

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель
А.М. Романенко

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ

Методические указания к практическим работам

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты

Коротков А. Н. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов.

Романенко Андрей Михайлович

Основы проектирования инструментов : методические указания к практическим работам для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов; составитель: А. М. Романенко. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1,77 МБ). – Текст : электронный.

В методических указаниях изложены основные цели, оборудование, приборы, материалы и порядок выполнения практических работ по курсу «Основы проектирования инструментов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профиль подготовки 02 Металлообрабатывающие станки и комплексы.

©Кузбасский государственный
технический университет имени
Т.Ф. Горбачева, 2025
© Романенко А. М., составление,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	3
Работа №1 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ	3
Работа №2 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ	15
Работа №3 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК	38
Работа №4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ	46
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	50

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы проводятся с целью освоения и закрепления лекционного материала.

Работа №1 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель данной работы – ознакомить студентов с конструкцией резцов с многогранными сменными пластинами

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ включает несколько типов резцов (рис.1).

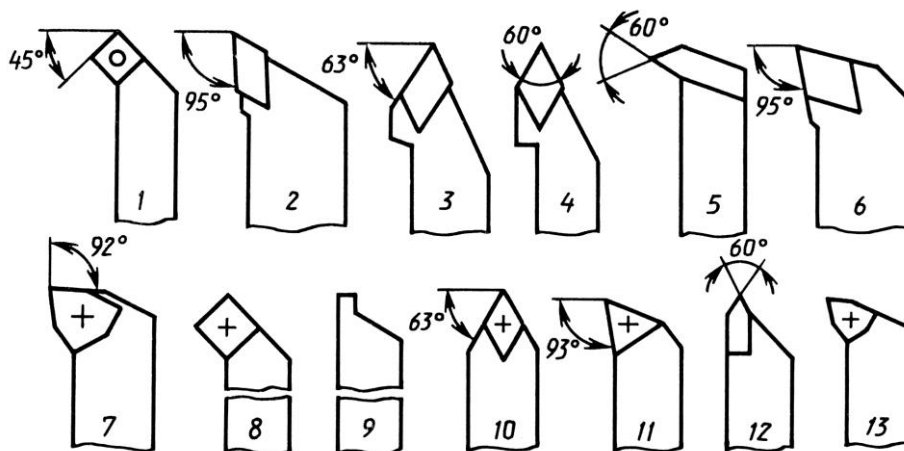


Рис. 1. Номенклатура резцов для комплектации:
1, 2, 6 и 8 – проходные с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$, $\varphi = 95^\circ$;
7 – подрезные; 3, 10 – для контурного точения с $\varphi = 93^\circ$;
4 и 9 – для наружных канавок; 5 и 12 – резьбовые для наружной и внутренней резьбы; 11 и 13 – расточные проходные и контурные

Все резцы оснащаются сменными твердосплавными пластинами, в том числе с износостойким покрытием. Марка твердого

сплава режущей пластины и вид покрытия определяется заказчиком в соответствии с технологическими задачами.

Например, резцы проходные с $\phi = 45^\circ$ (рис. 1, поз. 1) для патронной обработки деталей типа фланцев обеспечивают наружную обточку, проточку торцов, проточку выточек, снятие фасок. Резцы проходные с $\phi = 95^\circ$ (рис. 1, поз. 2) с ромбической пластиной с углом при вершине 80° позволяют производить предварительную обточку деталей по цилиндру, протачивать обратный конус с углом спада до 30° , обрабатывать радиусные поверхности, галтели и протачивать торцы движением от центра детали к наружному диаметру. Данными резцами можно протачивать канавки для выхода шлифовального круга.

Для крепления указанных резцов на станках с ЧПУ токарной группы с автоматической сменой инструмента за счет поворота револьверной головки применяется вспомогательный инструмент с цилиндрическим хвостовиком и лыской, на которой имеются рифления (рис. 2).

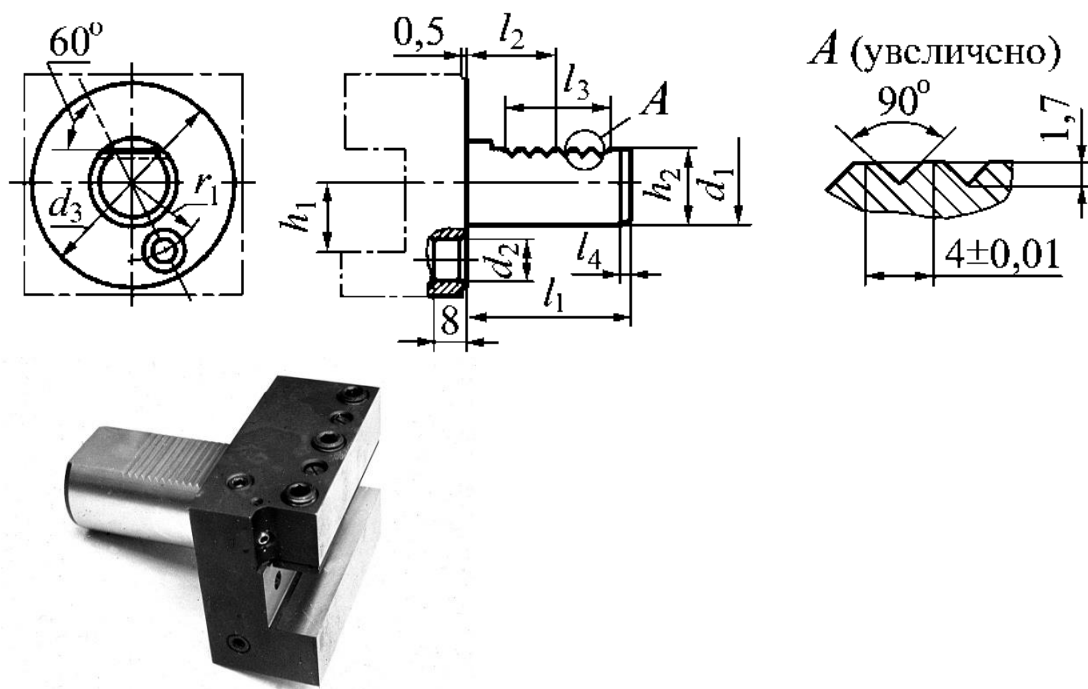


Рис. 2 Основные размеры, мм, цилиндрических хвостовиков по ГОСТ 24900-81 и стандарту DIN 69880 для станков токарной группы

Базирование резцедержателя производится по цилиндру хвостовика, обеспечивающему точную угловую установку, и

Рис. 3. Система вспомогательного инструмента для токарных станков с ЧПУ: 1 – резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом; 2 – резцедержатель с перпендикулярным закрытым пазом; 3 – резцедержатель с параллельным открытым пазом; 4 – резцедержатель с перпендикулярным и параллельным открытыми пазами; 5 – резцедержатель с осевым открытым пазом; 6 – резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом для отрезных резцов; 7 – резцедержатель несимметричный с перпендикулярным открытым пазом; 8 – резцедержатель удлиненный с перпендикулярным открытым пазом; 9 – резцедержатель удлиненный с параллельным открытым пазом; 10 – втулка переходная; 11 – сверло перовое; 12 – втулка переходная с конусом Морзе; 13, 22 – втулка переходная (плавающая) с конусом Морзе; 14 – борштанга расточная с перпендикулярным пазом; 15 – борштанга расточная с наклонным пазом; 16 – патрон для метчиков; 17 – втулка переходная разжимная; 18 – втулка переходная со шпоночным пазом; 19 – втулка переходная укороченная со шпоночным пазом; 20 – расточная оправки с регулированием по двум осям; 21 – регулируемый резьбонарезной патрон; 22 – втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе; 23 – патрон трехкулачковый.

Для обработки наружных поверхностей используются резцедержатели 1, 2, 4, 7–9. Резцедержатели 3 и 5 могут быть использованы для креплений инструмента для обработки внутренних поверхностей. Все резцедержатели обеспечивают подвод СОЖ от револьверной головки к вершине резца. Переходная втулка 10 позволяет крепить режущий инструмент с цилиндрическими хвостовиками диаметром 16–40 мм. Для крепления инструмента с конусами Морзе предназначены жесткие 12 или плавающие 13 переходные втулки. Нарезание резьбы производится с использованием унифицированной конструкции патрона для метчиков.

2.1. Конструкция сборных токарных резцов

Сборный токарный резец (рис.4) состоит из державки и сменной многогранной пластины, прикрепляемой к державке разными способами. Использование СМП сокращает трудоёмкость изготовления инструмента и повышает его качество.

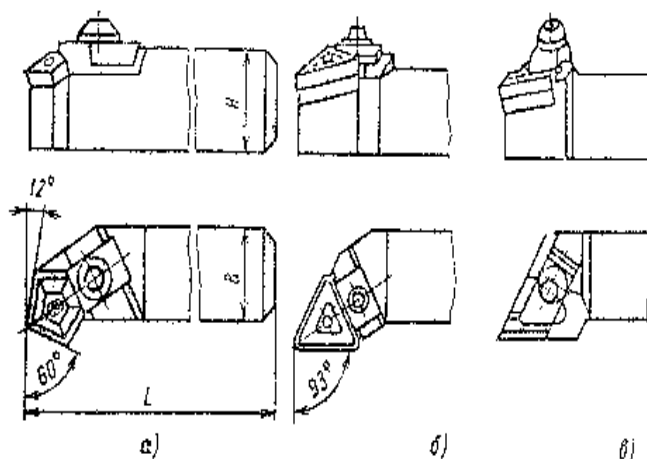


Рис. 4. Резцы со сменными многогранными пластинами:
а – пятигранный; *б* – трёхгранный; *в* – параллелограмм

2.1.2. Сменные многогранные пластины для сборных токарных резцов

Согласно ГОСТ 19042-80 многогранные пластины разделяют на режущие, опорные и стружколомы. Первые используют для изготовления рабочей части инструмента; вторые являются

опорой режущих пластин, обеспечивая точное базирование и большой срок службы державки; стружколомы используют для дробления стружки. Режущие пластины СМП различают по конструкции, размерам и точности изготовления. По первому признаку различают тип пластины, форму, вид режущей кромки. Основные виды пластин показаны на рис. 5. Они различаются по четырем конструктивным признакам:

- по числу рабочих граней – односторонние (R,M) и двусторонние (N,A,F,G);
- по форме передней грани – с плоской гранью (N,A) и со стружколомающими канавками (R,M,F,G);
- в зависимости от наличия отверстия – без отверстия (N,R,F) и с отверстием (A,M,G);
- в зависимости от величины заднего угла – с $\alpha = 0$ и $\alpha > 0$.

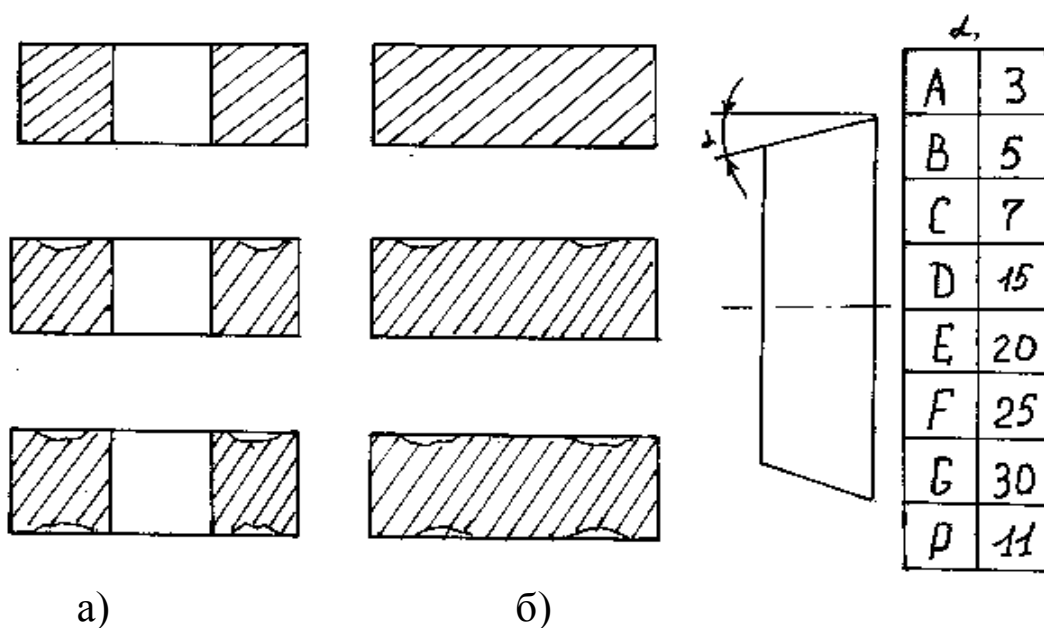


Рис. 5. Сменные многогранные пластины:
а – тип пластины; б – значение заднего угла

По форме (рис. 6) пластины разделяют на равносторонние и равноугольные – Н,О,Р,Р,С,Т; равносторонние и неравноугольные (ромб, неправильный шестигранник) – С,Д,Е,М,В,У,У. Неравносторонние и равноугольные – Л; неравносторонние и неравноугольные – А,В,К,Г.

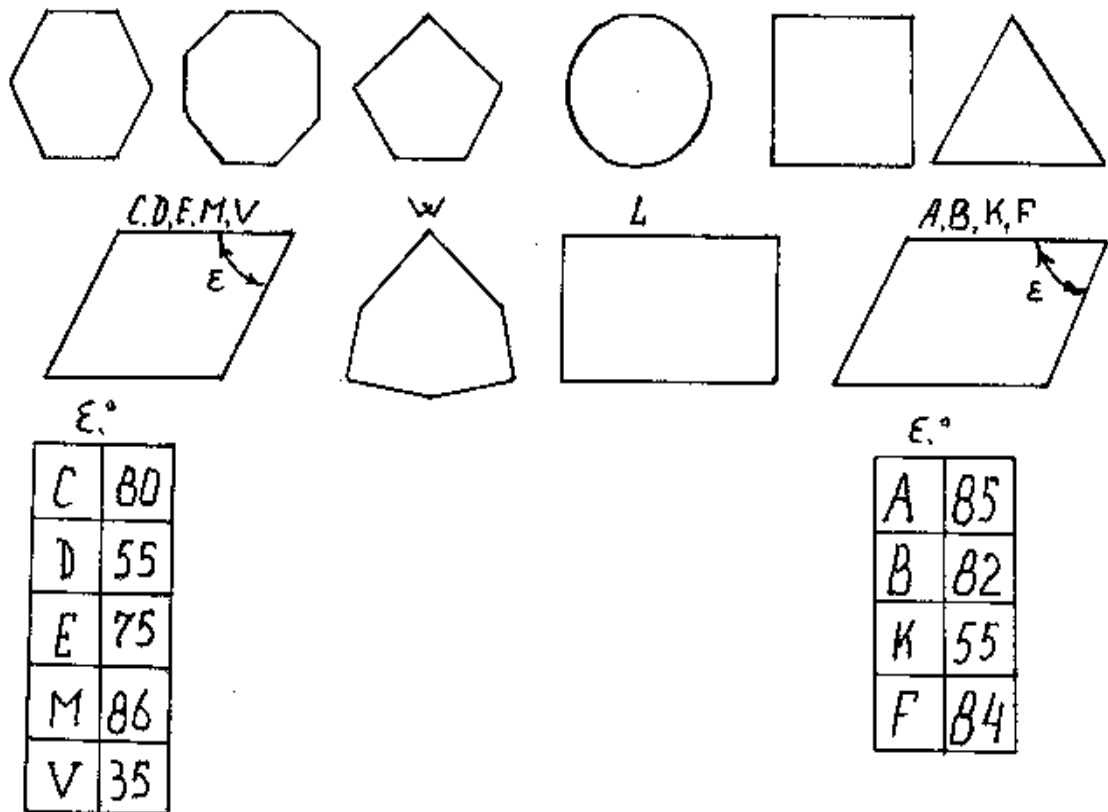


Рис. 6. Форма сменных многогранных пластин

По виду режущей кромки пластины делят на острые $F - (r_n \leq 0,002)$; скругленные – E ; с фаской – T ; с фаской и скруглением – S .

