л. С. Справочник инструментальщика. Минск: Беларусь, 1976. 416 с.
28. Космачев И. Г. Карманный справочник технолога-инструментальщика. Л.: Машиностроение, 1969. 262 с.
29. Краткий справочник металлста/Под общ. ред. Орлова П. Н., Скорыхова Е. А. М.: Машиностроение, 1986. 960 с.
30. Кудинов В. А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967. 196 с.
31. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 359 с.
32. Кривоухов В. А., Петруха П. Г., Бруштейн Б. Е. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М.: Машиностроение, 1967. 654 с.
33. Лашнев С. И., Юликов М. И. Расчет и конструирование металло-режущих инструментов с применением ЭВМ. М.: Машиностроение, 1975. 392 с.
34. Лезвийный инструмент из композита: Обзор. — М.: НИИмаш, 1979. 52 с.
35. Лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора: Методические рекомендации. М.: ВНИИинструмент, 1978. 36 с.
36. Лепихов В. Г. Самоустанавливающий инструмент. М.: Машиностроение, 1974. 78 с.
37. Лысанов В. С. Высокопроизводительный инструмент из эльбора. М.: Машиностроение, 1975. 35 с.
38. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч. 1. Резцы и фрезы. М.: НИИмаш, 1983. 144 с.
39. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч. 2. Инструмент для обработки отверстий. М.: НИИмаш, 1983. 192 с.
40. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч. 3. Резьбообрабатывающий, трубо- и муфтообрабатывающий инструмент. М.: НИИмаш, 1983. 108 с.
41. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов/Под ред. Н. И. Резникова. М.: Машиностроение, 1972. 205 с.
42. Особенности конструирования, изготовления и эксплуатации режущего инструмента с клеевыми соединениями: Обзор. М.: НИИмаш, 1978. 68 с.
43. Одинг И. А. Допускаемые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов. М.: Машгиз, 1962. 158 с.
44. Подураев В. Н. Обработка резанием жаропрочных и нержавеющей материалов. М.: Высш. шк. 1965. 201 с.
45. Попов С. А., Малевский Н. П., Терещенко Л. М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов. М.: Машиностроение, 1977. 263 с.
46. Производство и применение в промышленности режущего инструмента из керамики. М.: НИИмаш, 1978. 32 с.
47. Производство неперетачиваемого режущего инструмента: Обзор. М.: НИИмаш, 1972. 50 с.
48. Розенберг А. М., Еремин А. Н. Элементы процесса резания металлов. М.; Свердловск: Машгиз, 1956. 319 с.
49. Расчет, конструирование, технология изготовления и организация внедрения клеевых режущих инструментов: Методические рекомендации. М.: НИИмаш, 1984. 56 с.
50. Ревис И. А., Лебедев Т. А. Структура и свойства литого режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1972. 128 с.
51. Режущий инструмент из сверхтвердых материалов. М.: НИИмаш, 1984. 56 с.
52. Режущие инструменты с пластинами из безвольфрамовых твердых сплавов. М.: НИИмаш, 1984. 58 с.
53. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты. Киев: Виц. шк., 1974. 399 с.

54. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машгиз, 1962. 952 с.
55. Современные тенденции развития режущих инструментов. М.: НИИмаш, 1984. 50 с.
56. Современные конструкции сборного инструмента с многогранными неперетачиваемыми пластинами: Обзор. М.: НИИмаш, 1979. 56 с.
57. Соколовский А. П. Курс технологии машиностроения. Ч. 1. М.; Л.: Машгиз, 1947. 436 с.
58. Справочник инструментальщика. М.: Машгиз, 1949. Т. 1. 410 с. Т. 2. 524 с.
59. Справочник металлиста/Под общ. ред. Рахштадта А. Г., Брострема В. А. Т. 2-ой. М.: Машиностроение, 1976. 718 с.
60. Справочник по технологии резания материалов/Пер. с нем.; Под ред. Ю. М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1985. Кн. 1. 616 с. Кн. 2. 686 с.
61. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1986. Т. 1. 656 с.; Т. 2. 496 с.
62. Типаж металлорежущего инструмента на 1986—1990 гг. М.: ВНИИ-инструмент — ВНИИТЭМР, 1985. 446 с.
63. Филиппов Г. В. Режущий инструмент. Л.: Машиностроение, 1981. 392 с.
64. Четвериков С. С. Металлорежущие инструменты. М.: Высш. шк. 1965. 730 с.
65. Шашин В. П., Шашин Ю. В. Режущий и накатный инструмент: Справочник конструктора-инструментальщика. М.: Машиностроение, 1975. 456 с.
66. Шугал Б. Е., Самойлов В. М. Справочник по эксплуатации режущего, ударного, высадного и механизированного инструмента. М.: Машиностроение, 1965. 343 с.
67. Эльбор в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1978. 280 с.
68. Carbide cutting tools EP-310R: Sumitomo Electric Industries, Ltd. Printed in Japan. 1983. 174 p.
69. Cutting tools (D) 8304: Toshiba Tunngalov Co., Ltd. Printed in Japan. 1982. 115 p.
70. Fräswerkzeuge mit Schneiden aus Hartmetall und Schneidkeramik. Walter. Printed in West-Germany. 4/81/449. 104 S.
71. Hartmetall — Werkzeugfabrik Andreas Maier GM BH+CO KG: HAM Diamant. Printed in West-Germany. 1982. 51 S.
72. Hertel: Hertel. Printed in Fed. Rep. of Germany, 384/10. 1983. 176 p.
73. Klingelnberg — Technisches Hilfsbuch. 15 Auflage. Berlin — N. Y.; Springer—Verlag, 1967. 1010 S.
74. Metalworking Products 180-6500 : 002-ENG: Compact Reference Catalogue. Sandvik Coromant. Printed in Sweden. 2-nd edition, 1985. 272 p.
75. Praktische Tips zum Bohren, Aufbohren, Reiben, Fräsen, Sägen und Gewindeschneiden. Titex Plus Präzisionswerkzeuge. West-Germany, 11 Auflage, 1981. 191 S.
76. Präzisionswerkzeuge. Preisliste Nr. 32B: Gühring Ausgabe. 1986. 616 S.
77. Tizit Maximill A260 562 D. Der Kombifräser: Plansee. Printed in Germany by Wb-Druck, D8959, Rieden a. F. 1985. 46 S.
78. Tizit Fräswerkzeuge Milling cutters. 455. DER 1.84. Plansee. Printed in Austria by F. Sohor, Zell am See, 1984. 19 p.
79. Vollhartmetall — Werkzeuge zum Bohren und Fräsen gedruckter Schaltungen: KLENK. Hartmetall Werkzeugfabrik. 1980. 23 S.

