

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»

Е.В. Бурмистров, А.Н. Волков, В.И. Лепилин

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРОЦЕССАМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2006

УДК 621.9: (075)
ББК 34.638
Л 125



**Инновационная образовательная программа
«Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий»**

*Е.В. Бурмистров, А.Н. Волков, В.И. Лепилин, И.Г. Попов,
М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов, В.Н. Трусов*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н. В. Н о с о в
д-р техн. наук, проф. Н.Д. П р о н и ч е в

Л 125 **Лабораторный практикум по процессам механической обра-
ботки:** учеб. пособие / [Е.В. Бурмистров и др.].- Самара: Изд-во Самар.
гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 163 с.

ISBN 5-7883-0479-2

В учебном пособии представлено описание процессов резания при точении, фрезеровании, сверлении, нарезании резьбы и шлифовании. Приведены схемы процессов, режимы обработки, дано описание оборудования и инструментов, применяемых для указанных процессов.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 140501, 160301, 160302, 200022 в качестве начального курса по технологической подготовке. Разработано на кафедре «Механическая обработка материалов».

ISBN 5-7883-0479-2

© Е.В. Бурмистров, А.Н. Волков,
В.И. Лепилин, И.Г. Попов,
М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов,
В.Н. Трусов, 2006

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ	5
1. Назначение и основные виды точения. Типы токарных резцов.....	5
2. Конструкция и геометрия токарного резца	8
3. Оборудование для процесса точения	16
4. Схема процесса точения	20
5. Регулирование шероховатости при точении	25
6. Производительность процесса резания при точении	27
7. Режимы резания при точении	28
8. Порядок выполнения работы	29
9. Контрольные вопросы.....	30
10. Содержание отчёта.....	30
Библиографический список.....	31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ.....	36
1. Виды резьб. Их назначение, профиль и основные элементы.	36
2. Нарезание резьбы плашками и метчиками	40
2.1 Нарезание наружной резьбы плашками	40
2.2 Нарезание внутренней резьбы метчиками	44
3. Нарезание резьбы резцами	53
3.1 Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.	53
3.2 Нарезание треугольных резьб	54
3.3 Нарезание многозаходных резьб.....	64
4. Измерение и контроль резьб	65
План выполнения практической части работы «Нарезание резьбы плашкой»	68
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ	74
1. Методы обработки отверстий, их кинематика и технологические характеристики	74
2. Элементы режима резания и сечения среза при сверлении, зенкерования и развертывании	77
3. Конструкция и геометрия сверл	78
4. Особенности конструкции и геометрии зенкеров и разверток	84
5. Оборудование, используемое при обработке отверстий.....	85
6. Разработка технологических операций обработки отверстий.....	87
Выполнение лабораторной работы.....	91
Контрольные вопросы.....	94
Библиографический список.....	95

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....101

Введение.....	101
Порядок выполнения работы	101
1. Классификация фрез	102
2. Схемы обработки деталей фрезерованием	105
3. Фрезерные станки	107
4. Параметры режима резания при фрезеровании	110
5. Установка фрез и заготовок на станке	115
6. Влияние режимов фрезерования на производительность и качество обработки	120
Контрольные вопросы	120
Библиографический список	121
Пример расчета режима резания при фрезеровании	126

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ И ВИДЫ ШЛИФОВАНИЯ.....129

1. Общие свойства абразивных инструментов.....	129
1.1 Схема работы абразивного зерна.....	129
1.2 Абразивные материалы.....	133
1.3. Зернистость абразивных материалов.	137
1.4 Связки	138
1.5 Твердость абразивных инструментов.	140
1.6 Структура абразивного инструмента.	141
2 Основные схемы процесса шлифования	144
3. Подготовка шлифовальных кругов к работе.....	148
4. Рекомендации по назначению режимов резания	154
Оборудование для шлифования	156
Порядок выполнения работы	158
Контрольные вопросы	158
Библиографический список	159

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ

Цель работы: ознакомление со схемами резания, применяемыми для процесса точения, режущим инструментом (токарные резцы) и оборудованием (станки токарной группы)