Установлены пять классов точности изготовления пластин: $C, E, G, M, И$.

Допуски по классу точности приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Выбор формы пластин

Вид обработки	Пластина				
	T	W	C	S	B
Чистовая	4	2	4	3	5
Получистовая	4	3	5	4	4
Черновая	2	3	4	5	2
Точение по корке	2	3	4	5	1
Прерывистая	2	2	4	5	1

Таблица 2

Классы допусков пластин

Класс	Отклонения размеров, мм		
	M	S	D
C	±0,013	±0,025	±0,25
E			
G	±0,025	±0,130	
M	±0,08...0,18		±0,050...0,130 ±0,080...0,250
U	±0,13...0,38		

Размеры, определяющие точность пластин, показаны на рис. 7.

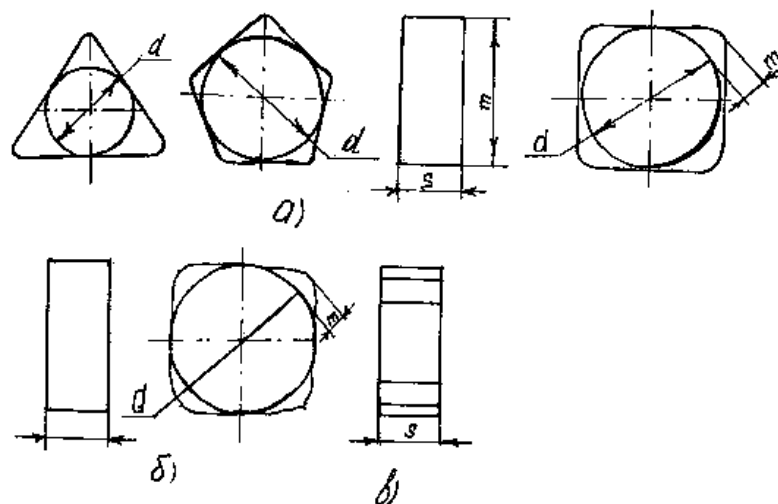


Рис. 7. Размеры, определяющие точность пластин:

a – с нечетным числом граней, *б* – с четным числом граней, *в* – с фаской

Для обозначения СМП применяют 13-разрядный индекс, причем 10 разрядов являются обязательными (рис. 5). Первые четыре разряда означают: 1 – форму; 2 – задний угол; 3 – точность изготовления; 4 – тип.

Далее через тире следует шесть цифровых разрядов: длина режущей кромки (5,6); толщина пластин (7,8); радиус при вершине (9,10). На рис. 8 дана иллюстрация обозначения пластины.

Пример обозначения треугольной пластины с нулевым задним углом, класса М, с отверстием, односторонними стружко-

ломающими канавками, размерами $l = 16,5$; $s = 4,76$; $r = 0,8$, имеющей режущую кромку с фаской: TNMM – 160408TR.

Сменные многогранные пластины изготавливаются из твердых сплавов, сверхтвердых материалов (СТМ) и минералокерамических сплавов. Для обработки железоуглеродистых сталей и сплавов используют пластины вольфрамокобальтовой (ВК), вольфрамотитанокобальтовой (ВТК) и вольфрамотитанотанталокобальтовой (ВТТК) групп.

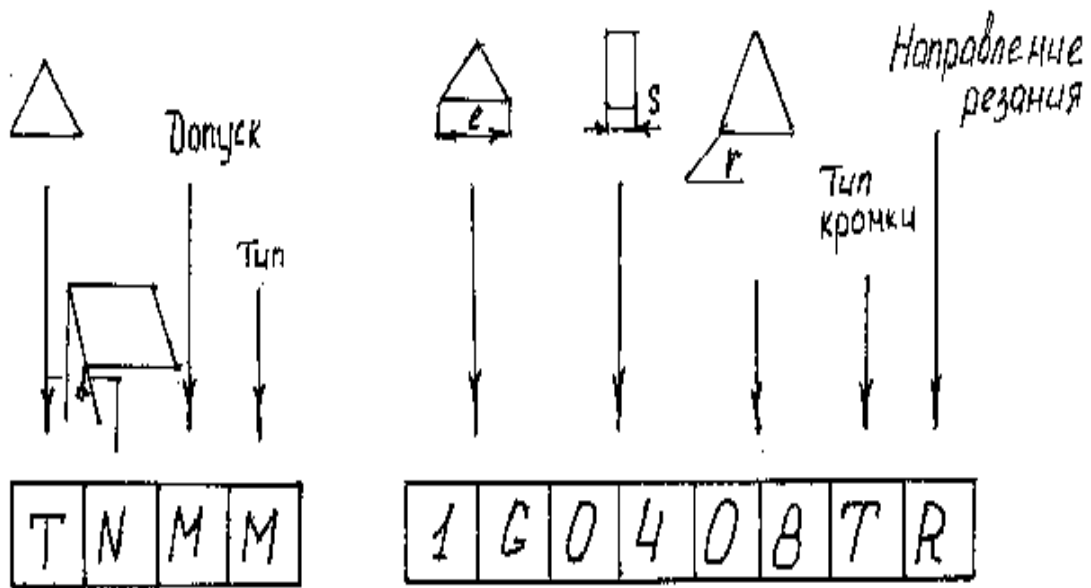


Рис. 8. Обозначение пластины

Резцы, оснащенные пластинами из СТМ (на основе алмаза и кубического нитрида бора), используют на операциях получистового и чистового точения закаленных сплавов и твердых сплавов взамен операции шлифования. Гамма выпускаемых промышленностью СТМ на основе кубического нитрида бора объединяется под общим названием «композиты». Применение резцов с СМП из композитов обеспечивает 7-й квалитет точности, шероховатость $R_a = 0,16 \dots 1,25$ мкм. Основная область применения минералокерамических сплавов – получистовое и чистовое точение закаленных сталей и отбеленных чугунов, а также конструкционных легированных и быстрорежущих сталей со скоростями резания $200 \dots 250$ м/мин для стали и $150 \dots 250$ м/мин для чугуна. Промышленность выпускает пластины из оксидной керамики

(ЦМ332, ВШ); оксидно-карбидной (ВЗ ВСК-60, ВОК-63, ВОК-70, ВОК-71); оксидно-нитридной (кортинит-20, силенит-Р). Использование минералокерамики ограничивается пониженной прочностью на изгиб (550...750 МПа) по сравнению с твердыми сплавами (750...1500 МПа), поэтому наиболее эффективно применение минералокерамики для обработки сталей с твердостью $HRC_3=30...65$ с небольшими припусками (до 3-х мм) при отсутствии корок, окалин, раковин.

2.2. Конструкции узлов крепления резцов с СМП

Разнообразие конструкций крепления (рис.9) можно свести к трем основным схемам крепления: прижим сверху; через отверстие и клином.

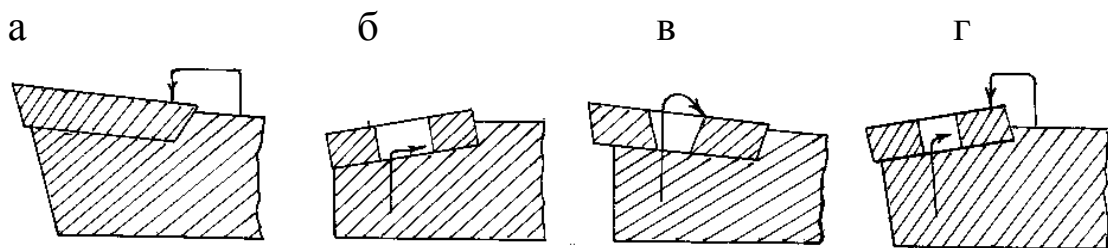


Рис. 9. Схемы механического крепления режущих пластин:
а – прижимом; б – штифтом; в – винтом; г – штифтом и прижимом

Используется два способа установки и закрепления двузначным числом, в котором первая цифра – способ установки, а вторая способ крепления, получаем шесть способов установки и крепления пластин: 11; 12; 13; 21; 22; 23. На рис. 10 приведены схемы базирования и крепления пластин.

Система допусков на СМП (ГОСТ 19086-80) разработана для базирования пластин по боковым поверхностям (способ 22).

Способ 13 не обеспечивает точности выше 15 квалитета при повороте пластин, поэтому рекомендован для черновой обработки, для чистовой – способ 22.

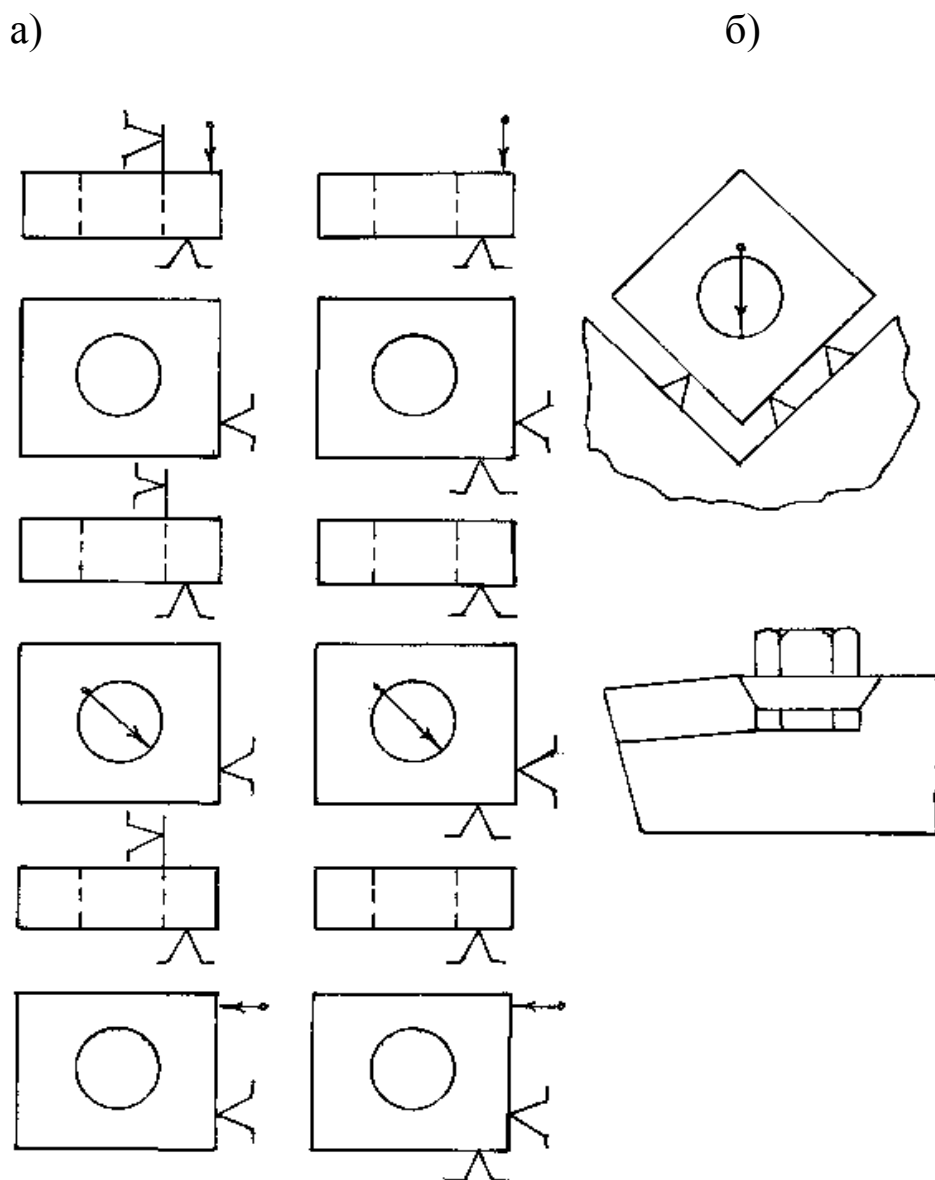


Рис. 10. Способы установки и зажима пластин:
а – классификация способов; б – способ 22

Режущую пластину нижней поверхностью устанавливают на опорные пластины, размеры которых регламентирует ГОСТ 19073-80 и ГОСТ 19083-80. Опорные пластины повышают точность установки режущей пластины и предохраняют гнездо державки от повреждения и разрушения. Опорные пластины крепят к державке путем припаивания, приклеивания и механическим способом.

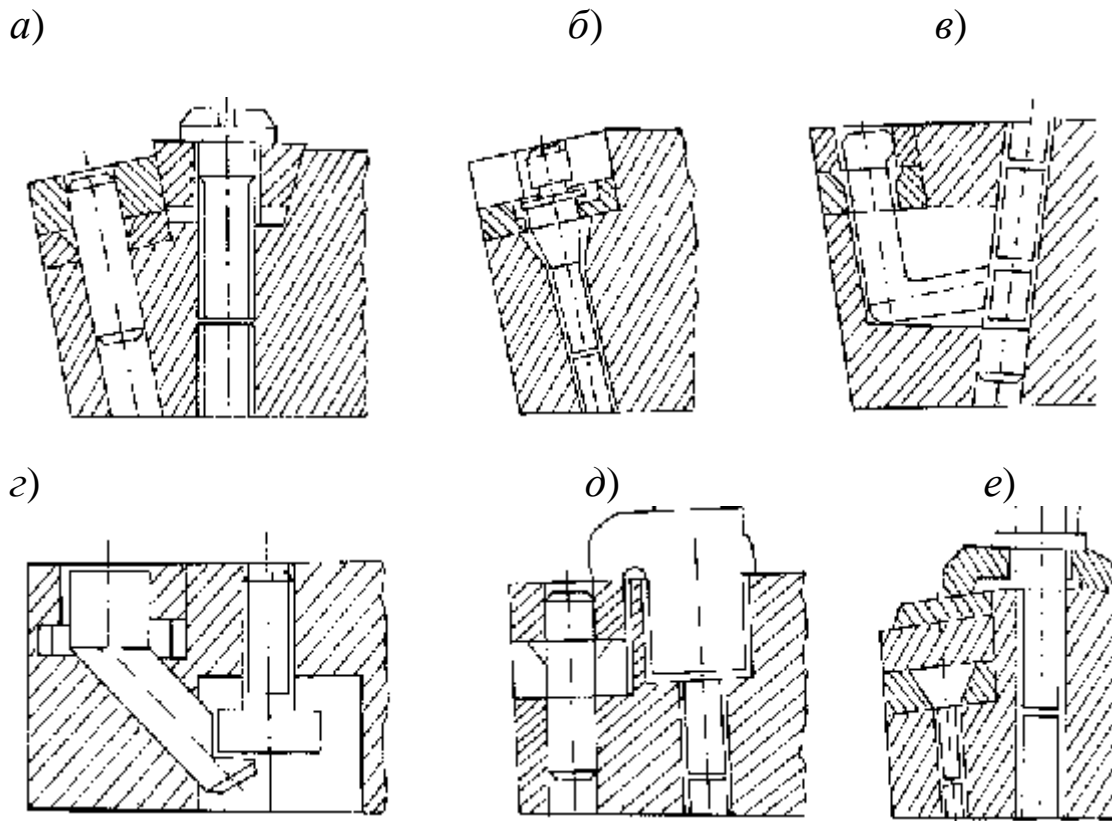


Рис. 11. Варианты установки и зажима пластины:
a – способ 13; *б, в, г* – способ 22; *д* – способ 11; *е* – способ 21

При выборе способа установки и применения пластин учитывают вид обработки. При черновой обработке необходимо обеспечить надежность крепления, точность установки не играет решающей роли (рекомендуются способы *a, e* рис. 11).

При чистовой обработке силы резания небольшие важное значение имеет точность установки пластины (рекомендуются способы *б, в, г*, рис. 11).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Определить тип резца.
3. Определить способ крепления режущей пластины
4. Определить вариант установки пластины.
5. Определить тип пластины.