К главе 1

80. Большев Л. И., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1965. 243 с.
81. Допуски и посадки: Справочник/В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. Л.: Машиностроение, 1983. Т. 1. 544 с.; Т. 2. 487 с.

82. Рекомендация ИСО/Р286 «Система допусков и посадок ИСО». Общие сведения. Допуски и отклонения. М.: Изд-во стандартов, 1972. Ч. 1. 105 с.
83. Рекомендация ИСО/Р1829 «Отбор полей допусков для общего применения». М.: Изд-во стандартов, 1972. 110 с.
84. Савелов А. А. Плоские кривые: Справочное руководство. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит. 1975. 238 с.
85. Справочник машиностроителя. В 6 т. М.: Машиностроение, 1961. Т. 1. 592 с.; Т. 2. 740 с.

К главе 2

86. Аваков А. А. Физические основы теории стойкости режущих инструментов. М.: Машгиз, 1960. 307 с.
87. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. 344 с.
88. Бобров В. Ф. Влияние угла наклона главной режущей кромки инструмента на процесс резания металлов. М.: Машгиз, 1962. 151 с.
89. Лоладзе Т. Н. Износ режущего инструмента. М.: Машгиз, 1958. 355 с.
90. Лоладзе Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. 320 с.
91. Маслов Е. Н., Постникова Н. В. Основные направления в развитии теории резания абразивным, алмазным и эльборовым инструментом. М.: Машиностроение, 1975. 48 с.
92. Резников А. И. Теплообмен при резании и охлаждении инструментов. М. Машгиз, 1963. 199 с.
93. Резников А. И. Теплофизика резания. М.: Машиностроение, 1969. 279 с.
94. Фельдштейн Э. И. Обрабатываемость стали. М.: Машгиз, 1953. 178 с.

К главе 3

95. Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов. 1972. 318 с.
96. Классификатор режущего инструмента для станков с ЧПУ. М.: НИИ-маш, 1975. 98 с.
97. Промышленная и сельскохозяйственная продукция: Общесоюзный классификатор. Класс 39. Инструмент, технологическая оснастка, абразивные материалы. М.: НИИмаш, 1977. Т. 1. 530 с.; Т. 2. 616 с.; Т. 3. 572 с.; Т. 4. 276 с.
98. Якушев А. П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1979. 343 с.

К главе 4

99. Агге К., Колермани Р., Хайнел Э. Минералокерамические режущие материалы. М.: Машгиз, 1962. 190 с.
100. Бухаркин Л. Н. Новые инструментальные материалы и область их применения. М.: ГОСИНТИ, 1964. 148 с.
101. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. М.: Metallургия, 1975. 584 с.
102. Горячая обработка инструмента и исследования инструментальных материалов//Тр. ВНИИинструмент. М.: ВНИИинструмент, 1981. 150 с.
103. Гуляев А. П., Малинкина К. А., Саверина С. М. Инструментальные стали; Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
104. Инструментальные материалы и их применение: Обзор. М.: НИИмаш, 1983. 64 с.
105. Качер В. А. Материалы режущих инструментов. Харьков: Прапор, 1970. 126 с.
106. Космачев И. Г. Инструментальные материалы. Л.: Лениздат, 1975. 120 с.
107. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. М.: Metallургия, 1971. 247 с.

108. **Рекомендации по выбору марок быстрорежущих сталей для изготовления режущего инструмента и режимов их обработки.** Одесса; ПКТИ, 1970. 201 с.

109. **Современное состояние и тенденции развития материалов для режущего инструмента.** М.: НИИМаш, 1980. 68 с.

110. **Современные тенденции применения безвольфрамовых инструментальных материалов: Обзор.** М.: НИИМаш, 1981. 56 с.

К главе 5

111. **Гаврилов Г. М., Смирнов А. А.** Струйное охлаждение инструментов распыленными жидкостями. Куйбышев: Кн. изд-во, 1966. 107 с.

112. **Дрейпер Н., Смит Г.** Прикладной регрессивный анализ/Пер. с англ.; Под ред. Ю. П. Адлера и В. Г. Горского. М.: Статистика, 1973. 392 с.

113. **Егоров С. В., Руднев А. В.** Эффективные методы охлаждения режущих инструментов при обработке жаропрочных сплавов//Станки и инструмент, 1961, № 4. С. 23—25

114. **Применение СОЖ для обработки металлов резанием в станкостроительной и инструментальной промышленности** Руководящие материалы. ЦНИИ-информации, 1971. 175 с.

115. **Садыхов К. И.** Смазочно-охлаждающие жидкости для алмазно-абразивной обработки металлов. Баку: «Элм», 1978. 180 с.

116. **Тимофеев П. В.** Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при резании металлов. М.: Киев; Машгиз; Наукова думка, 1960. 204 с.

117. **Хрульков В. А., Матвеев В. С., Волков Е. А.** Новые СОЖ, применяемые при шлифовании труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1982. 65 с.

118. **Худобин Л. В.** Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании. М.: Машиностроение, 1971. 213 с.

К главе 6

119. **Горанский Г. К.** Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. Минск; Гос. изд-во БССР, 1963. 196 с.

120. **Драгун А. П.** Вспомогательный инструмент для токарно-револьверных станков. Л.: Машиностроение, 1979. 192 с.

121. **Инструментальные системы для станков с ЧПУ с автоматической и ручной сменой инструмента: Обзор.** М.: НИИМаш, 1976. 36 с.

122. **Инструмент и оснастка для станков с ЧПУ и автоматизированного производства**//Тр. ВНИИинструмент. М.: ВНИИинструмент, 1976. 84 с.

123. **Левина З. М., Решетов Д. Н.** Контактная жесткость машин. М.: Машиностроение, 1971. 264 с.

124. **Модернизация устройств для смены инструмента на станках с ЧПУ сверлильно-расточной и фрезерной групп.** М.: ЭНИМС, 1981. 12 с.

125. **Операционная технология обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ: Рекомендации.** М.: ЭНИМС, 1978. 108 с.