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТОЧЕНИЯ. ТИПЫ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Точение – широко распространенный метод обработки резанием тел вращения. Применяется для удаления наружных, внутренних и торцовых поверхностных слоев заготовок (цилиндрических, конических и фасонных). Рассматривают следующие виды точения:

черновое точение («обдирка») – удаление дефектных слоев заготовок, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовок. Срезается поверхностная «корка» и основная часть (~70%) припуска на обработку;

получистовое точение – снятие 20...25% припуска, позволяет получать точность 10...11-го квалитетов и шероховатость 40...20 Rz. Заготовка получает форму, близкую к форме детали;

чистовое точение – обеспечивает получение точность 7...9-го квалитетов и шероховатости 20...125 Rz. Деталь получает окончательную форму и размеры;

тонкое точение – позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхностях детали точность 5...7-го квалитетов шероховатость 0,65...0,32 Rz.

В качестве режущего инструмента при точении применяют токарные резцы. Резцы подразделяются:

- по назначению;
- направлению движения
- форме режущей части
- по конструкции

По назначению (рис. 1) резцы делятся на:

- на проходные 6,8;
- проходные упорные 4;
- подрезные 1;
- отрезные и прорезные 5 ;
- расточные 10 , 9 ;
- фасонные 2 ;
- резьбовые 7 ;
- резцы для чистовой обработки 3.

По направлению движения: правые 6 и левые , радиальные и тангенциальные.

По форме головки (режущей части): прямые 6, 3, отогнутые 1, 4 , 8, 9, 10, оттянутые 5, 7 и изогнутые.

Цельные резцы изготавливаются из быстрорежущей стали (реже из легированных сталей), сборные оснащаются пластинками из быстрорежущих сталей, твёрдых сплавов, минералокерамики, а также из СТВ (поликристаллические синтетическое алмазы или нитриды бора). Типы конструкции резцов выбираются с учётом комплекса технологических и экономических показателей(характера операции, свойств материала, геометрических параметров инструмента , особенностей заточки и др.)

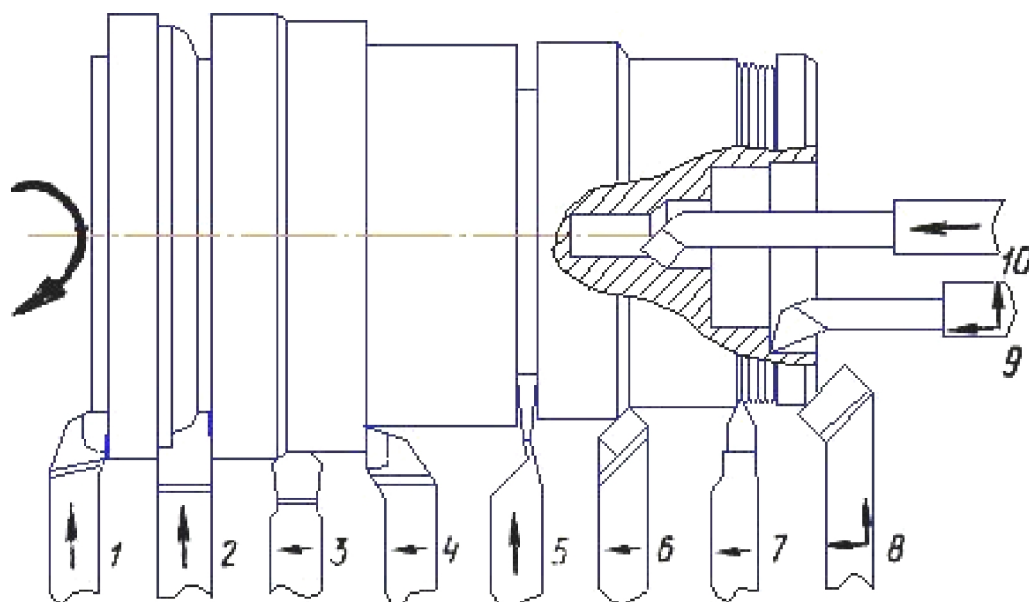
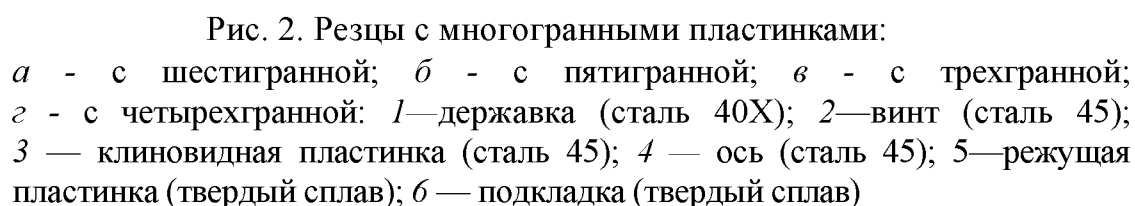
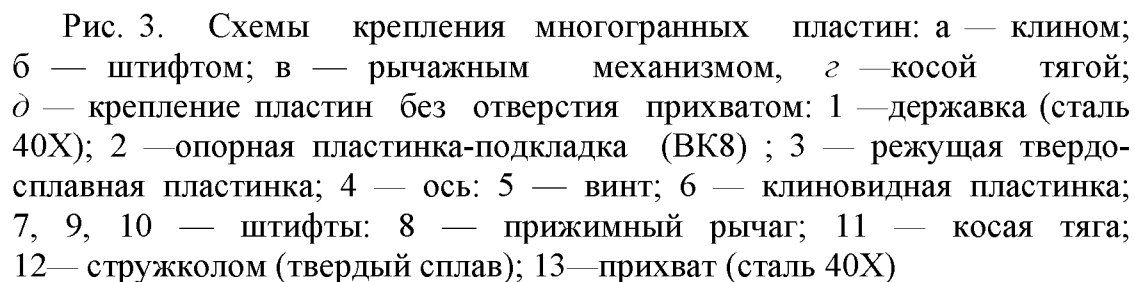