6. Измерить геометрические параметры резца (γ ; α ; α_1 ; λ ; φ ; φ_1).

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать характеристику, эскиз резца, схему механического крепления пластины, эскиз многогранной сменной пластины, результаты измерения геометрических параметров.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите типы резцов для станков с ЧПУ.
2. Какие поверхности позволяют обрабатывать резцы проходные с $\varphi = 95^\circ$ (рис. 1, поз. 2) с ромбической пластиной с углом при вершине 80° ?
3. Какие втулки предназначены для крепления инструмента с конусами Морзе.
4. Из каких элементов состоит сборный токарный резец?
5. Перечислите способы крепления пластин к державке.

Работа №2

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Фрезерование, являлось высокопроизводительным процессом механической обработки, широко используется в современном машиностроении и приборостроении. При этом применяются различные виды фрез и фрезерных головок.

Данная работа имеет целью ознакомить студентов с конструктивными элементами цельных, сборных, острозаточенных и затылованных фрез, а также с методами контроля геометрии режущих лезвий.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФРЕЗАХ, ИХ ТИПЫ И НАЗНАЧЕНИЕ

Фреза представляет собой тело вращения, на поверхности которого выполнены режущие зубья. В процессе фрезерования осуществляется два движения: вращение фрезы вокруг своей оси – главное движение (движение резания) и движение подачи. При фрезеровании плоских поверхностей движение подачи – поступательное, при фрезеровании винтовых поверхностей – винтовое. Обычно скорость движения подачи перпендикулярна к оси фрезы.

По характеру крепления зубьев различают фрезы цельные и сборные. Сборными изготавливаются фрезы диаметром свыше 80–100 мм.

По способу крепления ножей различают сборные фрезы:

- Разъемные:

А) со вставными ножами;

Б) с механическим креплением к корпусу пластинок твердого сплава.

- Неразъемные:

В) с припаянными к корпусу пластинами твердого сплава.

По способу крепления фрез:

А) насадные;

Б) хвостовые.

По форме зубьев:

А) фрезы с острозаточенными зубьями;

Б) фрезы с затылованными зубьями.

2.1. *Цилиндрические фрезы* применяются при обработке плоскостей на горизонтально-фрезеровальных станках. Такие фрезы представляют собой цилиндр, на наружной поверхности которого образованы режущие зубья (рис. 1).

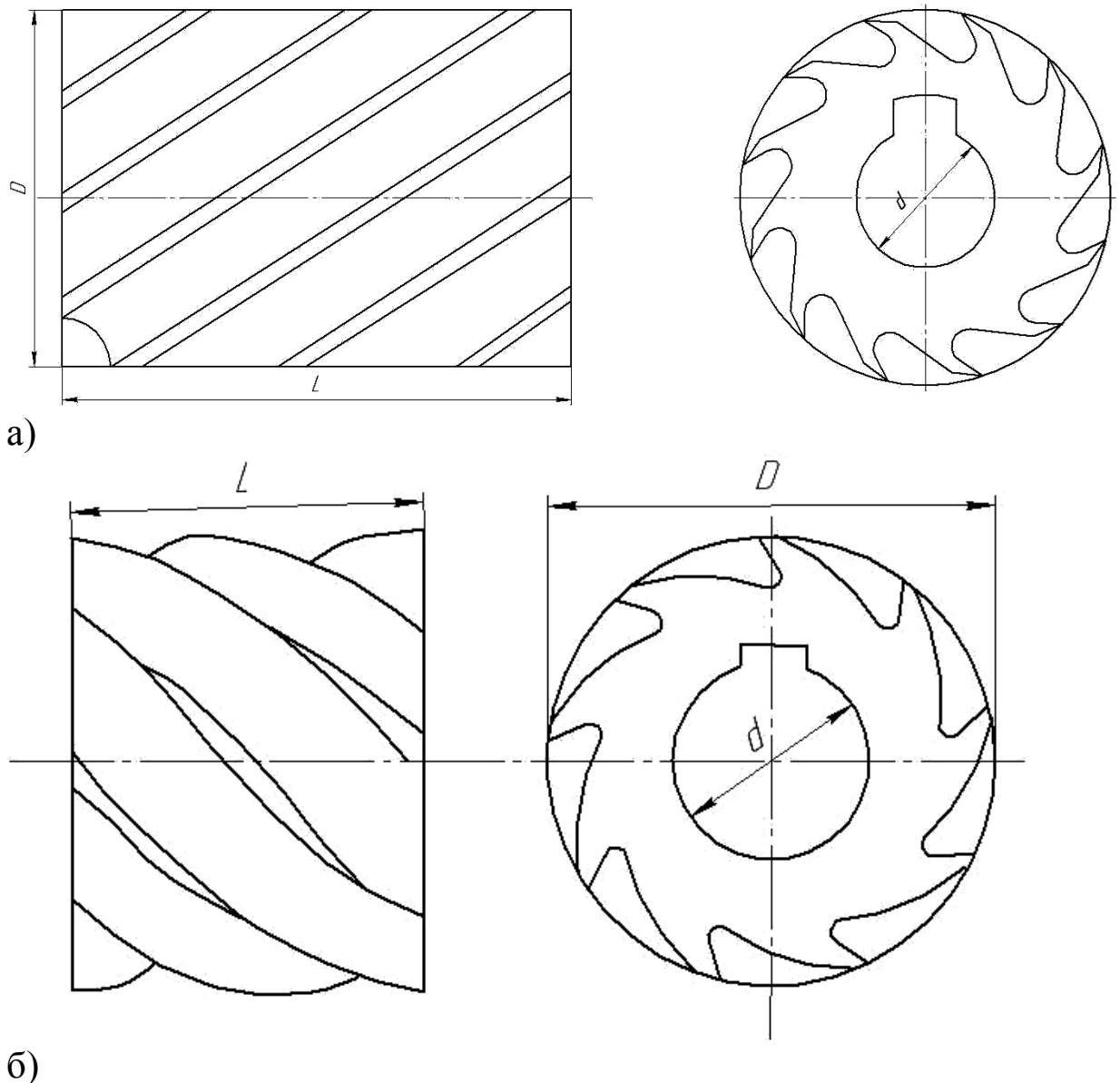
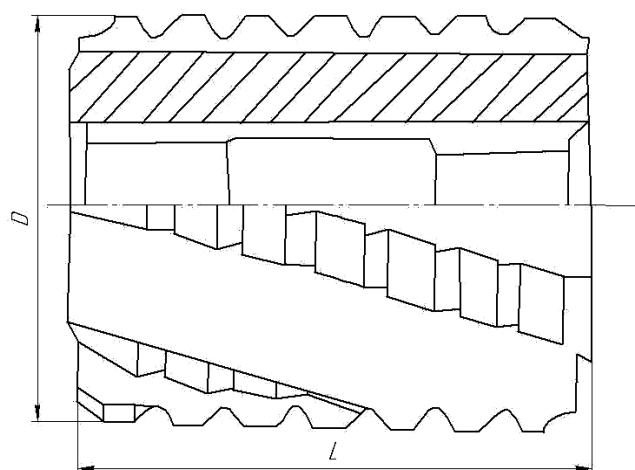
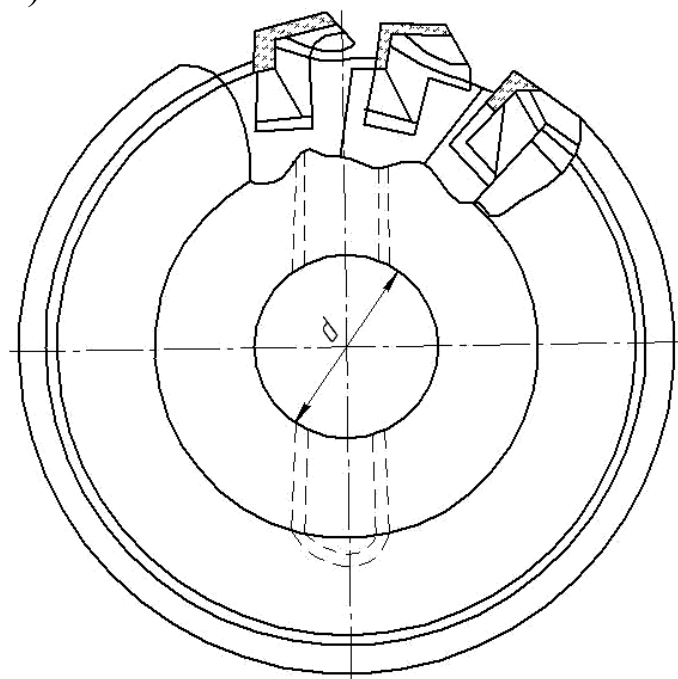
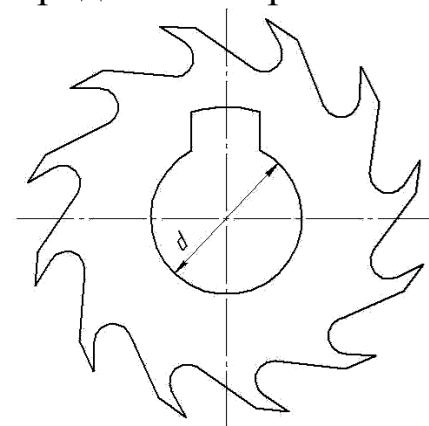


Рис. 1. Фрезы цилиндрические: а) быстрорежущая с мелким зубом; б) быстрорежущая с круглым зубом; в) обдирочная с затылованным зубом; г) торцово-цилиндрическая с вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава

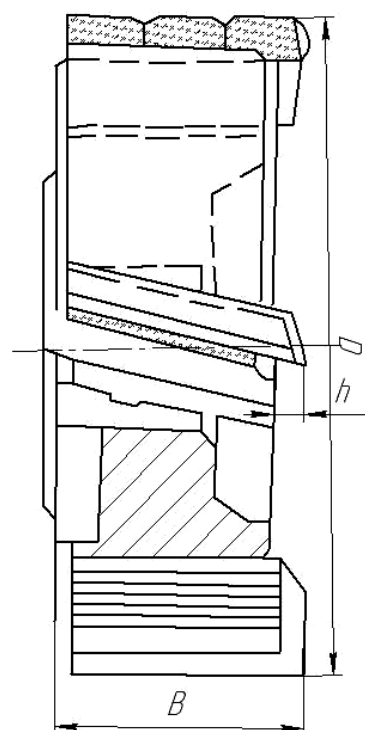
Продолжение рис. 1



в)



г)



Зубья могут быть прямыми и винтовыми. Фрезы с прямыми зубьями почти не применяются в настоящее время из-за неравномерности их работы. Фрезы с винтовыми зубьями работают более плавно и обеспечивают получение более чистой поверхности.

Цилиндрические фрезы изготавливаются цельными, изготовленными из быстрорежущих сталей (рис. 1, а, б, в), сборными с вставными ножами из быстрорежущей стали или оснащенными твердым сплавом (рис. 1, г).

2.2. *Торцовые фрезы* широко применяются при обработке плоскостей. Ось их устанавливается перпендикулярно или под некоторым углом, близким к 90° , к обработанной поверхности детали. В связи с этим торцовые фрезы имеют зубья на цилиндрической поверхности и торце (рис. 2). Главными режущими кромками, которые выполняют основную работу, являются кромки, расположенные на цилиндре, а торцовые – вспомогательными.

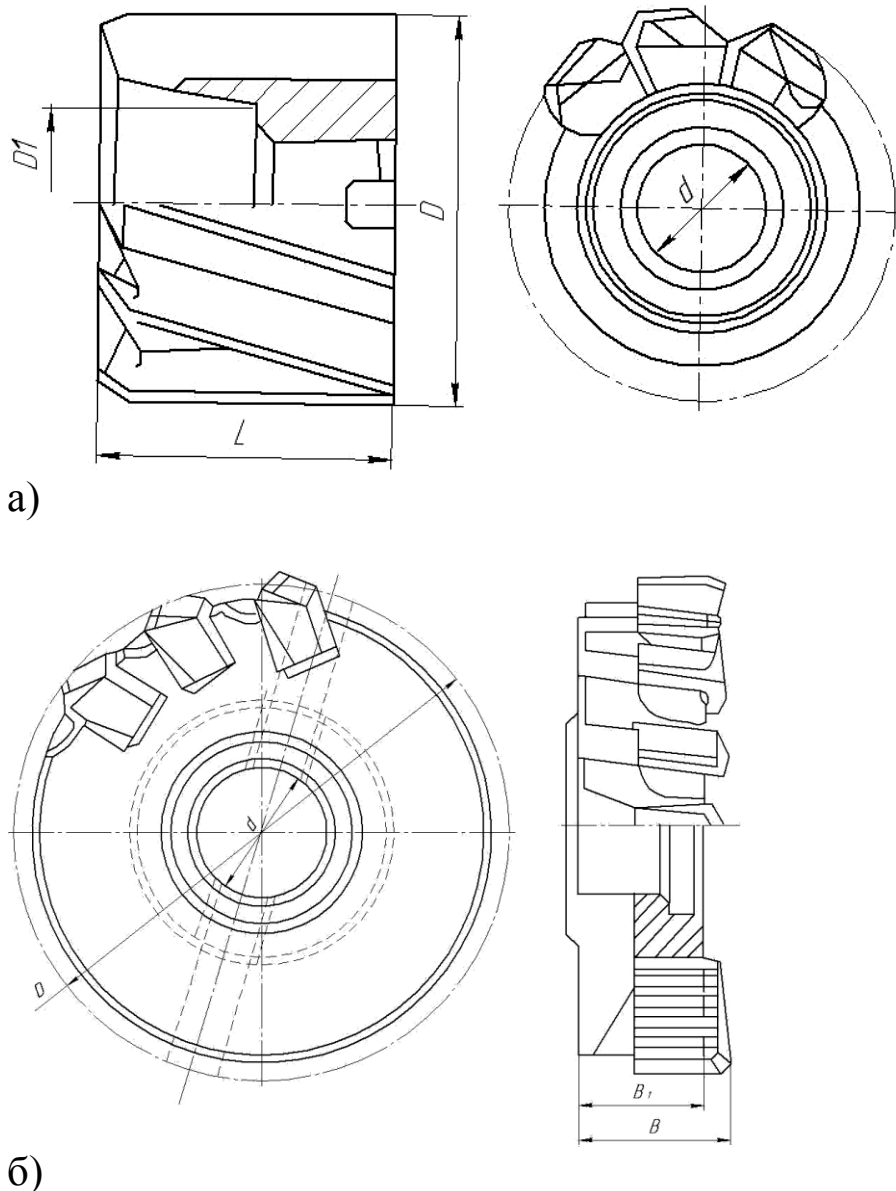
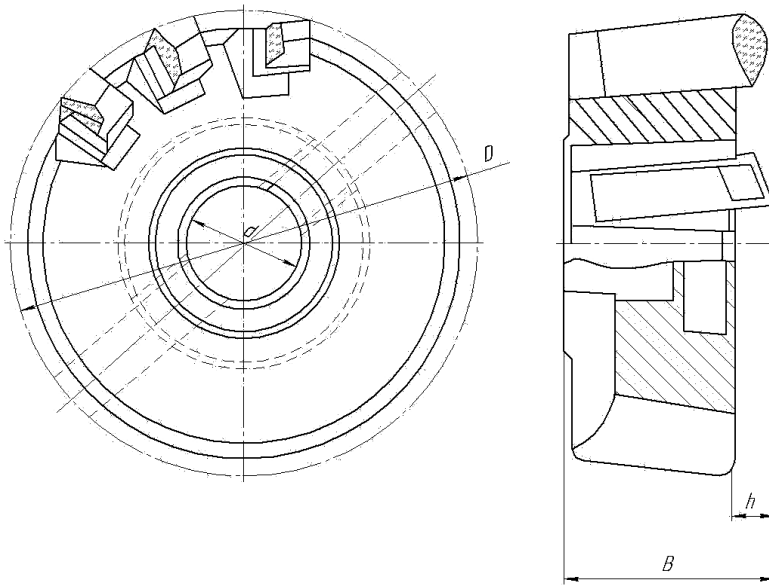
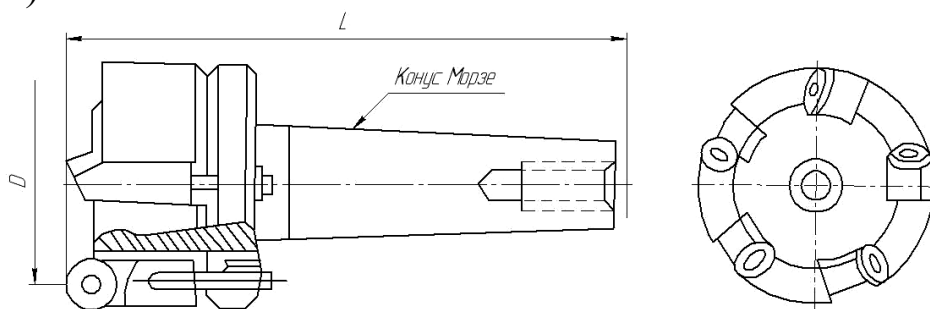