126. **РТМ2 П10—2—84 «Система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ».** М.: ЭНИМС, 1983. 44 с.

127. **Руководящие материалы по созданию инструментальной оснастки для станков с программным управлением сверлильной, расточной и фрезерной групп.** М.: ВНИИинструмент. 1970. 65 с.

128. **Технические требования и методика оценки качества режущего инструмента для автоматических линий: Руководящие материалы.** М.: ВНИИинструмент, 1973. 156 с.

К главе 7

129. **Бетанели А. И.** Прочность и надежность режущего инструмента. Тбилиси: Собчато Сокартвело, 1973. 304 с.

130. **Бурмистров Е. В.** Нарезание резьбы по жаропрочным и высокопрочным материалам. Куйбышев: Кн. изд-во, 1962. 59 с.

131. Великанов К. М., Новожилов В. И. Экономические режимы резания металлов. Л.: Машиностроение, 1972. 120 с.
132. Власов А. Ф. Удаление пыли и стружки от режущих инструментов. М.: Машиностроение, 1982. 240 с.
133. Временная инструкция по определению экономического эффекта и цен нового инструмента. М.: ВНИИинструмент, 1979. 108 с.
134. Гоголев А. Я. Влияние антифрикционных покрытий на износ металлообрабатывающего инструмента. Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1973. 90 с.
135. Горанский Г. К. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. Минск: Гос. изд-во БССР, 1963. 196 с.
136. Дихтярь Р. С. Профилирование металлорежущего инструмента. М.: Машиностроение, 1965. 151 с.
137. Дунаев П. Ф., Лепиков О. П. Расчет допусков размеров. М.: Машиностроение, 1980. 208 с.
138. Инструмент с вклеенными режущими элементами: Обзор. М.: НИИмаш, 1983. 68 с.
139. Комбинированные инструменты для совмещения процессов резания и поверхностного пластического деформирования. М.: НИИмаш, 1975. 68 с.
140. Кононенко В. И. Износ инструментов при резании металлокерамических материалов. М.: Машиностроение, 1972. 72 с.
141. Контроль состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ. М.: НИИмаш, 1983. 52 с.
142. Краткие рекомендации по применению инструмента из эльбора. М.: НИИмаш, 1976. 30 с.
143. Кузнецов Д. И., Итлин А. Я. Многократное восстановление инструментов. М.: Mashgiz, 1961. 277 с.
144. Лашнев С. И., Юликов М. И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. М.: Машиностроение, 1975. 391 с.
145. Либерман А. И. Расчет многолезвийного инструмента, работающего методом копирования. М.: Mashgiz, 1962. 359 с.
146. Ларин М. Н. Оптимальные геометрические параметры режущей части инструмента. М.: Оборонгиз, 1953. 169 с.
147. Лурье Г. Б. Наладка и подналадка режущего инструмента на размер: Учеб. пособ. для ПТУ. М.: Высш. шк., 1981. 80 с.
148. Методика испытаний металлорежущих инструментов. М.: НИИмаш, 1979. Вып. 1. 52 с.
149. Методика расчета укрупненных норм расхода и потребности в металлообрабатывающем инструменте, технологической оснастке и приборах на перспективный период. М.: ВНИИинструмент, 1977. 68 с.
150. Макаров А. Д. Износ и стойкость режущих инструментов. М.: Машиностроение, 1966. 264 с.
151. Надеинская Е. П. Исследование износа режущего инструмента с помощью радиоактивных изотопов. М.: Mashgiz, 1956. 164 с.
152. Нормы расхода режущих инструментов, оснащенных эльбором-Р, гексанитом-Р и многогранными пластинами из минералокерамики ВОК-60. М.: ВНИИинструмент, 1978. 16 с.
153. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974. Ч. 1. 208 с.
154. Организация поставки инструмента на автоматические линии. М.: ВНИИинструмент, 1971. 32 с.
155. Остафьев В. А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1979. 168 с.
156. Применение цельного твердосплавного концевой инструмента: Руководящие материалы. М.: ВНИИинструмент, 1973. 72 с.
157. Пути повышения эффективности эксплуатации сборного режущего инструмента с многогранными пластинами. М.: НИИмаш, 1980. 52 с.
158. Расчет расхода металла для испытаний режущего инструмента. М.: ВНИИинструмент, 1978. 40 с.
159. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/

Я. Л. Гуревич, Н. В. Горохов, В. И. Захаров и др. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.

160. **Режимы резания металлов:** Справочник/Под ред. Ю. Б. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 321 с.

161. **Типовые нормы износа и стойкости режущего инструмента:** Руководящие материалы. М.: НИИНавтопром, 1971. 290 с.

162. **Хаст Г. Л.** Прочность режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1975. 168 с.

К главе 8

163. **Анализ качества сборных проходных резцов:** Обзор. М.: НИИМаш, 1981. 40 с.

164. **Блюмберг В. А.** Справочник токаря. Л.: Лениздат, 1969. 448 с.

165. **Бобров В. Ф., Иерусалимский Д. Е.** Резание металлов самовращающимися резцами. М.: Машиностроение, 1972. 110 с.

166. **Грановский Г. И., Панченко К. П.** Фасонные резцы. М.: Машиностроение, 1975. 309 с.

167. **Грудов П. П., Цыганова М. П.** Керамические резцы. М.: Трудрезервиздат, 1952. 24 с.

168. **Дарманчев С. К.** Фасонные резцы. М.; Л.: Машгиз, 1950. 142 с.

169. **Землянский В. А., Лупкин Б. В.** Обработка высокопроизводительных материалов инструментами с самовращающимися резцами. Киев: Техника, 1980. 119 с.

170. **Лакур К. В.** Виброустойчивые резцы/Под ред. В. А. Блюмберга. Л.: Лениздат, 1966. 142 с.

171. **Лапин Н. А., Кацнельсон В. Ю.** Резцы со стружкозавивателем с механическим креплением пластин твердого сплава. М.: Машгиз, 1950. 42 с.

172. **Лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора.** Конструкции и эксплуатация резцов из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора: Методические рекомендации. М.: НИИМаш, 1980. 60 с.

173. **Лурье Г. Б.** Новые инструментальные материалы и конструкции резцов. М.: Высш. шк., 1977. 55 с.