Рис.1 Основные типы токарных резцов

Современные конструкции токарных резцов должны обладать хорошей работоспособностью, надёжностью и другими эксплуатационными характеристиками, повышающими производительность и экономичность обработки. В большинстве случаев резцы являются сборными или различаются по способам крепления режущих пластинок или конструктивным оформлением режущей части. Резцы с напайными, приваренными или приклеенными пластинами просты в изготовлении. Эти резцы, несмотря на значительную жесткость, имеют ряд недостатков: в пластинах возникают остаточные напряжения и микротрещины, трудно осуществить замену изношенных пластинок на новые, большой расход инструментальных материалов и др.



a - с шестигранной; *б* - с пятигранной; *в* - с трехгранной; *г* - с четырехгранной; 1—державка (сталь 40Х); 2—винт (сталь 45); 3 — клиновидная пластинка (сталь 45); 4 — ось (сталь 45); 5—режущая пластинка (твердый сплав); 6 — подкладка (твердый сплав)



В нашей стране и за рубежом широко применяется механическое крепление пластин к державке резцов. Имеется несколько стандартов на твердосплавные резцы с механическим креплением пластин. В последнее время, в особенности при работе на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), применяются резцы (рис.2) с многогранными неперетачиваемыми пластинками. Эти пластины различаются по степени точности и конструктивным особенностям: с центральным отверстием (рис.3, а, б, в, г), с канавками, без отверстия (рис.3д) по размерам конструктивных элементов (длина режущей кромки, толщина пластинки, радиусы закругления вершин углов многогранников и др.). Технолог, пользуясь стандартами и справочниками, сможет подобрать необходимый вариант пластин для конкретных типов резцов и условий их работы.

2. КОНСТРУКЦИЯ И ГЕОМЕТРИЯ ТОКАРНОГО РЕЗЦА

Процесс точения осуществляется токарными резцами на различных токарных станках. Заготовка крепится в шпинделе станка и вращается (главное движение), а резец, закреплённый в резцедержателе суппорта, совершает продольное или поперечное поступательные движения подачи.