Рис. 2. Фрезы торцовые: а) быстрорежущая насадка;
 б) с вставными ножами из быстрорежущей стали; в) с вставными ножами из твердого сплава; г) хвостовая с круглыми ножами из твердого сплава;
 д) насадная с неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава

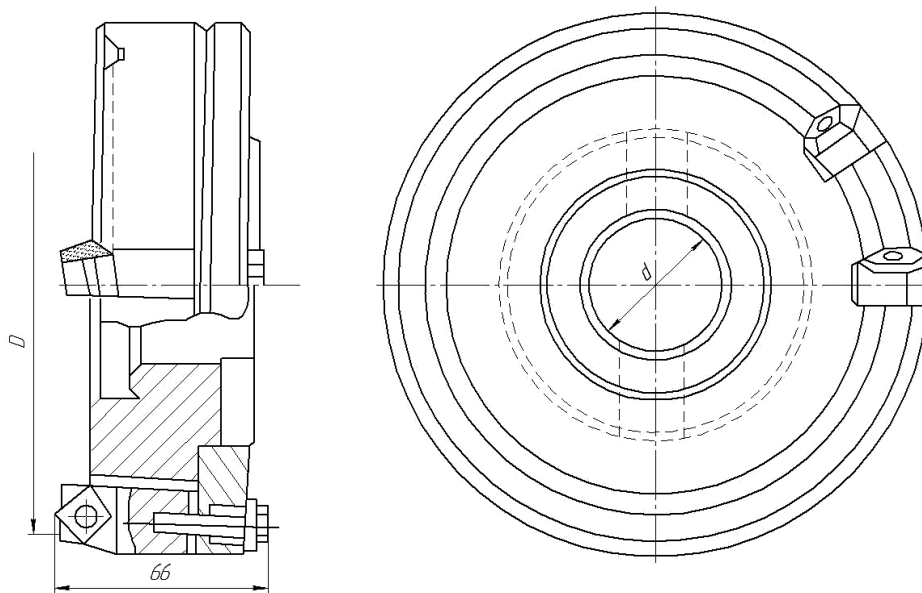
Продолжение рис. 2



В)



Г)



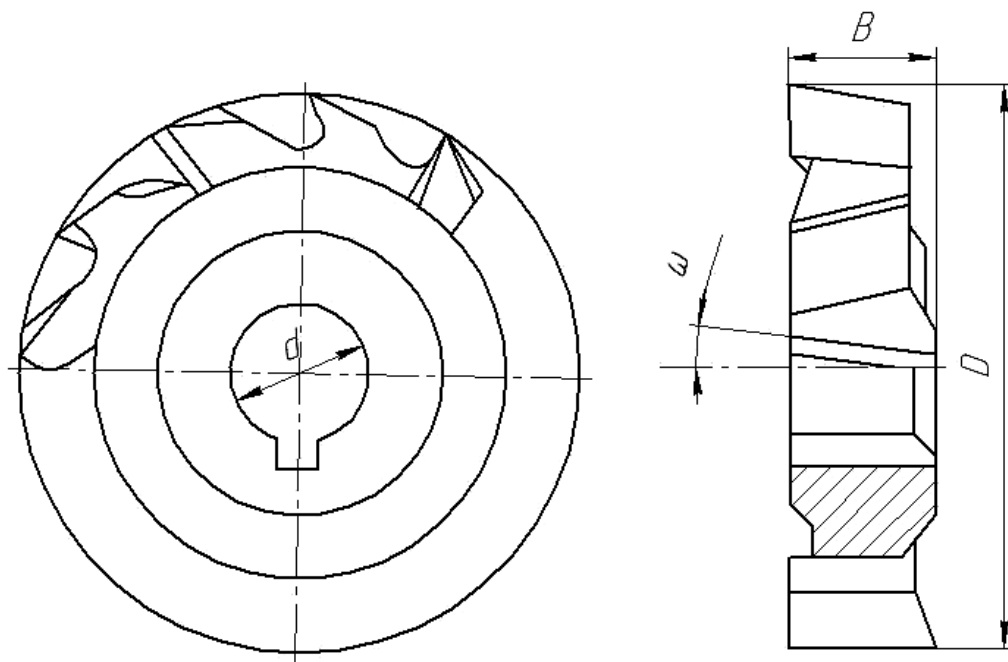
Д)

Торцовые фрезы диаметром от 40 мм до 100 мм выполняются цельными (см. рис. 2, *а*).

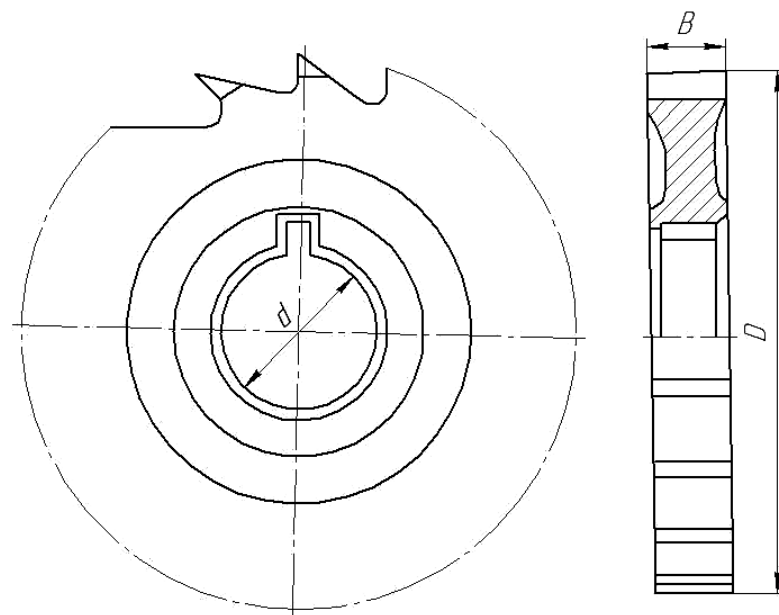
Фрезы диаметром свыше 100 мм выполняются сборными. Зачастую вставные ножи оснащаются пластинками из быстрорежущей стали (рис. 2, *б*) или пластинками из твердого сплава (рис. 2, *в*). В настоящее время освоен выпуск хвостовых (рис. 2, *г*) и насадных торцовых фрез (рис. 2, *д*) с неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава.

2.3. *Дисковые*, пазовые, двухсторонние и трехсторонние имеют режущие зубья на цилиндре и на одном или обоих торцах (см. рис. 3). Они используются при обработке пазов и канавок. Дисковые фрезы могут изготавливаться с прямыми или наклонными зубьями. Наклонные зубья применяют для получения на торцевых кромках двухсторонних фрез положительных передних углов. С целью получения на боковых кромках трехсторонних фрез положительных передних углов применяют фрезы с разнонаправленными зубьями. Они работают всеми зубьями на цилиндре. На торцах же половина зубьев (имеющих отрицательные передние углы) срезаны.

2.4. *Концевые фрезы* подобно дисковым применяются при обработке пазов и канавок. Главные режущие кромки расположены на цилиндрической части, а вспомогательные – на торце (см. рис. 4). Для упрочнения зуба фрезы между главной и вспомогательной режущими кромками выполняется переходная режущая кромка (когда это допускается конструкцией детали). Обычно концевые фрезы проектируются с винтовыми зубьями с углом ω до 30–45°. Концевые фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали или оснащаются твердым сплавом (могут быть с монолитными коронками из твердого сплава).



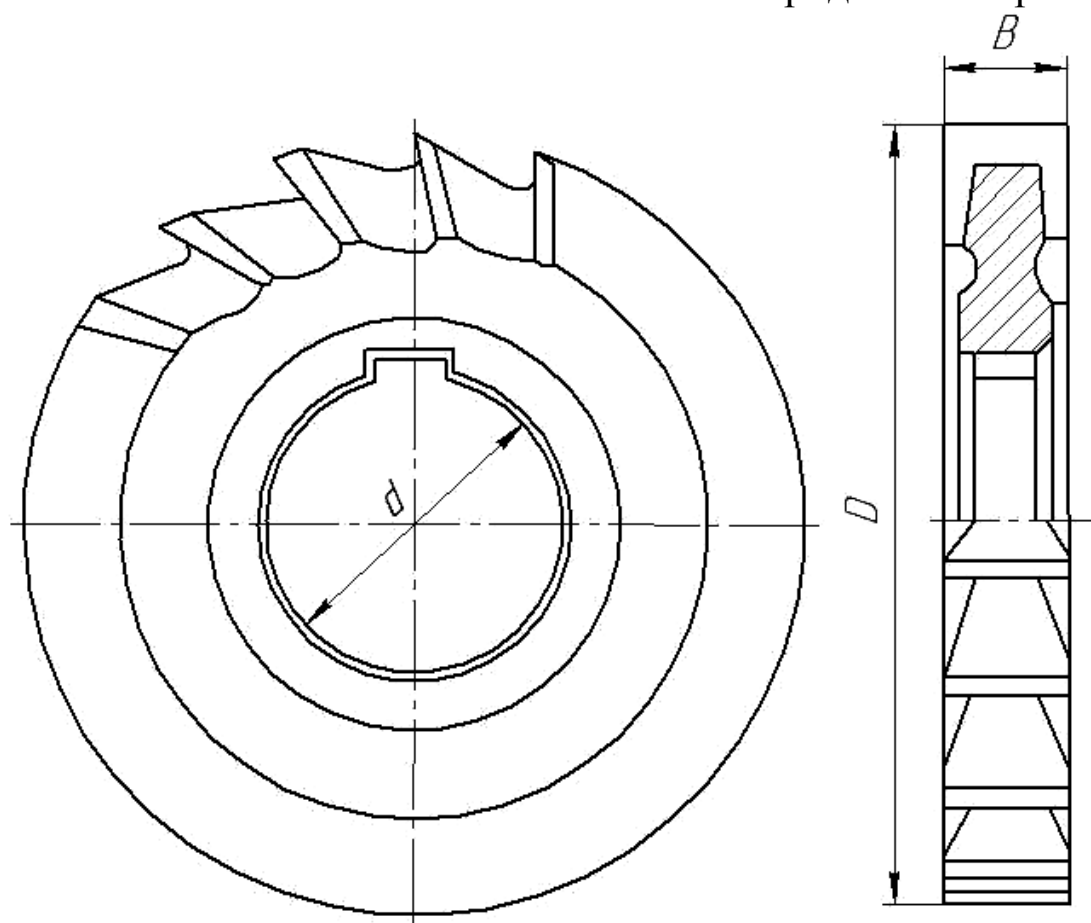
a)



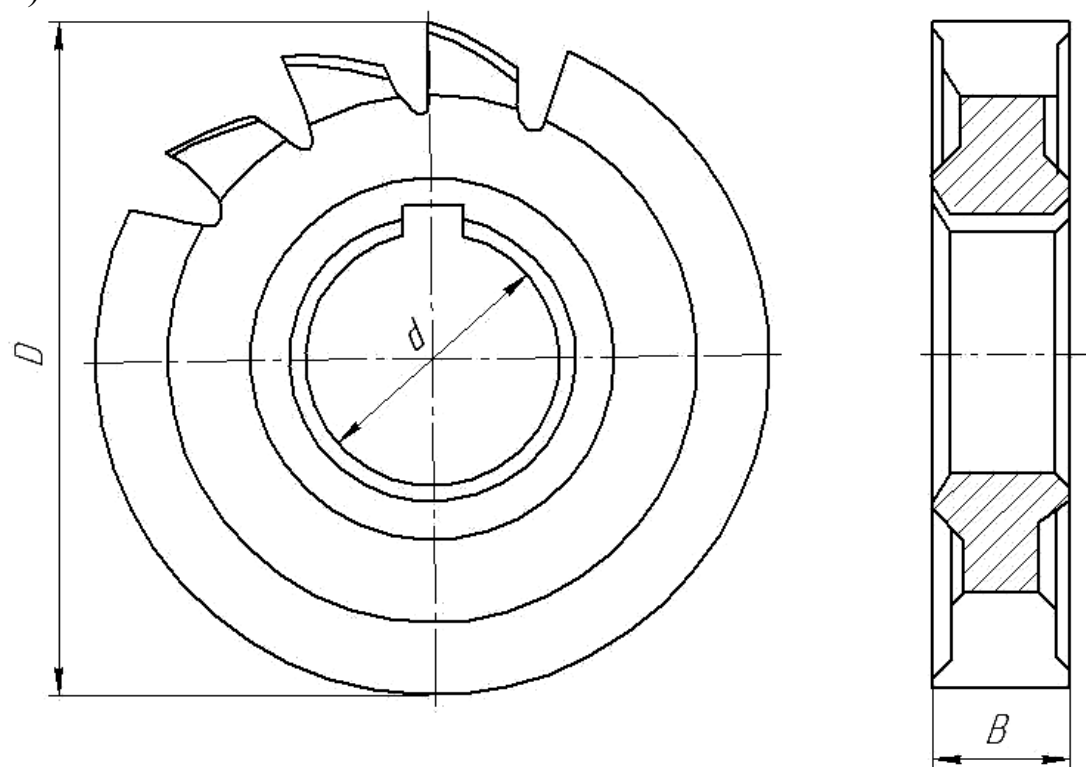
б)

Рис. 3. Фрезы дисковые: а) трехсторонние с разнонаправленными зубьями; б) пазовые; в) трехсторонние; г) пазовые затылованные; с винтовыми ножами из быстрорежущей стали; е) с винтовыми ножами, оснащенные твердым сплавом