174. **Круглов Г. А.** Обработка алмазными резцами деталей приборов. М.: Машиностроение, 1968. 225 с.

175. **Недорезов В. Е.** Резцы. Конструкция, геометрия, технология изготовления. М.; Л.: Машгиз, 1952. 215 с.

176. **Номенклатура,** основные и присоединительные размеры проходных, подрезных, расточных и резьбовых резцов для токарных станков с ЧПУ: Руководящие материалы. М.: ВНИИинструмент, 1972. 36 с.

177. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода резцов для карусельных и лоботокарных станков. Временные. М.: НИИМаш, 1982. 36 с.

178. **Общемашиностроительные** нормативы резания. Токарные и карусельные работы (Выбор инструмента, режимов резания, определение расхода инструмента). М.: НИИМаш, 1985. 92 с.

179. **Пружиящие резцедержатели** для отрезных резцов токарных автоматов: Рекомендации. М.: ЭНИМС, 1979. 12 с.

180. **Резцы** для копировальных автоматов и полуавтоматов. М.: НИИМаш, 1967. 53 с.

181. **Рекомендации** по рациональной эксплуатации режущего инструмента на токарных станках с ЧПУ. М.: ВНИИТЭМР, 1986. 44 с.

К главе 9

182. **Ансеров М. А.** Справочное руководство фрезеровщика. Л.: Лениздат, 1964. 263 с.

183. **Блюмберг В. А., Зазерский Е. И.** Справочник фрезеровщика. Л.: Машиностроение, 1984. 288 с.

184. **Высокопроизводительные конструкции фасонных фрез и их рациональная эксплуатация.** М.: Машгиз, 1961. 175 с.

185. **Жарков И. П.** Фрезерование жаропрочных и титановых сплавов//Тр. Всесоюз. межвуз. конф. Куйбышев, 1962. С. 129—144.
186. **Журавлев С. А., Шифрин А. Ш.** Фрезы. Л.: Машиностроение, 1964. 233 с.
187. **Конструирование** и производство концевых фрез с криволинейным профилем спинки зуба. Л.: ЦБТИ, 1958. 28 с.
188. **Конструкции** и эксплуатация фрез торцовых с ножами из композита: Методические рекомендации. М.: ВНИИинструмент, 1978. 26 с.
189. **Корытный Д. М.** Фрезы. М.: Машгиз, 1963. 115 с.
190. **Кудевицкий Я. В.** Фасонные фрезы. Л.: Машиностроение, 1978. 176 с.
191. **Ларин М. Н.** Основы фрезерования. М.: Машгиз, 1947. 302 с.
192. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода фрезами торцовыми, оснащенными вставками из сверхтвердых синтетических материалов. Временные. М.: НИИмаш, 1985. 53 с.
193. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания фрезами торцовыми с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Временные. М.: НИИмаш, 1978. 58 с.
194. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода концевых фрез из быстрорежущей стали. Временные. М.: НИИмаш, 1982. 60 с.
195. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания для обработки концевыми фрезами на станках с ЧПУ. Временные. М.: НИИмаш, 1980. 70 с.
196. **Оглоблин А. Н.** Справочник фрезеровщика. М.; Л.: Машгиз, 1962. 446 с.
197. **Пикус М. Ю., Пикус И. М.** Справочник фрезеровщика. Минск: Высш. шк., 1975. 304 с.
198. **Подпоркин В. Г., Бердников Л. Н.** Фрезерование труднообрабатываемых материалов. Л.: Машиностроение, 1972. 112 с.
199. **Рекомендации** Всесоюзного совещания по фрезам. Сестрорецк, 19—23 июля. М.: 1966. 13 с.
200. **Тамбовцев С. С.** Современные конструкции фрез и перспективы их развития. М.: ВНИИинструмент, 1966. 26 с.
201. **Федоров А. М.** Фрезерование по координатам: Справочные таблицы координат точек окружностей. М.: Машиностроение, 1971. 183 с.
202. **Френкель С. Ш.** Справочник молодого фрезеровщика. М.: Высш. шк., 1978. 240 с.

К главе 10

203. **Алмазное сверление** неметаллических материалов: Обзор. М.: НИИмаш, 1975. 58 с.
204. **Виноградов А. А.** Физические основы процесса сверления труднообрабатываемых металлов твердосплавными сверлами. Киев: Наукова думка, 1985. 264 с.
205. **Жилис В. И.** Исследование и анализ спиральных сверл разных конструкций. Вильнюс: ЛитНИИНТИ, 1969. 23 с.
206. **Жилис В. И.** Исследование некоторых вопросов прочности спиральных сверл разных конструкций. Вильнюс: ЛитНИИНТИ, 1967. 70 с.
207. **Клушин М. И., Шмелев А. Я.** Вопросы проектирования спиральных сверл с помощью цифровых электронно-вычислительных машин. Вильнюс: ЛитНИИНТИ, 1967. 15 с.
208. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода зенкеров из быстрорежущей стали. Временные. М.: НИИмаш, 1984. 132 с.
209. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания сверлами из современных марок быстрорежущих сталей. Временные. М.: НИИмаш, 1978. 48 с.
210. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода разверток из быстрорежущей стали. Временные. М.: НИИмаш, 1984. 56 с.
211. **Общемашиностроительные** нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. Временные. М.: НИИмаш, 1980. 40 с.

212. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода твердосплавных сверл при сверлении отверстий в закаленных углеродистых конструкционных сталях и чугунах. Временные. М.: НИИМаш, 1984. 38 с.

213. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, нормы износа и расхода инструмента для глубокого сверления и растачивания (сверлами одностороннего резания диаметром 3—30 мм, сверлами одностороннего резания с внутренним эжекторным отводом стружки диаметром 20—60 мм, расточными головками диаметром 50—125 мм). Временные. М.: НИИМаш, 1984. 80 с.

214. **Прогрессивные** конструкции сверл и их рациональная эксплуатация: Материалы научно-техн. симпозиума. Вильнюс: ЛитНИИТИ, 1974. 23 с.

215. **Прогрессивные** инструменты для обработки отверстий, конструкция, технология изготовления, эксплуатация // Тр. ВНИИинструмент. М., 1979. 104 с.

216. **Справочник** сверловщика. М.: Машгиз, 1962. 323 с.

217. **Развертки** однолезвийные твердосплавные. Рекомендации по конструированию и эксплуатации. М.: ВНИИинструмент, 1975. 32 с.