Рассмотрим конструкцию и геометрию на примере правого проходного резца. В общем случае резец состоит из двух частей (рис 4): державки (высотой H , шириной B), за которую он укрепляется в резцедержателе станка и головки, на которой крепится режущая пластина.

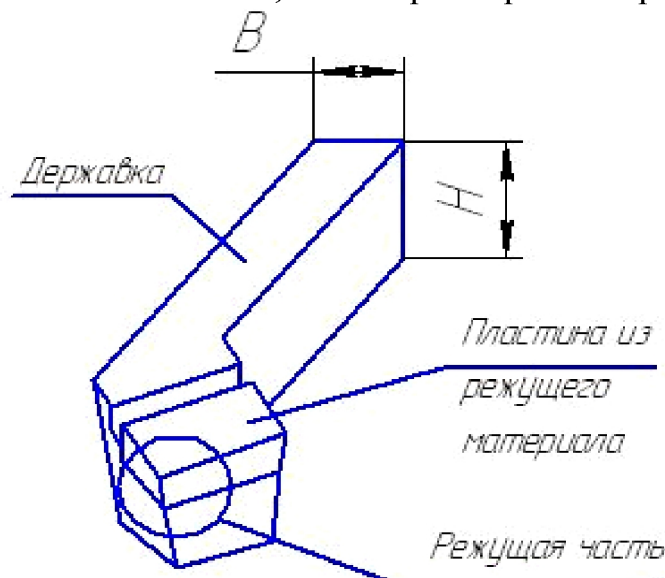


Рис.4. Токарный проходной резец с отогнутой головкой

Поверхности режущей части головки резца определяются в зависимости от их расположения к обрабатываемой заготовке (рис.5), на

которой различают поверхность резания, обрабатываемую и обработанную поверхности.

Поверхность резания R – это поверхность, образуемая главной режущей кромкой лезвия резца в суммарном движении режущего инструмента относительно заготовки, включающем главное движение резания D_r и движение подачи D_s .