Продолжение рис. 3

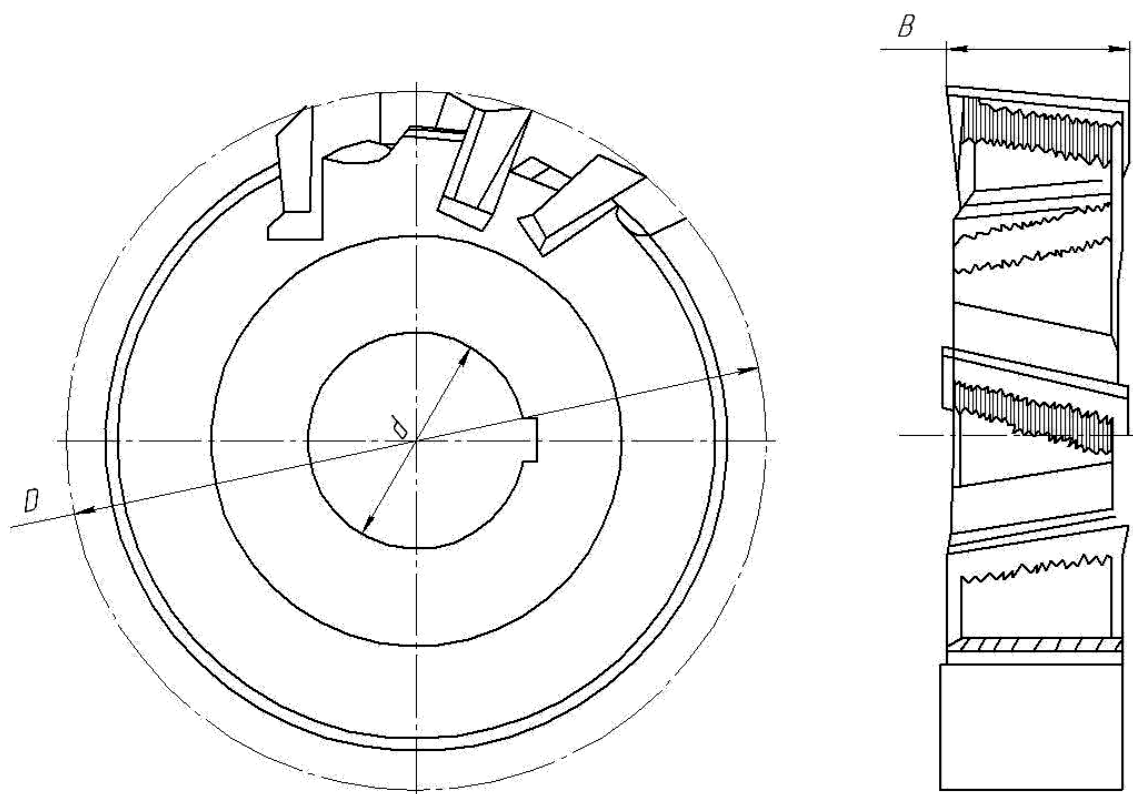


В)

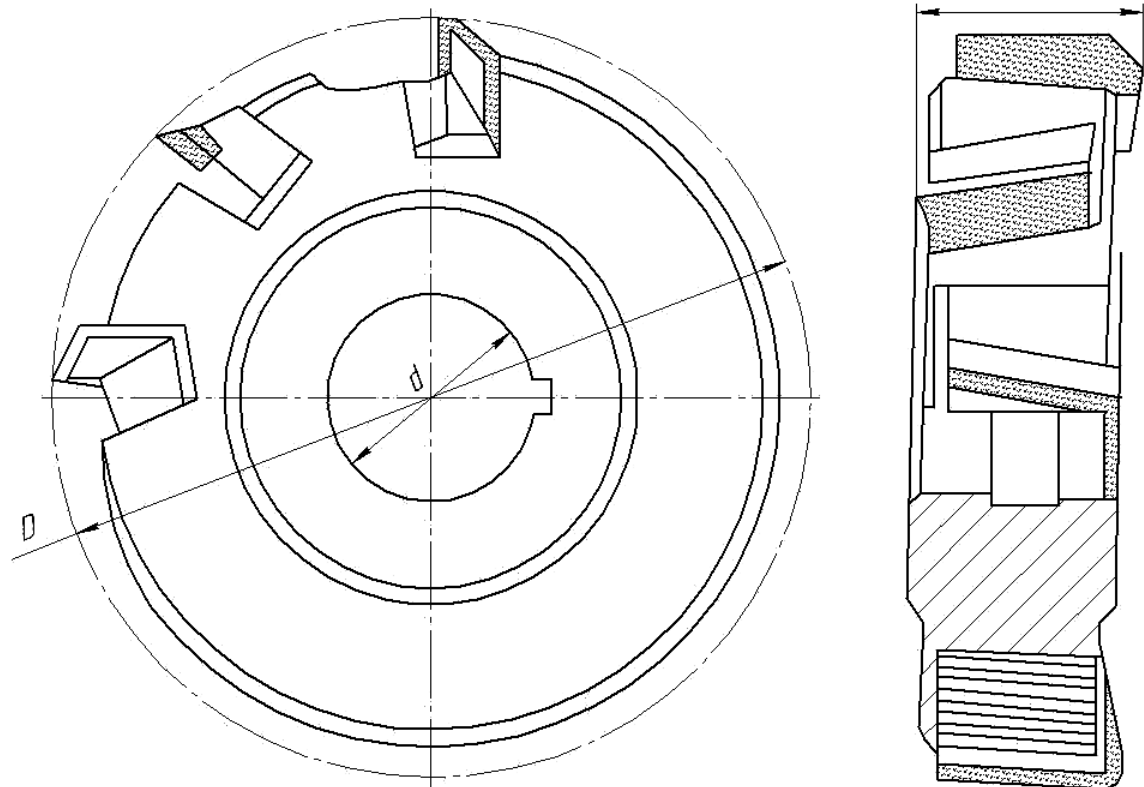


Г)

Продолжение рис. 3



д)



е)

2.5. *Шпоночные фрезы* применяются при изготовлении шпоночных и других мерных пазов. Эти фрезы снабжены достаточно массивными торцевыми зубьями (см. рис. 5). Поэтому почти вся обработка возложена на торцевые зубья, которые подвергаются переточке после износа. Благодаря этому, размер цилиндрической части фрезы остается почти неизменным. Стандартные фрезы изготавливают с прямыми и винтовыми зубьями с углом наклона $12\text{--}15^\circ$. Для упрочнения зубьев и увеличения пространства для перемещения стружки принято минимальное количество зубьев (два, три). Диаметрально расположенные зубья обеспечивают хорошее центрирование фрезы, что способствует получению шпоночного паза в пределах допуска.

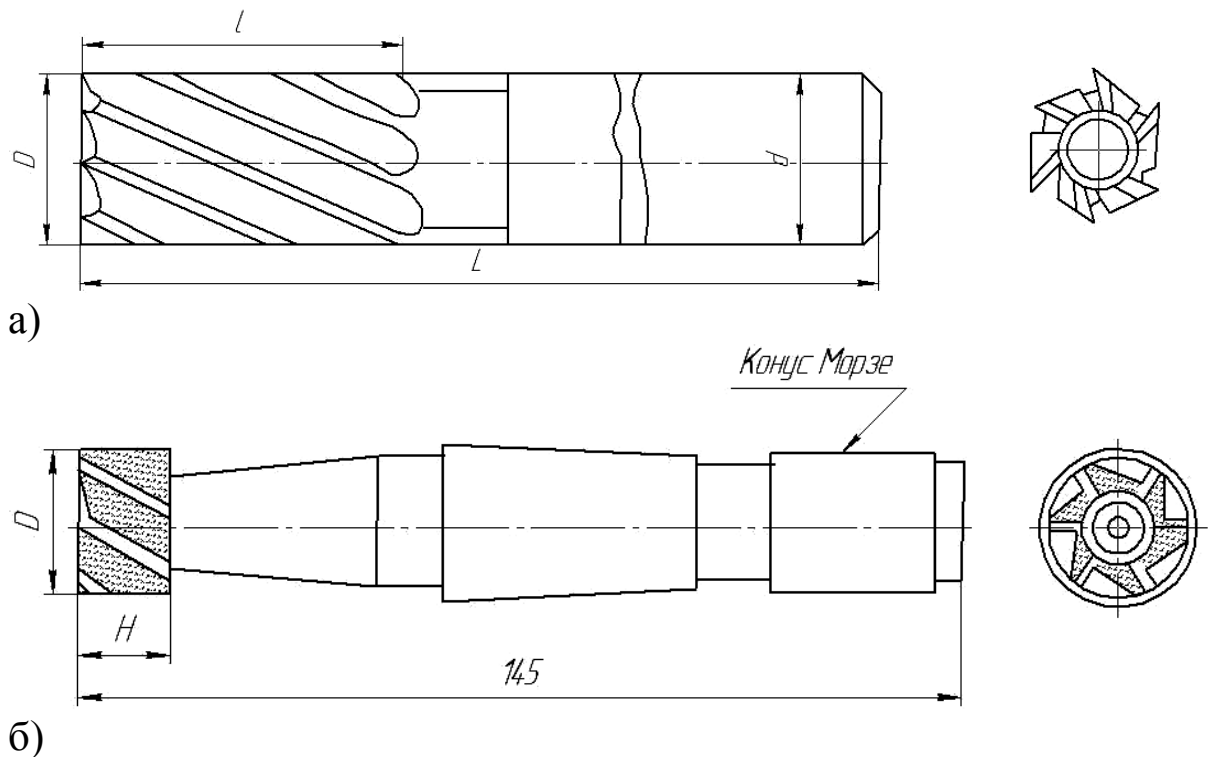


Рис. 4. Фрезы концевые: а) быстрорежущая; б) твердосплавная, оснащенная коронками; в) твердосплавная, оснащена винтовыми пластинками; г) твердосплавная цельная

Продолжение рис. 4

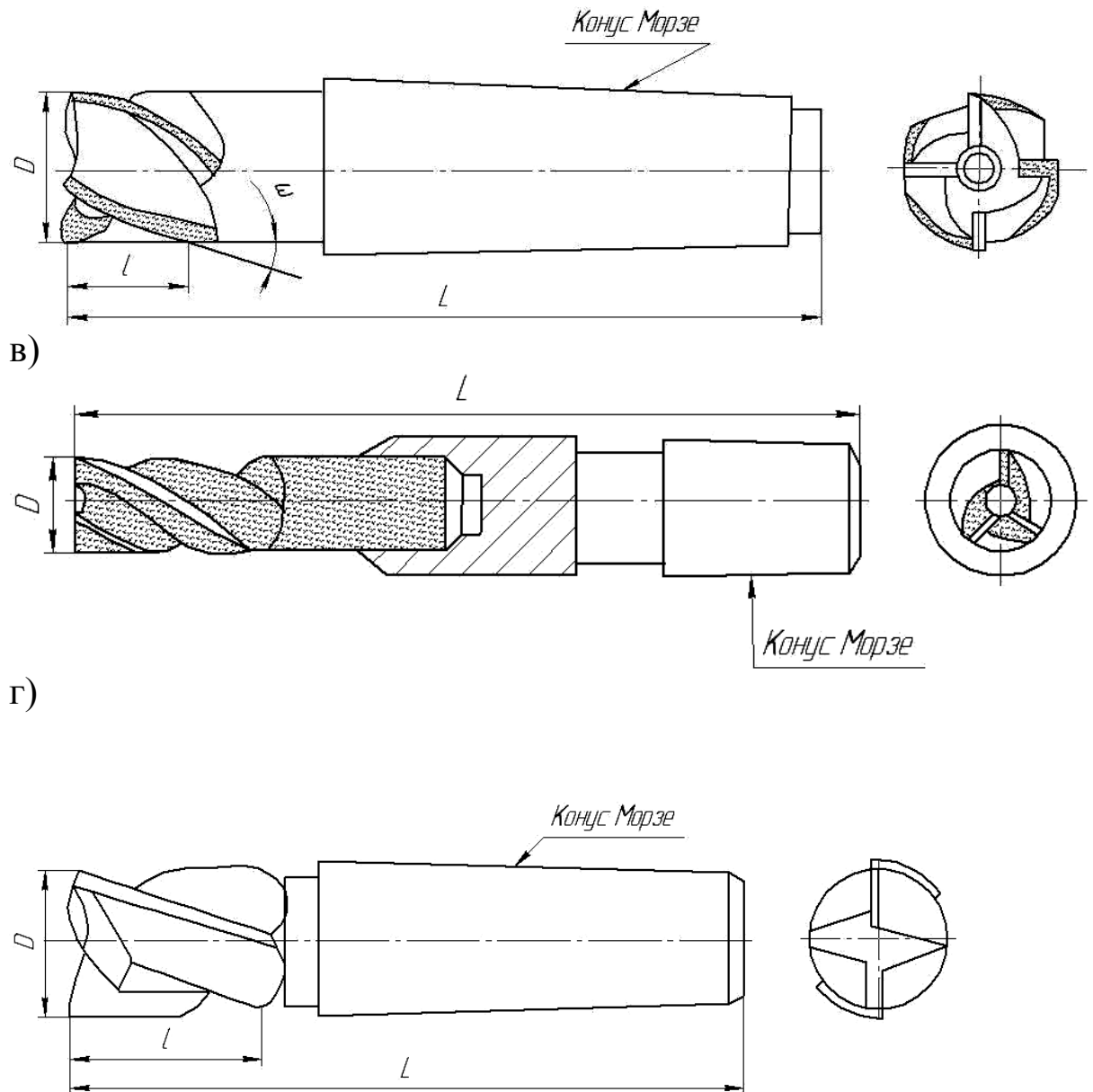


Рис. 5. Фреза шпоночная

2.6. *Угловые фрезы* изготавливаются только монолитными и применяются в основном в инструментальном производстве для фрезерования стружечных канавок различных инструментов. Одноугольные фрезы делаются с углом конуса ϕ в пределах $55-90^\circ$ через каждые 5° . Двухугольные фрезы изготавливаются с общим углом конуса в пределах $55-105^\circ$ через каждые 5° , причем один из углов (меньший) принимается в пределах $15-25^\circ$ в зависимости от величины общего угла (см. рис. 6).

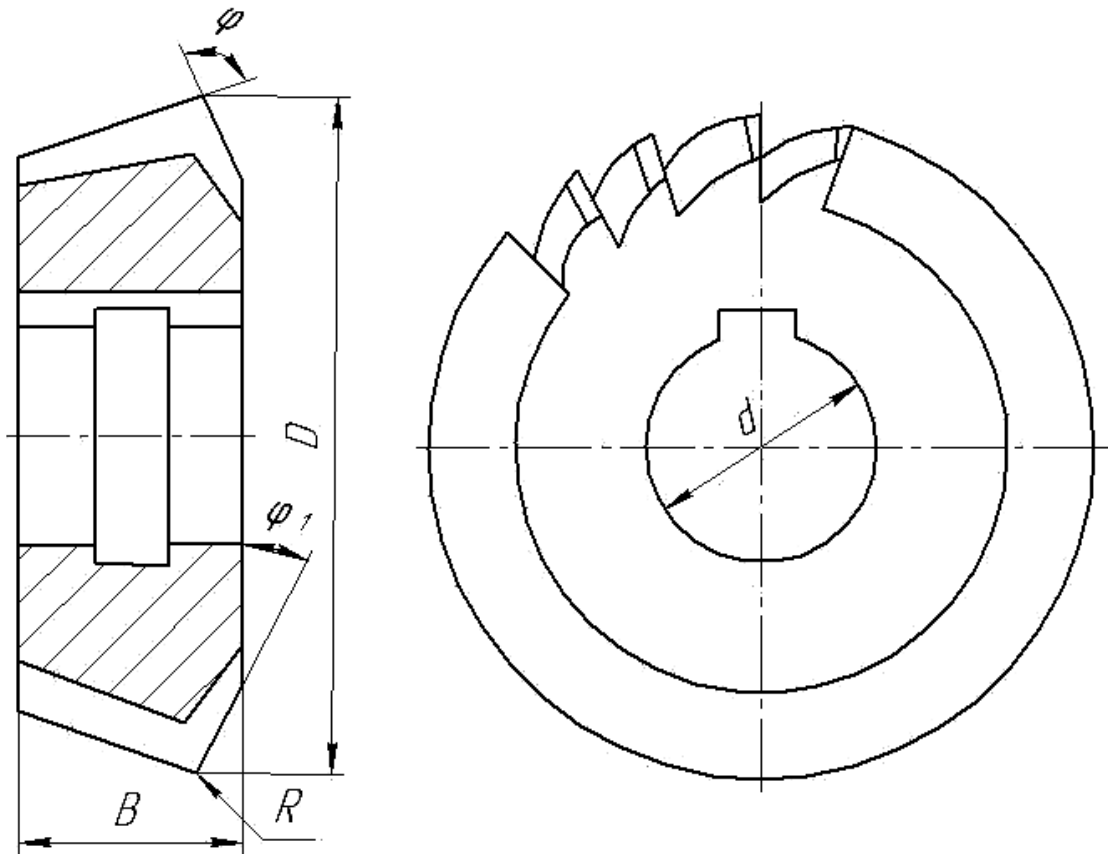


Рис. 6. Угловая фреза

Зубья одноугольных фрез расположены на конической поверхности и на торце. Основная работа производится первыми зубьями, тогда как вторые служат лишь для зачистки обрабатываемой поверхности.