218. **Разработка** методов расчета сверл на прочность: Руководящие материалы. М.: ВНИИинструмент, 1965. 34 с.

219. **Режущий** инструмент. Зенкеры и развертки. М.: Стандартгиз, 1969. 110 с.

220. **Твердосплавные** сверла одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ для обработки точных отверстий. М.: ВНИИинструмент, 1973. 20 с.

221. **Твердосплавные** сверла одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ: Методические рекомендации по конструированию, технологии изготовления и эксплуатации. М.: ВНИИинструмент, 1981. 68 с.

222. **Филиппов Г. В., Синельников А. К.** Сверление глубоких отверстий спиральными сверлами с внутренним подводом СОЖ. Л.: ЛДНТП, 1974. 36 с.

К главе 11

223. **Грудов А. А., Комаров П. Н.** Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент: Обзор. М.: НИИМаш, 1980. 64 с.

224. **Выдавливание** внутренних резьб бесстружечными метчиками: Обзор. М.: НИИМаш, 1976. 54 с.

225. **Меньшиков В. М., Урлапов Г. П., Серeda В. С.** Бесстружечные метчики. М.: Машиностроение, 1976. 167 с.

226. **Металлорежущий** инструмент / А. А. Грудов, Ю. А. Погонянин, И. В. Славнов и др. М.: НИИМаш, 1971. 475 с.

227. **Методика** установления стойкостных зависимостей при нарезании резьбы метчиками и исходные данные для составления нормативов на режимы резьбонарезания в углеродистых сталях. М.: ВНИИинструмент, 1967. 102 с.

228. **Нарезание** резьбы метчиками-протяжками: Руководящие материалы. М.: ВНИИинструмент, 1967. 33 с.

229. **Общемашиностроительные** нормативы режимов обработки резьб резьбонакатными и резьбонарезными головками норм расхода и износа. М.: НИИМаш, 1982. 77 с.

230. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода машинных метчиков из быстрорежущей стали. Временные. М.: НИИМаш, 1982. 32 с.

231. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода плашек круглых МЗ—М12 при нарезании резьбы на деталях из конструкционных углеродистых сталей. Временные. М.: НИИМаш, 1983. 20 с.

232. **Фрумин Ю. Л.** Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент. М.: Машиностроение, 1977. 183 с.

233. **Якухин В. Г.** Оптимальная технология изготовления резьб. М.: Машиностроение, 1985. 184 с.

К главе 12

234. **Баклунов Е. Д.** Протяжки. Конструкция, технология изготовления и эксплуатация. М.: Машгиз, 1960. 167 с.

235. **Балюра П. Г.** Протягивание пазов. М.: Машиностроение, 1964. 170 с.

236. **Высокопроизводительные** конструкции протяжек и их рациональная эксплуатация/Под ред. д-ра техн. наук проф. М. Н. Л а р и н а. М.: Машгиз, 1960. 120 с.
237. **Горецкая З. Д.** Протягивание с большими подачами. М.: Машгиз, 1960. 204 с.
238. **Еремин Б. Ф.** Протягивание. М.: Машгиз, 1950. 325 с.
239. **Кацев П. Г.** Протяжные работы: Учеб. пособ. М.: Высш. шк., 1985. 191 с.
240. **Кацен П. Г., Елифанов Н. П.** Справочник протяжника. М.: Машгиз, 1963. 255 с.
241. **Качество** поверхности, обрабатываемой деформирующим протягиванием. Киев: Наукова думка, 1977. 188 с.
242. **Кочетков Я. П.** Обеспечение точности при протягивании. М.: Машиностроение, 1979. 78 с.
243. **Маргулис Д. К.** Протяжки переменного резания. М.: Свердловск: Машгиз, 1962. 269 с.
244. **Новые** протяжные станки и прогрессивные методы протягивания. М.: НИИмаш, 1966. 174 с.
245. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на протяжных станках. Массовое, крупносерийное, серийное, мелкосерийное, единичное производство. М.: НИИмаш, 1969. 199 с.
246. **Пронкин Н. Ф.** Протягивание труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1978. 119 с.
247. **Протягивание.** М.: ЦБТИ, 1953. 188 с.
248. **Протяжные** и фрезерно-отрезные станки. Проектно-конструкторские и научно-исследовательские работы. 1962—1964. Минск: Полымя, 1965. 367 с.
249. **Прочность** твердосплавных рабочих элементов деформирующих протяжек. Киев: Техника, 1971. 122 с.
250. **Расчет** и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания. Киев: Наукова думка, 1978. 256 с.
251. **Секционная** протяжка переменного резания. М.: Машгиз, 1954. 12 с.
252. **Скиженко В. Ф., Лебедев Н. Ф., Ковзель Н. И.** Автоматизация и механизация протяжных работ. М.: Машиностроение, 1974. 200 с.
253. **Станки** протяжные и отрезные круглолесопильные: Каталог-справочник. Минск: Полымя, 1978. 252 с.
254. **Щеголев А. В.** Конструирование протяжек. М.; Л.: Машгиз, 1960. 352 с.

К главе 13

255. **Адам Я. И., Овумян Г. Г.** Справочник зубореза. М.: Машиностроение, 1971. 232 с.
256. **Бурштейн И. Е.** Высокопроизводительные методы зубозакругления. М.: Машгиз, 1963. 174 с.
257. **Бурштейн И. Е., Коротков Ю. Н., Черноморский И. С.** Механизация снятия заусенцев и фасок на зубчатых колесах. М.: Машиностроение, 1966. 91 с.
258. **Волков Н. Н.** Обкаточные резцы, смещенные относительно межосевой линии//Станки и инструмент, 1980, № 7. С. 25—27.
259. **Волков Н. Н.** Расчет координат точек режущих кромок обкаточных резцов на ЭВМ//Станки и инструмент, 1981, № 5. С. 10—12.
260. **Волков Н. Н.** Расчет обкаточных резцов, работающих при малых углах скрепления//Станки и инструмент, 1981, № 1. С. 26—27.
261. **Калашников С. Н.** Зуборезные резцовые головки. М.: Машиностроение, 1972. 16 с.
262. **Кошлакова В. В.** Нарезание шлицевых (зубчатых) валов двухрядными обкаточными резцами//Технология пр-ва, научн. организация труда и упр. М.: НИИмаш, 1979. Вып 2. С. 14—17.
263. **Лашнев С. И.** Формообразование зубчатых деталей реечными и червячными инструментами. М.: Машиностроение, 1971. 215 с.

264. **Моисеенко О. И., Павлов Л. Е., Диденко С. И.** Твердосплавные зуборезные инструменты. М.: Машиностроение, 1977. 189 с.
265. **Морозова В. П.** Инструкция по расчету специального инструмента для образования фасок по всему контуру впадин зубьев на торцах зубчатых колес. М.: ВНИИинструмент, 1982. 31 с.
266. **Морозова В. П.** Инструкция по расчету инструмента для образования фасок на боковых кромках зубьев зубчатых колес методом пластической деформации. М.: ВНИИинструмент, 1982. 31 с.
267. **Производство зубчатых колес:** Справочник/Под ред. Б. А. Тайца. М.: Машиностроение, 1975. 728 с.
268. **Родин П. Р., Климов В. И., Якубсон С. Б.** Технология изготовления зуборезного инструмента. Киев: Техника, 1982. 206 с.
269. **Романов В. Ф.** Расчеты зуборезных инструментов. М.: Машиностроение, 1969. 255 с.
270. **Сильвестров Б. Н.** Справочник молодого зуборезчика. М.: Высш. шк., 1981. 165 с.
271. **Современный зарубежный зуборезный инструмент:** Обзор. М.: НИИмаш, 1976. 56 с.
272. **Тайц Б. А., Марков Н. Н.** Нормы точности и контроль зубчатых колес. М.; Л.: Машгиз, 1962. 103 с.
273. **Цвис Ю. В.** Профилирование режущего обкатного инструмента. М.: Машгиз, 1961. 156 с.
274. **Шевченко А. Н.** Новые конструкции и технология изготовления зуборезного инструмента за рубежом: Обзор. М.: НИИмаш, 1967. 76 с.
275. **Шевченко А. Н.** Современный зарубежный зуборезный инструмент: Обзор. М.: НИИмаш, 1976. 56 с.

К главе 14

276. **Абразивная и алмазная обработка материалов:** Справочник/Под ред. А. Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. 391 с.
277. **Абразивные инструменты из эльбора:** Каталог. М.: НИИмаш, 1973. 58 с.
278. **Абразивное электроэрозионное шлифование:** Методические рекомендации. М.: ЭНИМС, 1981. 26 с.
279. **Абразивные материалы и инструменты:** Каталог-справочник. М.: НИИмаш, 1976. 390 с.
280. **Абразивные материалы и инструменты. Методы анализа и контроля//** Тр. ВНИИАШ. Л., 1978. Вып. 15. 120 с.
281. **Автоматизация нарезания резьб комплектом метчиков во вращающемся магнитном поле:** Обзор. М.: НИИмаш, 1978. 58 с.
282. **Ананьян В. А.** Особенности эксплуатации абразивного, алмазного и эльборового инструмента. М.: Машиностроение, 1976. 32 с.
283. **Байкалов А. К.** Введение в теорию шлифования материалов. Киев: Наукова думка, 1978. 207 с.
284. **Вопросы теории прогрессивной технологии процессов абразивной обработки//** Тр. ВНИИАШ. Л., 1976. 76 с.
285. **Гаршин А. П., Гропянов В. М., Лагунов Ю. В.** Абразивные материалы. Л.: Машиностроение, 1983. 231 с.
286. **Закономерности образования эльбора для абразивного и лезвийного инструментов и их применение в промышленности//** Тр. ВНИИАШ. Л., 1975. 134 с.
287. **Захаренко И. П., Мильштейн М. З.** Конструктивные параметры твердосплавного металлорежущего инструмента, обрабатываемого алмазными кругами. Киев: Техника, 1966. 23 с.
288. **Ипполитов Г. М.** Абразивно-алмазная обработка. М.: Машиностроение, 1969. 335 с.
289. **Ковальчук Ю. М.** Развитие производства абразивного, алмазного и эльборового инструмента. М.: Машиностроение, 1976. 32 с.

290. Контроль качества абразивного инструмента акустическим методом: Методические рекомендации. М.: НИИмаш, 1979. 94 с.
291. Кудасов Г. Р. Абразивные материалы и инструменты. М.; Л.: Машгиз, 1960. 102 с.
292. Левин В. И. Краткий справочник шлифовщика. М.: Машиностроение, 1968. 135 с.
293. Лоладзе Т. Н., Бокучава Г. В. Износ алмазов и алмазных кругов. М.: Машиностроение, 1967. 285 с.
294. Мишнаевский А. Л. Износ шлифовальных кругов. Киев: Наукова думка, 1982. 192 с.
295. Несмелов А. Ф. Алмазные инструменты в промышленности. М.: Машиностроение, 1964. 340 с.
296. Носач М. Я. Новые инструменты и методы, применяемые в абразивной обработке: Обзор. 1976. 77 с.
297. Обозначения характеристик абразивных материалов и инструментов, выпускаемых зарубежными фирмами: Методические рекомендации. М.: НИИмаш, 1982. 60 с.
298. Основные вопросы высокопроизводительного шлифования/Под ред. Е. Н. Маслова. М.: Машгиз, 1960. 195 с.
299. Попов С. А., Дибнер Л. Г., Каменкович А. С. Шлифование деталей и заточка режущего инструмента: Учеб. для средних профессионально-технических училищ. М.: Высш. шк., 1975. 311 с.
300. Правка алмазных шлифовальных кругов: Обзор. М.: НИИмаш, 1982. 40 с.
301. Синтетические алмазы — ключ к техническому прогрессу. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 1. 330 с.; Т. 2. 352 с.
302. Современные алмазные шлифовальные инструменты и методы контроля их качества: Обзор. М.: НИИмаш, 1975. 52 с.
303. Степаненко А. С. Прогрессивные методы шлифования. Л.: Лениздат, 1963. 59 с.
304. Типаж абразивного инструмента из эльбора на 1981—1985 гг. М.: НИИмаш, 1980. 30 с.
305. Установление области применения и назначение режимов алмазной обработки: Руководящие материалы. М., 1967. Вып. 8. 13 с.
306. Харченко К. С. Практика профильного шлифования. Л.: Лениздат, 1966. 107 с.
307. Эксплуатационные возможности шлифовальных кругов. Обзор. М.: НИИмаш, 1976. 54 с.
308. Эльборовое шлифование быстрорежущих сталей. Харьков: Вища шк., 1974. 136 с.
309. Эффективные методы шлифования алмазным инструментом: Обзор. М.: НИИмаш, 1978. 44 с.