2.7. *Фасонные фрезы* применяются при фрезеровании фасонных цилиндрических и винтовых поверхностей. Фасонные фрезы представляют собой тело вращения, на наружной поверхности которого образованы режущие зубья (рис. 7). Широко распространены фасонные фрезы с затылованными зубьями. Эти фрезы имеют плоскую переднюю поверхность и фасонную затылованную (в большинстве случаев по архимедовой спирали) заднюю поверхность.

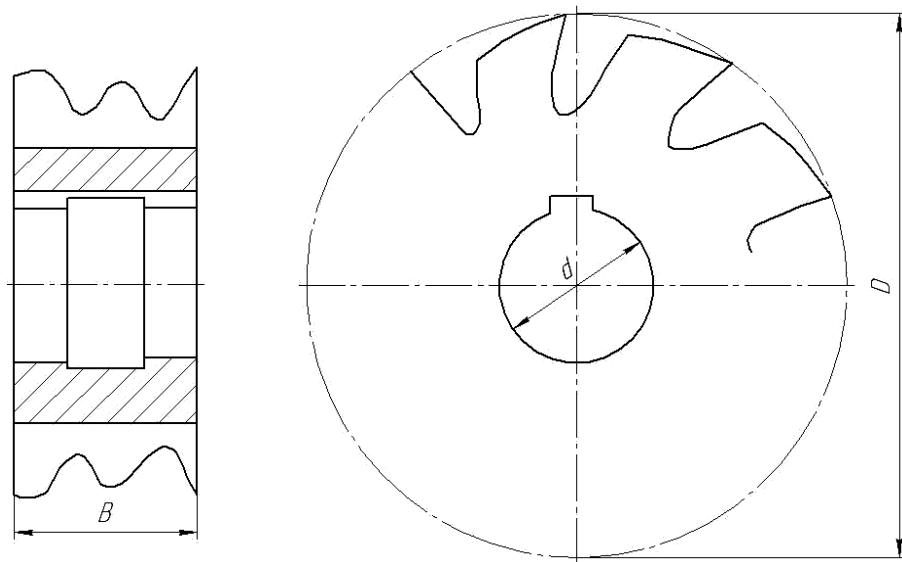


Рис. 7. Фреза дисковая фасонная

При переточке по передним поверхностям (в случае $\gamma = 0$) форма режущих кромок сохраняется неизменной. Благодаря этому оказывается возможным одни и те же детали обрабатывать новой и переточенной фрезой.

Фасонные фрезы с острозаточенными зубьями в отличие от затылованных фрез затачиваются по задней поверхности. Для заточки фрезы по фасонной задней поверхности применяют специальные приспособления.

2.8. *Фрезы отрезные* (пилы) и *прорезные* (рис. 8) предназначены для разрезания прутков разного профиля. Они изготавливаются монолитными и сборными со вставными зубьями или сегментами.

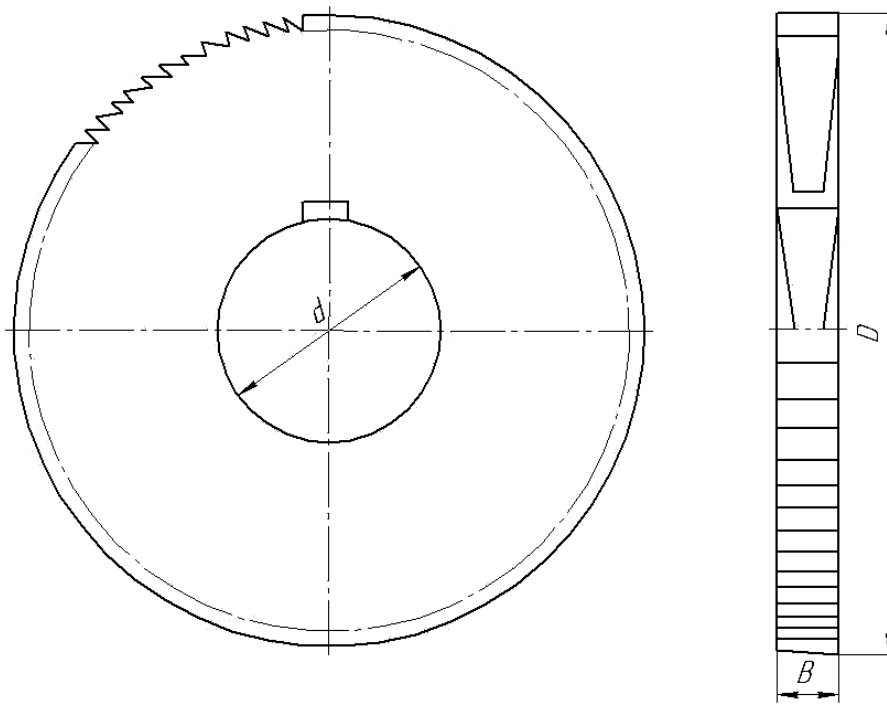


Рис. 8. Фреза прорезная

Монолитные пилы имеют диаметр от 60 до 200 мм, толщину от 1 до 5 мм. Пилы со вставными сегментами выполняются диаметром 265–2000 мм (применяются для специальных отрезных станков).

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФРЕЗ С ОСТРОЗАТОЧЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Фрезы, предназначенные для обработки плоских поверхностей, пазов, уступов и т. д., не требуют сохранения профиля зуба при переточках, поэтому они изготавливаются с острозаточенными зубьями.

Основными конструктивными элементами фрез с острозаточенными зубьями являются диаметр фрезы, диаметр посадочного отверстия под оправку (или конус для концевых фрез), число зубьев и их высота.

3.1. Диаметр фрезы. Одним из основных конструктивных элементов фрезы является ее наружный диаметр. Величина наружного диаметра у концевых и им подобных фрез определяется размерами обрабатываемых ими деталей и не может выби-

раться произвольно. Так, например, диаметр шпоночной фрезы должен быть равен ширине шпоночной канавки.

При выборе величины диаметра у цилиндрических, дисковых и им подобных фрез следует учитывать, что увеличение наружного диаметра фрезы позволяет увеличить нагрузку на фрезу, т. к. оправка будет более жесткой. Фрезы большого диаметра имеют улучшенные условия теплоотвода, обладают большей стойкостью. Однако они обладают существенными недостатками. С увеличением диаметра увеличивается расход материала и его стоимость, увеличиваются крутящий момент и машинное время (за счет увеличения длины врезания). Нужно стремиться работать с возможно меньшим диаметром фрезы и большим диаметром оправки.

При выборе D торцевых фрез исходят из ширины фрезеруемой поверхности.

Для торцевых фрез из быстрорежущей стали диаметр выбирается равным $D = 1,1 B$, а для фрез оснащенных твердым сплавом, $D = (1,2-1,6) B$.

3.2. Диаметр посадочного отверстия под оправку можно определить из расчета на прочность и жесткость, исходя из усилия, действующих на фрезу. Однако на практике расчет диаметра оправки производится редко. Чаще всего выбирается максимально возможный диаметр оправки из стандартных значений, (16, 22, 27, 32, 40, 50, 60 ..., мм), исходя из опытных данных.

3.3. Размеры конических хвостовиков для концевых фрез и им подобных определяются либо расчетным путем, либо также исходя из опытных данных (конусы Морзе № 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Наружный диаметр хвостовика, если он цилиндрический (чаще всего у хвостовых фрез малых диаметров), определяется конструктивно. Концевые фрезы, имеющие конический хвостовик, имеют резьбовое отверстие для дополнительного крепления фрезы в коническом углублении шпинделя.

3.4. Длина рабочей части фрезы определяется в зависимости от ее конструкции и назначения. Так, например, длина цилиндрической фрезы выбирается в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности, длины рабочей части концевой фрезы принимается в зависимости от глубины фрезерования и т. д.

3.5. Число зубьев фрезы зависит от характера ее работы. Выбор числа зубьев фрезы z определяет их окружной шаг:

$$S_{окр} = \frac{\pi D}{z}. \quad (1)$$

При уменьшении числа зубьев z размеры зубьев, канавок для схода стружки и окружной шаг их увеличиваются. У фрез с крупным шагом зуб получается более прочным, лучше отводит теплоту от режущих кромок, допускает большее количество переточек, позволяет уменьшить усилие фрезерования. Эти соображения заставляют проектировать фрезы в основном с крупным зубом. Фрезы с мелким зубом применяются при чистовой обработке деталей с небольшими припусками. Сборные фрезы по сравнению с цельными имеют больший окружной шаг, а следовательно, и меньшее число зубьев, т. к. необходимо обеспечить размещение элементов крепления в корпусе, не уменьшая его жесткости.

3.6. Форма зубьев фрезы. На практике применяется три формы острозаточенных зубьев цельных фрез. Для мелкозубых фрез принята трапецеидальная форма (рис. 9, а), для крупнозубых фрез в тяжелых условиях работы применяют криволинейную (параболическую) форму зуба (рис. 9, б) или форму зуба с двойной спинкой (рис. 9, в), что позволяет применять повышенные режимы резания.

3.7. Высота зуба фрезы. Чем выше зуб, тем долговечнее фреза, т. к. больше число возможных переточек, но в то же время изменяется прочность зубьев, т. к. растет изгибающий момент, действующий на зуб. Сопоставление этих условий и обеспечивает соответствующий выбор высоты зуба, в зависимости от конкретных условий обработки.

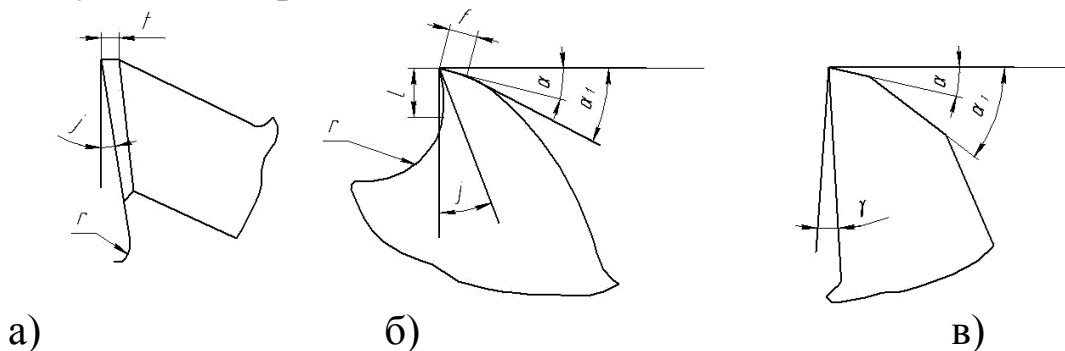


Рис. 9. Формы острозаточенных зубьев

4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ С ОСТРОЗАТОЧЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Основными геометрическими параметрами являются передний γ и задний α углы зуба, а также углы в плане: главный ϕ и вспомогательный ϕ_1 . Также имеет значение величина угла наклона винтовых зубьев ω и угла наклона режущей кромки λ .

Все эти углы оказывают влияние на условия обработки.

4.1. Передний угол γ для цилиндрических, торцовых, концевых, дисковых, шпоночных фрез изменяется в главной секущей плоскости, т. е. в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке в рассматриваемой точке. Угол γ для фрез выбирается в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах от $+20^\circ$ до -15° . Для более вязких материалов угол γ выбирается больше, для более хрупких – меньше.

4.2. Главный задний угол α для указанных фрез рассматривается в торцевой плоскости, т. е. плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Величина его выбирается в пределах от 12° до 30° в зависимости от назначения и конструкции фрезы.

Дисковые и пазовые фрезы, фрезы-пилы и фрезы для Т-образных пазов затачивают обычно, не оставляя ленточек.

При заточке фрез других типов оставляют ленточку: для фрез диаметром до 30 мм – не более 0,05 мм, диаметром свыше 30 мм – не более 0,2 мм.

4.3. Углы в плане. Как известно, главный угол в плане ϕ предназначен для изменения соотношения между шириной и толщиной стружки, а вспомогательный ϕ_1 , – для обеспечения беспрепятственного перемещения торцевой кромки в процессе резания.

Для увеличения стойкости фрезы на стыке главной и вспомогательной режущих кромок выполняют переходную кромку с углом в плане ϕ_0 . Ширина переходной кромки f_0 принимается в пределах 0,5...2 мм (а для торцевых фрез до 3 мм). Угол в плане переходной кромки ϕ_0 у концевых и дисковых фрез принимается 45° . Длина переходной кромки $f = 0,5\text{--}1,5$ мм.

Величина вспомогательного угла в плане ϕ_0 – для различных типов фрез принимается в зависимости от их конструкции и

назначения: для концевых, торцевых, дисковых, двух- и трехсторонних – $1^\circ \dots 2^\circ$, дисковых и Т-образных $1^\circ 30' \dots 2^\circ$, шпоночных – $4^\circ \dots 6^\circ$.

4.4. Угол наклона зуба ω улучшает отвод стружки, чистоту обрабатываемой поверхности, увеличивает стойкость фрез, уменьшает вибрации при фрезеровании, позволяет увеличивать число зубьев, одновременно участвующих в работе. Для различных типов угол принимается в пределах от 8° до 45° .

4.5. Важным элементом фрез с винтовым зубом является шаг винтовой линии, который определяется по формуле

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega}, \quad (2)$$

где D – диаметр фрезы; H – шаг винтовой линии; ω – угол наклона винтовых зубьев.

5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ С ЗАТЫЛОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Наружный диаметр фрез D зависит от принятого диаметра посадочного отверстия d , высоты зуба H определяется по формуле

$$D = (1,6 \dots 2,0)d + 2H. \quad (3)$$

Диаметр отверстия должен обеспечить жесткость крепления фрезы на оправке и выбирается из стандартного ряда значений.

Для цельных фрез диаметром от 40 до 100 мм диаметр отверстия выбирается равным 16...32 мм.

Высота зуба выбирается таким образом, чтобы обеспечить выход затылованного резца при затыловании и определяется по формуле

$$H = h + k + r, \quad (4)$$

где h – высота затылуемого профиля; k – величина затылования; r – радиус закругления дна канавки.

Величина затылования:

$$K = \frac{\pi De}{z} \operatorname{tg} \alpha_b, \quad (5)$$

где α_b – величина заднего угла на вершине зуба. Он принимается равным $10 \dots 12^\circ$; z – число зубьев фрезы.

Радиус закругления дна канавки r обычно принимается равным $1 \dots 3$ мм.

Число зубьев z подсчитывается по формуле

$$z = \frac{\pi De}{S_{\text{окр}}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{окр}}$ – окружной шаг зубьев.

Для чистовых зубьев окружной шаг $S_{\text{окр}} = (1,3 \dots 1,8)H$, а для черновых $S_{\text{окр}} = (1,8 \dots 2,5)H$.

Угол профиля стружечной канавки θ выбирается равным $18 \dots 30^\circ$.

Передний угол у затылованных фрез большей частью принимается равным нулю. Объясняется это тем, что положительный передний угол усложняет расчет, изготовление и контроль фрез, а также вносит погрешность в профиль детали после переточки. Фрезы с положительным передним углом работают в более легких условиях, поэтому применение их на практике целесообразно. Для устранения погрешности, вызванной наличием угла $\gamma > 0$, профиль фрезы должен быть подвергнут корректированию.

6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

При проведении лабораторной работы применяются следующие измерительные инструменты:

1. Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 ГОСТ 166-89.
2. Измерительная линейка.
3. Микрометр МРИ ГОСТ 4381-87.
4. Угломер с нониусом УМ ГОСТ 5378-88.
5. Угломер Бабчининера.

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа производится в следующем порядке:

1. Изучение конструкции острозаточенных и затылованных фрез, методов крепления режущих зубьев в корпусе фрезы.
2. Измерение геометрических параметров фрез. Оформление эскизов фрез.
3. Изучение методов контроля геометрии фрез.

8. ИЗМЕРЕНИЕ ФРЕЗ

1. Диаметр фрезы, ее длина, диаметр посадочного отверстия высота зуба и другие линейные размеры измеряются штангенциркулем.