К главе 15

310. Алмазные инструменты в машиностроении/Под ред. И. Г. Космачева. Л.: Лениздат, 1965. 261 с.
311. Ананьина Г. С. Конструкция и технология изготовления специального твердосплавного инструмента. М.: ВНИИинструмент, 1966. 18 с.
312. Барсов А. И. Технология инструментального производства. М.: Машиностроение, 1967. 277 с.
313. Барсов А. И., Иванов А. В., Кладова К. И. Технология изготовления режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1979. 135 с.
314. Билик Ш. М. Абразивно-жидкостная обработка металлов. М.: Машгиз, 1960. 198 с.
315. Бранделис А. М. Новая технология спиральных сверл. М.: Машгиз, 1963. 103 с.
316. Высокоэффективные технологические процессы производства инструмента: Сборник-справочник/Под ред. Коссовича Г. А. М.: ВНИИинструмент, 1977. 70 с.

317. Дегтяренко Н. С. Вопросы заточки и доводки режущего инструмента алмазными кругами. М.: ВНИИинструмент, 1966. 30 с.
318. Дибнер Л. Г., Цофин Э. Е. Заточные автоматы и полуавтоматы. М.: Машиностроение, 1978. 278 с.
319. Дибнер Л. Г. Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента. М.: Высш. шк., 1984. 159 с.
320. Дибнер Л. Г., Шкурин Ю. А. Заточка спиральных сверл. М.: Машиностроение, 1967. 154 с.
321. Дмитриевич А. М. Обработка отверстий и резьбовые соединения. Минск: Гос. изд-во БССР, 1963. 149 с.
322. Залесов А. А., Костенко М. И., Маргулис Д. К. Безалмазная правка шлифовальных кругов. М.; Свердловск: Машгиз, 1952. 78 с.
323. Захаренко И. П. Шлифование резьбы инструмента кругами из кубонита. М.: Машиностроение, 1974. 144 с.
324. Захаренко И. П. Эффективность обработки инструмента сверхтвердыми материалами. М.: Машиностроение, 1982. 224 с.
325. Захаренко И. П., Мильштейн М. З. Технологические процессы алмазной обработки твердосплавного металлорежущего инструмента. Киев: Наукова думка, 1966. 10 с.
326. Захаренко И. П., Савченко Ю. Д. Алмазно-электролитическая обработка инструмента. Киев: Наукова думка, 1977. 224 с.
327. Захаренко И. П., Шепелев А. А. Алмазная заточка твердосплавного инструмента совместно со стальной державкой. Киев: Наукова думка, 1976. 220 с.
328. Кизельштейн В. Я. Химико-механическая обработка металлов. Л.: Судостроение, 1964. 355 с.
329. Маталин А. А. Технология механической обработки. Л.: Машиностроение, 1977. 282 с.
330. Напайка и заточка твердосплавного инструмента. М.: Лесная пром-сть, 1975. 112 с.
331. Новые конструкции и прогрессивная технология производства инструмента. М.: ВНИИинструмент, 1984. 424 с.
332. Обработка безвольфрамовых твердых сплавов: Обзор. М.: НИИмаш, 1981. 56 с.
333. Ординарцев И. А., Филиппов Г. В. Автоматизация производства режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1972. 264 с.
334. Определение размеров и методы контроля твердосплавных заготовок для концевых режущих инструментов: Руководящие материалы. М.: ВНИИинструмент, 1970. 48 с.
335. Повышение технологического уровня и качества инструмента//Тр. ВНИИинструмент, 1977. 60 с.
336. Попов С. А. Заточка и доводка режущего инструмента: Учебник. М.: Высш. шк., 1981. 200 с.
337. Попов С. А., Белостоцкий В. Л. Электроабразивная заточка режущего инструмента: Учеб. пособие для техн. училищ. М.: Высш. шк., 1981. 159 с.
338. Применение абразивных инструментов и эльбора в машиностроении: Обзор. М.: НИИмаш, 1979. 86 с.
339. Прогрессивные методы нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент: Обзор. М.: НИИмаш, 1979. 48 с.
340. Свирidenko В. П. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента. Минск: Наука и техника, 1974. 256 с.
341. Смоленцев В. П. Изготовление инструмента непрофилированным электродом. М.: Машиностроение, 1967. 159 с.
342. Справочная книга по отделочным операциям в машиностроении. Л.: Лениздат, 1966. 544 с.
343. Современная технология и инструмент для обработки глубоких отверстий: Обзор. М.: НИИмаш, 1981. 60 с.
344. Технология изготовления резцов/Под ред. Н. С. Дегтяренко. М.: Машгиз, 1961. 79 с.

345. **Технология** изготовления метчиков из стали. М.: Машгиз, 1961. 43 с.
346. **Технология** изготовления твердосплавного мелкогазмерного концевогз режущего инструмента способом вышлифовки. М.: НИИМаш, 1971. 69 с.
347. **Технология** склеивания и расчет клеевых соединений режущих инструментов: Методические рекомендации. М.: НИИМаш, 1982. 44 с.
348. **Технология** сварки, пайки и контроля заготовок режущего инструмента: Методические рекомендации. М.: НИИМаш, 1976. 106 с.
349. **Технологические** характеристики специального и специализированного типажного оборудования для производства режущего инструмента. Харьков: Укроргстанкинпром, 1978. 342 с.
350. **Технологические** процессы автоматизированной заточки торцовых фрез. М.: ВНИИинструмент, 1975. 31 с.
351. **Технологические** процессы автоматизированной заточки торцовых фрез. М.: ВНИИинструмент, 1976. 31 с.
352. **Типовые** технологические процессы обработки деталей лезвийным инструментом из композита: Методические рекомендации: М.: НИИМаш, 1980. 120 с.
353. **Упрочнение** твердосплавного режущего инструмента поверхностным деформированием: Обзор. М.: НИИМаш, 1981. 54 с.
354. **Фрезы**//Докл. Всесоюз. совещания по фрезам. М.: ВНИИинструмент, 1968. 463 с.
355. **Хомяк В. С.** Твердосплавный инструмент для холодной высадки и выдавливания. М.: Машиностроение, 1972. 199 с.
356. **Хряпин В. Е., Лакедомонский А. В.** Справочник паяльщика. М.: Машиностроение, 1974. 325 с.
357. **Шведов А. С., Коченкова Э. А.** Изготовление и ремонт измерительных и режущих инструментов. М.: Высш. шк., 1972. 319 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Общие справочные данные	8
1.1. Вычисление площадей и других элементов фигур . . .	—
1.2. Международная система единиц (СИ)	13
1.3. Физико-механические характеристики материалов . . .	19
1.4. Условные обозначения на чертежах и в другой технической документации	25
1.5. Размерные цепи	31
Глава 2. Основные сведения о теории и процессах резания	37
2.1. Термины и определения	—
2.2. Особенности процесса резания и изнашивания инструмента	61
2.3. Материалы, обрабатываемые резанием, и их технологические свойства	69
Глава 3. Классификация обрабатываемых поверхностей и режущего инструмента	74
3.1. Виды поверхностей	—
3.2. Классификация режущего инструмента и его элементов	78
Глава 4. Инструментальные материалы	83
4.1. Инструментальные стали	—
4.2. Твердые сплавы	93
4.3. Минералокерамика	126
4.4. Синтетические сверхтвердые материалы	—
Глава 5. Смазочно-охлаждающие технологические средства	152
5.1. Смазочно-охлаждающие вещества и среды	—
5.2. Способы подвода смазочно-охлаждающих средств (СОС)	157
5.3. Способы и устройства подготовки и очистки СОЖ	164
Глава 6. Общие конструктивные элементы режущих и вспомогательных инструментов и способы их закрепления на станках	169
6.1. Крепление инструментов на оправках	—
6.2. Концы шпинделей и оправок	—
6.3. Конструктивные элементы режущих и вспомогательных инструментов	173
6.4. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ и ГПС	199
Глава 7. Общие вопросы расчета, конструирования, эксплуатации инструментов	226
7.1. Размеры и точность изготовления инструментов	—
7.2. Общие конструктивные элементы режущих инструментов	229

7.3. Профилирование производящих инструментов для обработки винтовых стружечных канавок	235
7.4. Контроль качества изготовления инструментов	237
7.5. Общие вопросы эксплуатации режущих инструментов	243
7.6. Расчет экономической эффективности режущих инструментов	250
7.7. Общие принципы построения инструментального обеспечения станков с ЧПУ, автоматических линий, обрабатывающих центров	257
Глава 8. Резцы	259
8.1. Основные виды резцов	—
8.2. Общие конструктивные элементы резцов	—
8.3. Резцы специальные	301
8.4. Эксплуатация резцов, силы, мощность и режимы резания	312
Глава 9. Фрезы	320
9.1. Фрезы цельные	323
9.2. Фрезы сборные	334
9.3. Некоторые конструкции специальных фрез	344
9.4. Геометрические параметры режущей части фрез	347
9.5. Режимы резания, силы и мощность при фрезеровании	350
Глава 10. Инструменты для обработки отверстий	358
10.1. Конструкция, типы, размеры сверл спиральных	—
10.2. Сверла твердосплавные для обработки глубоких отверстий	376
10.3. Сверла с механическим креплением режущих элементов	377
10.4. Некоторые конструкции новых сверл зарубежных фирм	380
10.5. Сверла для станков с ЧПУ	381
10.6. Эксплуатация сверл	—
10.7. Сверла центровочные	391
10.8. Зенкеры и зенковки	394
10.9. Развертки	404
Глава 11. Резьбонарезание. Инструмент для резьбонарезания	420
11.1. Метчики	421
11.2. Плашки круглые	437
11.3. Гребенки резьбонарезные плоские	441
Глава 12. Протягивание. Прошивка	447
12.1. Методы протягивания	449
12.2. Виды протягивания	—
12.3. Схемы резания при протягивании	451
12.4. Конструкции протяжек	—
12.5. Протяжки и прошивки специальные	482
12.6. Эксплуатация протяжек	485
12.7. Сила резания и мощность при протягивании	491
Глава 13. Зуборезный инструмент	492
13.1. Особенности формообразования зубчатых изделий	—
13.2. Зуборезные фасонные фрезы	508
13.3. Зуборезные червячные фрезы	520
13.4. Зуборезные долбяки	594
13.5. Шеверы и зуборезные гребенки	622
13.6. Инструмент для обработки зубчатых изделий методом зуботочения	638
13.7. Инструмент для нарезания конических зубчатых колес	641
	845

13.8. Инструмент для обработки торцов зубчатых колес.	679
13.9. Технология изготовления зуборезного инструмента.	683
Глава 14. Абразивная обработка, абразивный инструмент.	701
14.1. Абразивные материалы	—
14.2. Абразивный инструмент	711
14.3. Инструмент для правки шлифовальных кругов.	744
14.4. Абразивная обработка	752
Глава 15. Технология изготовления инструментов.	784
15.1. Заготовительные операции	786
15.2. Основные формообразующие операции	799
15.3. Термическая обработка инструмента	803
15.4. Шлифовально-заточные операции	812
15.5. Дополнительная обработка и упрочнение инструментов	821
15.6. Маркировка, сборка, консервация, упаковка инстру-	
мента.	827
Список литературы	830

Справочник

Игорь Андреевич ОРДИНАРЦЕВ
 Георгий Васильевич ФИЛИППОВ
 Анатолий Николаевич ШЕВЧЕНКО
 Алексей Васильевич ОНИШКО

Александр Константинович СЕРГЕЕВ

СПРАВОЧНИК ИНСТРУМЕНТАЛЬЩИКА

Под общей ред. *И. А. Ординарцева*

Редакторы *Л. М. Манучарян, Н. А. Жукова*

Художественный редактор *Н. В. Зимаков*

Технический редактор *Т. П. Малашкина*

Корректоры *И. Г. Иванова, З. С. Романова, Н. В. Соловьева*

ИБ № 4102

Сдано в набор 17.06.87. Подписано в печать 23.10.87. М-18535.

Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 1.

Гарнитура литературная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 53,0. Усл. кр.-отт. 53,0. Уч.-изд. л. 56,15.

Тираж 100 000 экз. Заказ 163. Цена 3 р. 30 к.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени
издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ».

191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.