При измерении диаметра посадочного отверстия и размеров шпоночного паза необходимо определить номинальные размеры, а затем назначить допуск по соответствующим ГОСТам на фрезы.

После измерений линейных размеров конических хвостовиков (у концевых и им подобных фрез), необходимо определить номер конуса Морзе.

2. Передний и задний углы на цилиндрической части фрез определяются с помощью угломера Бабчининера (рис. 10, 11).

Измерение углов φ в плане производится универсальным угломером.

Угол ω наклона винтовых зубьев находят непосредственно измерением его по следу винтовой линии фрезы на плоскость.

3. Кроме этого, должны быть определены расчетом и обмером следующие параметры фрез:

3.1. Шаг винтовой спирали:

$$T = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega}. \quad (7)$$

3.2. Окружной, осевой и нормальный шаг фрезы:

$$t_{\text{окр}} = \frac{\pi D}{z}; \quad t_{\text{ос}} = \frac{t_{\text{окр}}}{\operatorname{tg} \omega}; \quad t_{\text{н}} = t_{\text{окр}} \cdot \cos \omega. \quad (8)$$

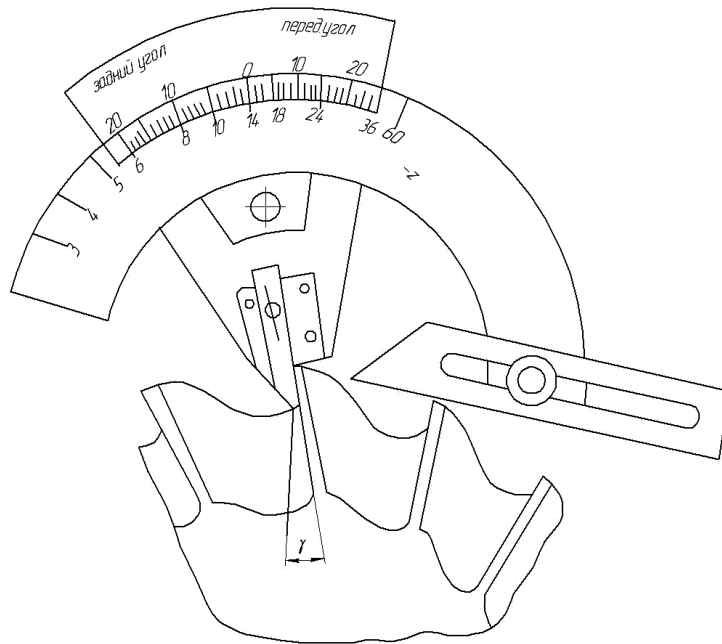


Рис. 10. Измерение переднего угла угломером Бобчининера

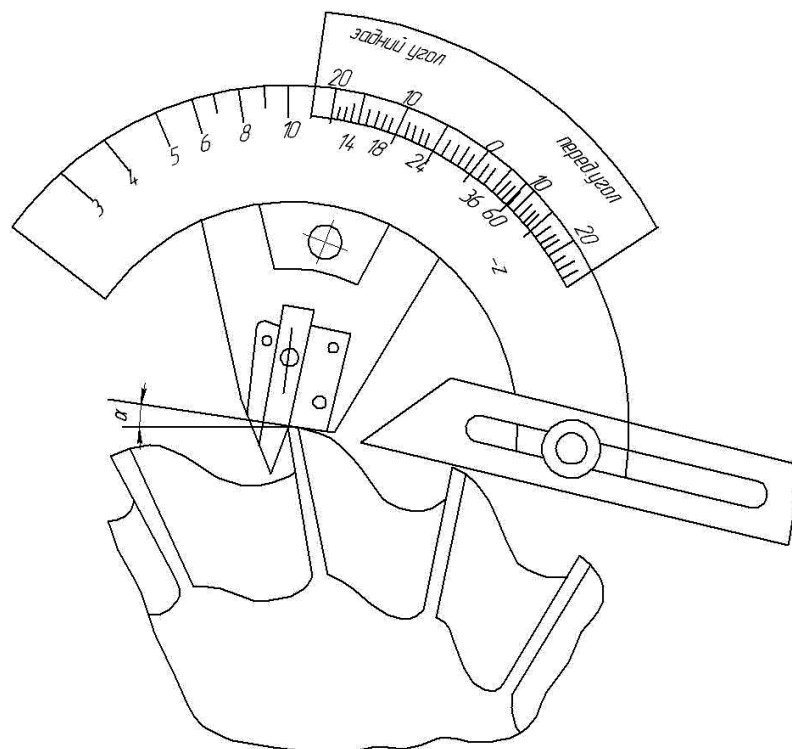


Рис. 11. Измерение заднего угла угломером Бабчининера

Геометрические параметры и конструктивные элементы фрез.

1. В графе «примечание» должна быть полная характеристика измеряемой фрезы.

2. Все геометрические и конструктивные параметры фрез необходимо проставить на эскизе фрезы.

3.3. Углы режущего зуба в нормальном сечении

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_{\text{торц}} \cdot \cos \omega \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{торц}}}{\cos \omega}, \quad (10)$$

где $\gamma_{\text{торц}}$, $\alpha_{\text{торц}}$ – соответственно передний и задний углы в торцевом сечении.

4. Результаты измерений конструктивных элементов и геометрических параметров фрез заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Номер п/п	Тип фрезы	Материал фрезы	Диаметр D фрезы, мм	Ширина (длина) B фрезы, мм	Диаметр отверстия или номер конуса Морзе	Число z зубьев фрезы	Угол наклона ω винтовой линии, град	Высота зуба H , мм	Шаг T винтовой линии	Задний угол α_r в торцевой плоскости, град	Передний угол γ_v	Окружной $t_{\text{окр}}$, осевой $t_{\text{ос}}$ нормальный t_n шаги фрезы, мм	Примечание

9. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен содержать эскизы основных типов фрез (по выбору преподавателя) с проставленными размерами и заполненную таблицу 1.

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные типы фрез и область их применения.
2. Каким образом осуществляется выбор основных конструктивных элементов острозаточенных и затылованных фрез?
3. Назовите формы зубьев острозаточенных фрез.
4. Каким образом осуществляется выбор основных геометрических параметров острозаточенных и затылованных фрез?

Работа №3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов, а также геометрических параметров круглых протяжек.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Протяжки – это многолезвийные высокопроизводительные режущие инструменты. Они нашли широкое применение в серийном и массовом производствах.

Достоинства протяжек:

- высокая производительность, обуславливаемая тем, что припуск снимается одновременно несколькими зубьями. В целом производительность при протягивании в 3–12 раз выше, чем при других видах обработки;
- высокая точность и низкая шероховатость обработанных поверхностей благодаря наличию черновых, чистовых, калибрующих, а в некоторых конструкциях протяжек еще и выглаживающих зубьев. Протягивание может заменить фрезерование, строгание, зенкерование, развертывание, а иногда и шлифование;
- высокая стойкость инструмента, исчисляемая несколькими тысячами деталей. Это достигается благодаря оптимальным условиям резания и большим запасам на переточку;
- простота конструкции станков, которые не имеют коробок подач, а главное движение осуществляется чаще всего с помощью силовых гидроцилиндров.

По назначению протяжки подразделяются на две группы: для обработки внутренних поверхностей (отверстий) и для обработки наружных поверхностей.

1. Протяжки для обработки внутренних поверхностей бывают:

- круглые – для обработки круглых отверстий;
- шлицевые – для обработки шлицевых отверстий с любым типом шлицев;

- шпоночные – для обработки шпоночных пазов и пазов вообще;
- гранные – для многогранных отверстий;
- протяжки для обработки винтовых канавок.

Протяжки состоят из следующих основных частей (рис. 1): 1 – хвостовика, 2 – шейки, 3 – передней направляющей, 4 – режущей части, 5 – калибрующей части, 6 – задней направляющей, 7 – заднего хвостовика.

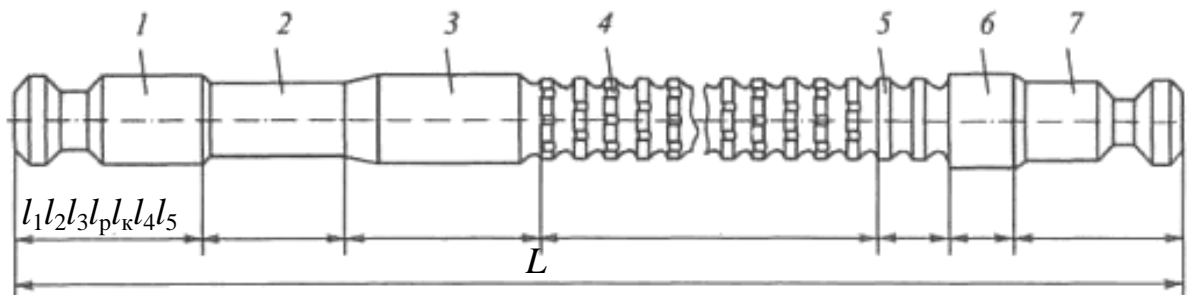


Рис. 1. Конструкция протяжки

Хвостовик служит для присоединения протяжки к патрону станка. Основные типы и размеры хвостовиков стандартизованы (ГОСТ 4044-70). При этом диаметр хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия под протягивание на 1...2 мм.

Шейка и следующий за ней переходный конус выполняют вспомогательную роль. Их длина должна обеспечивать возможность присоединения протяжки к патрону перед началом протягивания. Переходный конус обеспечивает свободное вхождение передней направляющей в протягиваемое отверстие. Диаметр шейки изготавливают меньше диаметра хвостовика на 0,3...1,0 мм.

Передняя направляющая часть служит для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки перед протягиванием, чтобы исключить появление перекоса заготовки, который может привести к поломке протяжки или порче обработанной поверхности. Форма передней направляющей должна соответствовать форме отверстия в заготовке.

Задняя направляющая часть выполняет ту же роль, что и передняя, предохраняя протяжку от перекоса при выходе ее калибрующей части из обработанного отверстия. По длине она не-

сколько меньше длины передней направляющей, а ее форма должна быть такой же, как у протянутого отверстия.

Для возврата протяжки в исходное положение после протягивания, особенно при больших длине и диаметре протяжки, после задней направляющей иногда предусматривается задний хвостовик, закрепляемый в патроне каретки станка и по форме подобный переднему хвостовику. Наличие заднего хвостовика также предохраняет протяжку от провисания и перекоса в отверстии и позволяет избежать искажения формы и размеров обработанного отверстия.

Режущая (рабочая) часть протяжки служит для удаления припуска и формирования поверхности протянутого отверстия. Она содержит черновые и чистовые, а при групповой схеме резания еще и переходные зубья, располагаемые на ступенчато-конической поверхности. Длина режущей части равна произведению числа зубьев на их шаг, который, в свою очередь, зависит от требований к точности протягиваемого отверстия, шероховатости его поверхности и величины снимаемого припуска. Диаметры зубьев рассчитывают исходя из принятой схемы резания.

Калибрующая часть содержит 4...10 зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего чистового зуба, и служит для калибровки отверстия, уменьшения разброса его размеров, а также является запасом на переточку: по мере износа чистовых зубьев калибрующие зубья заточкой могут быть переведены в чистовые, тем самым увеличивая общий срок службы протяжки.

Калибрующие зубья припуск не срезают, а удаляют микронеровности поверхности, остающиеся после прохода чистовых зубьев, и обеспечивают центрирование протяжки в отверстии.

Конструкция режущей части протяжки определяется принятой схемой резания, под которой понимают порядок последовательного срезания припуска.

Известны следующие схемы резания при протягивании (рис. 2): *а* – дианарная; *б* – групповая; *в* – профильная; *г* – генераторная; *д* – комбинированная.

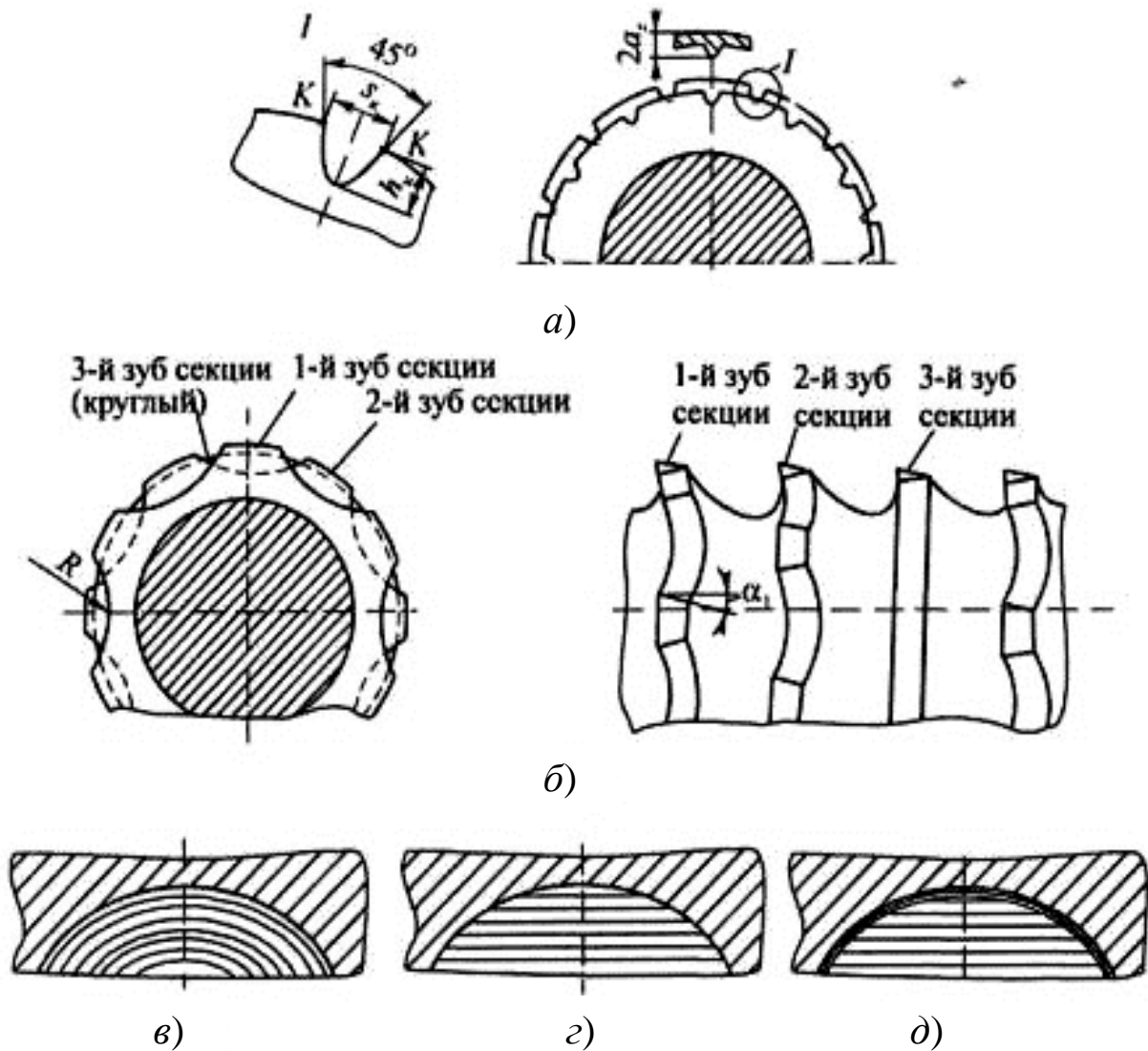


Рис. 2. Схемы резания, применяемые при протягивании

Одинарная схема резания характерна тем, что каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину $2 S_z$, где S_z – подъем или подача на зуб.

Так как кольцевая стружка недопустима, из-за трудности удаления из стружечных канавок, то для ее деления на режущих кромках делают стружкоделительные канавки V-образной формы (рис. 2, а), которые располагают в шахматном порядке при переходе от одного зуба к другому. Стружкоделительные канавки прорезают шлифовальным кругом при небольшом ($2...3^\circ$) поднятии заднего центра протяжки для создания заднего угла по дну

канавки. При этом ослабляются режущие кромки зубьев в точках «К» пересечения канавок с задней поверхностью. Это приводит к более интенсивному износу зубьев на этих участках и, соответственно, к снижению стойкости протяжки.

Схема группового резания (рис. 2, б) отличается от вышеописанной тем, что все режущие зубья делятся на группы или секции, состоящие из 2...5 зубьев, в пределах которых зубья имеют одинаковый диаметр. Припуск по толщине делится между группами зубьев, а по ширине – между зубьями группы, благодаря широким выкружкам, выполненным в шахматном порядке. Каждый зуб снимает отдельные части припуска участками режущей кромки, где нет выкружек. При этом благодаря большой ширине выкружек снимаемая стружка не имеет ребер жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями, даже при увеличении толщины среза.

При профильной схеме (рис. 2, в) контур всех режущих кромок подобен профилю протягиваемого отверстия. При этом в окончательном формировании обработанной поверхности принимают участие только последние зубья, а остальные служат для удаления припуска. При сложной форме отверстий использование такой схемы нецелесообразно, так как усложняет изготовление протяжки. Профильная схема в основном применяется при формировании простых по форме поверхностей, например, круглых или плоских.

При использовании генераторной схемы (рис. 2, г) форма режущих кромок не совпадает с формой обработанной поверхности, которая формируется последовательно всеми зубьями. В этом случае упрощается изготовление протяжки путем шлифования напроход всех зубьев абразивным кругом одного профиля. Однако при этом на обработанной поверхности возможно появление рисков (ступенек) вследствие погрешностей заточки зубьев, что ухудшает качество обработанной поверхности.

При высоких требованиях к шероховатости обработанной поверхности рекомендуется использовать комбинированную схему (рис. 2, д), при которой два-три последних режущих и калибрующие зубья работают по профильной, а остальные – по генераторной схеме.

Форма, размеры, геометрические параметры зубьев и стружечных канавок, проверочные расчеты при проектировании круглых протяжек, а также работоспособность протяжки во многом зависят от выбранной формы зубьев и размеров стружечных канавок. Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможно большее количество переточек;
- иметь определенный запас прочности и тем самым противостоять действующим на него силам;
- иметь геометрию, при которой обеспечивается наибольшая стойкость протяжки;
- форма и размеры стружечной канавки должны обеспечивать завивание стружки в плотный виток, а объем канавки должен быть достаточным для свободного размещения стружки, срезаемой за время контакта зуба с заготовкой.

Увеличение размеров зубьев и стружечных канавок ограничивается допустимыми значениями длины протяжки и ее прочностью.

Для протягивания характерно только наличие главного движения, которое совершает инструмент или заготовка.

Процесс протягивания осуществляется на специальных горизонтальных или вертикальных протяжных станках.

На рис. 3 показана схема протягивания.

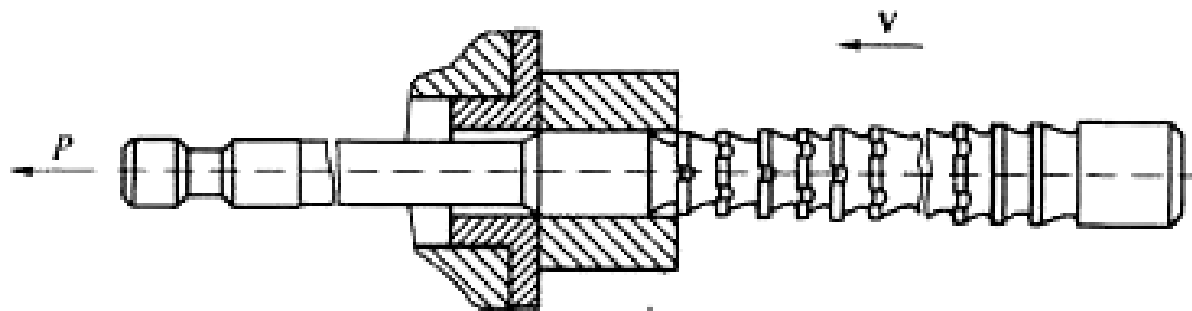


Рис. 3. Схема протягивания

Каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину S_z , где S_z – подъем или подача на зуб.

На рис. 4 представлена геометрия режущих зубьев круглой протяжки.

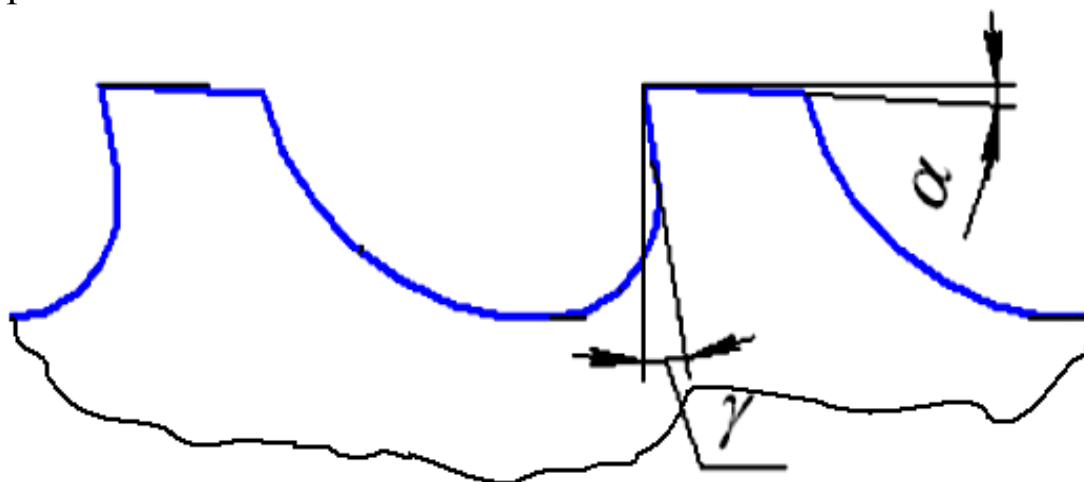


Рис. 4. Геометрия режущих зубьев круглой протяжки

Передний угол γ выбирается по рекомендациям в зависимости от обрабатываемого материала. Так, для сталей разных групп обрабатываемости $\gamma = 10...20^\circ$, для чугунов разной твердости $\gamma = 4...10^\circ$, для алюминия и меди $\gamma = 12...15^\circ$.

Учитывая, что зубья внутренних протяжек перетачиваются только по передней поверхности и при переточке их диаметр уменьшается, на черновых зубьях задний угол $\alpha = 3^\circ$, на чистовых $\alpha = 2^\circ$, а на калибрующих $\alpha = 0...1^\circ$. Эти значения задних углов значительно меньше оптимальных, в результате чего снижается стойкость инструмента. Однако увеличивать их нельзя, так как это привело бы к быстрой потере размера протяжки при переточках.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить и измерить конструктивные элементы протяжки (см. рис. 1), результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

Конструктивные размеры элементов протяжки, мм

D_k	l_1	l_2	l_3	l_p	l_k	l_4	l_5	L

2. Измерить задний и передний углы режущих зубьев круглой протяжки и внести в таблицу 2.

Таблица 2

Геометрические параметры круглой протяжки, град

γ	α

3. Сделать эскиз протяжки.

4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Комплект круглых протяжек;
2. Штангенциркуль (микрометр);
3. Универсальный угломер

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды протяжек.
2. Какие существуют схемы резания при протягивании?
3. Перечислите основные части протяжки.
4. Перечислите преимущества операции протягивания?
5. Чем протяжки отличаются от прошивок?

Работа №4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – практическое изучение основных конструктивных параметров зенкеров. В задачи работы входят изучение методов и средств формирования и контроля винтовых задних поверхностей зенкеров и исследование их геометрических параметров.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зенкерование – это операция по обработке готовых отверстий после сверления, литья, штамповки и других способов формообразования отверстия. Зенкеры применяют для обработки отверстий с допусками Н11, Н12. В зависимости от назначения и условий обработки зенкеры имеют различные конструкции

Осуществляется операция зенкерования с помощью инструментов, которые в зависимости от конструктивных особенностей и назначения имеют следующие названия:

- зенкеры машинные цельные с метрическим конусом либо конусом Морзе;
- зенкеры насадные с напаянными пластинами из твердого сплава либо с их механическим креплением;
- зенковки (конические и цилиндрические) для формирования фасок и «потайных» углублений для винтов и шурупов;
- зенкеры для цилиндрических углублений (цековка).

На рис. 1 показан хвостовой зенкер из быстрорежущей стали, имеющий винтовые передние и задние поверхности. Главный угол в плане у зенкера $\varphi = 60^\circ$. Для повышения стойкости при обработке стали зенкер часто снабжают переходной кромкой, расположенной под углом 30° . Передний и задний углы зенкера задают в точке, наиболее удаленной от оси зенкера. Передний угол для обработки стали и чугуна $\gamma = 6...12^\circ$, для обработки цветных металлов и сплавов $\gamma = 20...30^\circ$. Задний угол зенкера $\alpha = 6...10^\circ$. Твердосплавные зенкеры имеют обычно двухплоскостную форму задней поверхности.

Характер изнашивания зенкеров зависит от обрабатываемого материала. При обработке деталей из чугуна для зенкеров из инструментальной стали лимитирующим является износ μ_y по уголкам. При обработке деталей из стали лимитирующим износом является износ по ленточке μ_l (рис. 2).

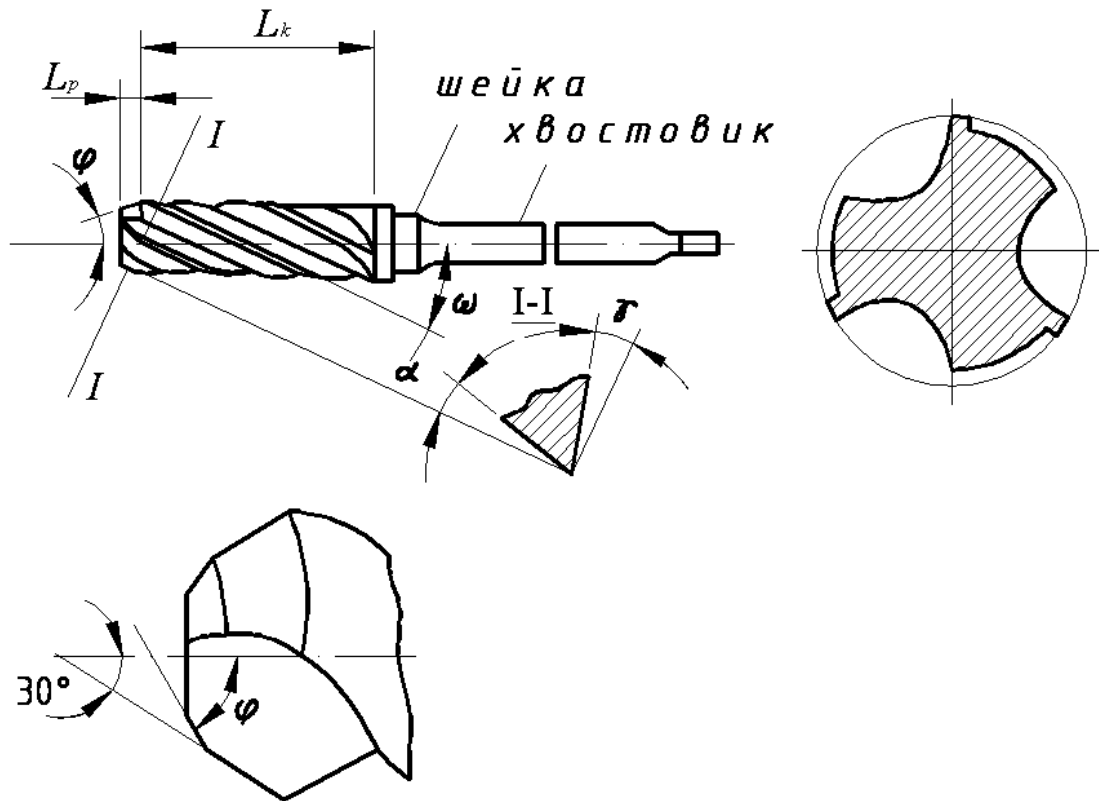


Рис. 1. Зенкер с коническим хвостовиком

Средние величины износа зенкеров при обработке стали $\mu_l = 1,0 \dots 1,2$ мм, а при обработке чугуна $\mu_y = 0,8 \dots 1,5$ мм.

Твердосплавные зенкеры изнашиваются главным образом по задней поверхности и уголкам. Допустимые величины износа по задней поверхности для зенкеров диаметром до 20 мм $\mu_z = 1,0$ мм; св. 20 до 40 мм $\mu_y = 1,2$ мм; св. 40 до 60 мм $\mu_z = 1,4$ мм; св. 60 $\mu_z = 1,6$ мм.

Для восстановления режущей способности зенкеры необходимо затачивать по задней поверхности перьев (зубьев). При затачивании снимается весь затупленный участок и для полной гарантии качества заточки — дополнительный слой толщиной 0,2 мм.

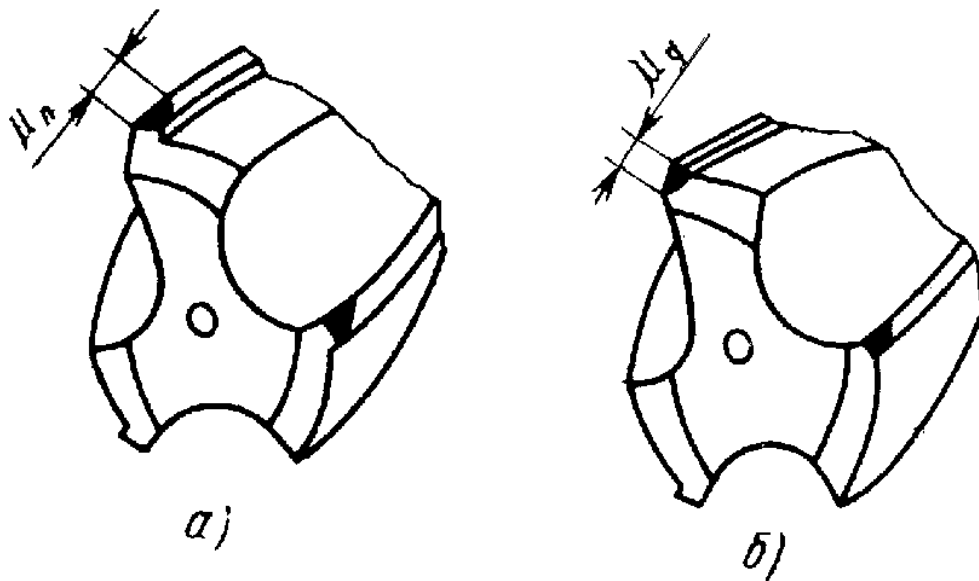


Рис. 2. Характер лимитирующего износа зенкеров:
а) при обработке стали; б) при обработке чугуна

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задания у преподавателя.
2. Измерить основные и геометрические параметры.
3. Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений конструктивных
и геометрических параметров зенкера

№	D_0	D	L_p	L_k	L	$L_{ш}$	L_x	L_{pk}	a	ω	γ	α

4. Сделать эскиз зенкера

4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Набор зенкеров.
2. Штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка, транспортир
3. Копировальная бумага

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать тип зенкера, описание его назначения, результаты измерений и эскиз зенкера.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены зенкеры?
2. Чем определяется характер изнашивания зенкера?
3. Как определяется шаг винтовой поверхности кулачка?
4. Чему равна величина допустимого стачивания хвостовых зенкеров?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубарев, Ю. М. Режущий инструмент : учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков ; под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-9510-8. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 30.04.2025)

2. Режущие инструменты : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 388 с. – ISBN 9785941781928.

3. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, И. А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-1632-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 30.04.2025).