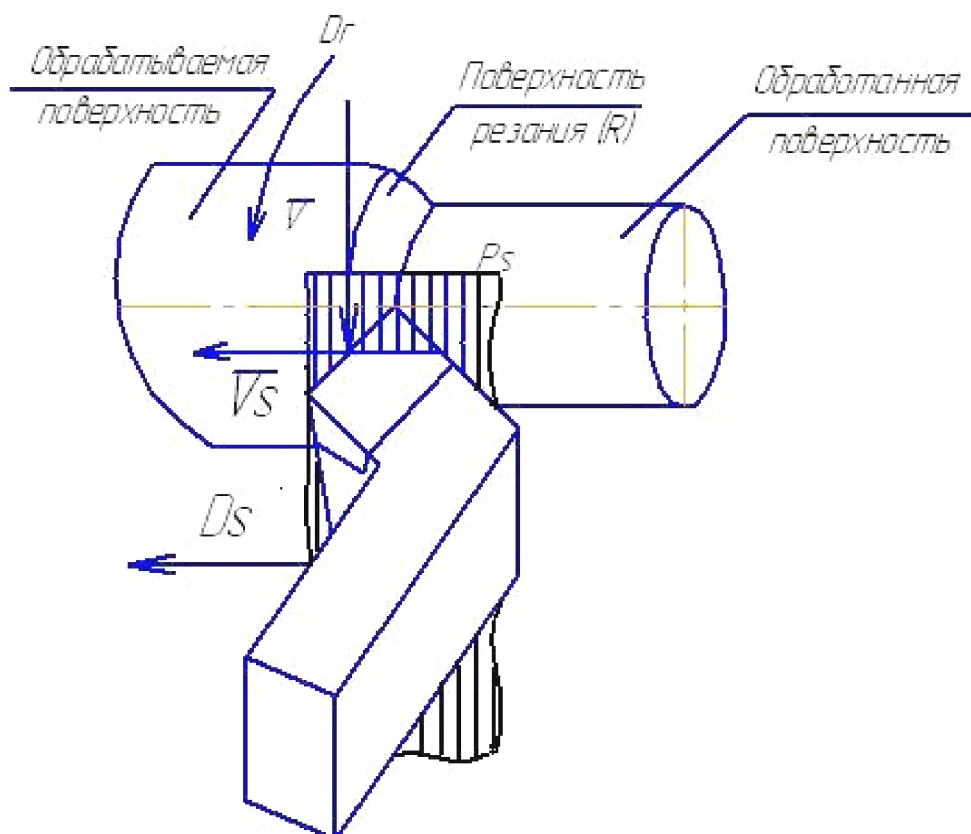


Рис.5. Поверхности заготовки при токарной обработке проходным резцом

Если через вектор скорости главного движения резания V и вектор скорости движения подачи V_s провести плоскость, то это будет рабочая плоскость P_s .

Головка резца состоит из передней (A_γ) и задних (A_α ; $A_{\alpha 1}$) поверхностей (рис.6). В результате пересечения этих трёх поверхностей образуется лезвие инструмента.

Передняя поверхность A_γ – это поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания со срезанным слоем и стружкой (на рис. 6 – заштрихованный участок).

Главная задняя поверхность A_α – это поверхность лезвия, контактирующая с поверхностью резания на заготовке и направленная в сторону движения подачи (рис. 5 и 6).

Вспомогательная задняя поверхность $A_{\alpha 1}$ – поверхность лезвия, направленная в сторону обработанной поверхности на заготовке (рис. 5 и 6).

Главная режущая кромка K – кромка, образующаяся в результате пересечения передней и главной задней поверхностей лезвия.

Вспомогательная режущая кромка K' – кромка, образующаяся в результате пересечения передней и вспомогательной задней поверхности лезвия.

Вершина резца – это точка сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок.

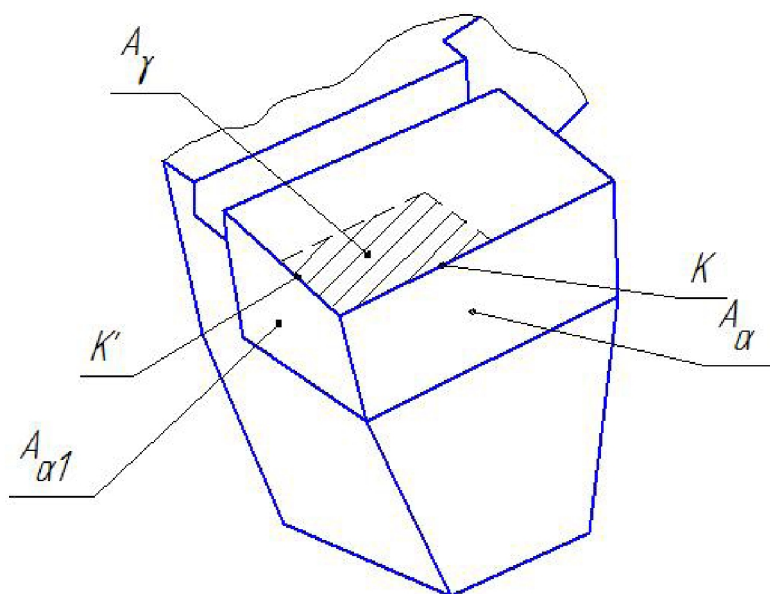


Рис.6. Лезвие токарного резца

Геометрия резца, т.е. взаимное расположение поверхностей его режущей части, может рассматриваться в статической, кинематической или инструментальной системах координат.

Для определения углов резца как геометрического тела принимают следующие координатные плоскости (рис.7):

Основная плоскость P_v – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного движения резания в этой точке, или плоскость, параллельная установочной базе резца (его основанию).

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

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

В случае необходимости для определения углов взаимного расположения передней и вспомогательной задней поверхностей используется *вспомогательная секущая плоскость* $P_{\tau 1}$, проходящая перпендикулярно проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

В некоторых случаях используется *нормальная секущая плоскость* P_H - плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке.

Геометрию режущей части резца рассматривают в главной (P_τ) и вспомогательной ($P_{\tau 1}$) секущих плоскостях.

Рассмотрим геометрию режущей части на примере токарного проходного резца (рис.8.).

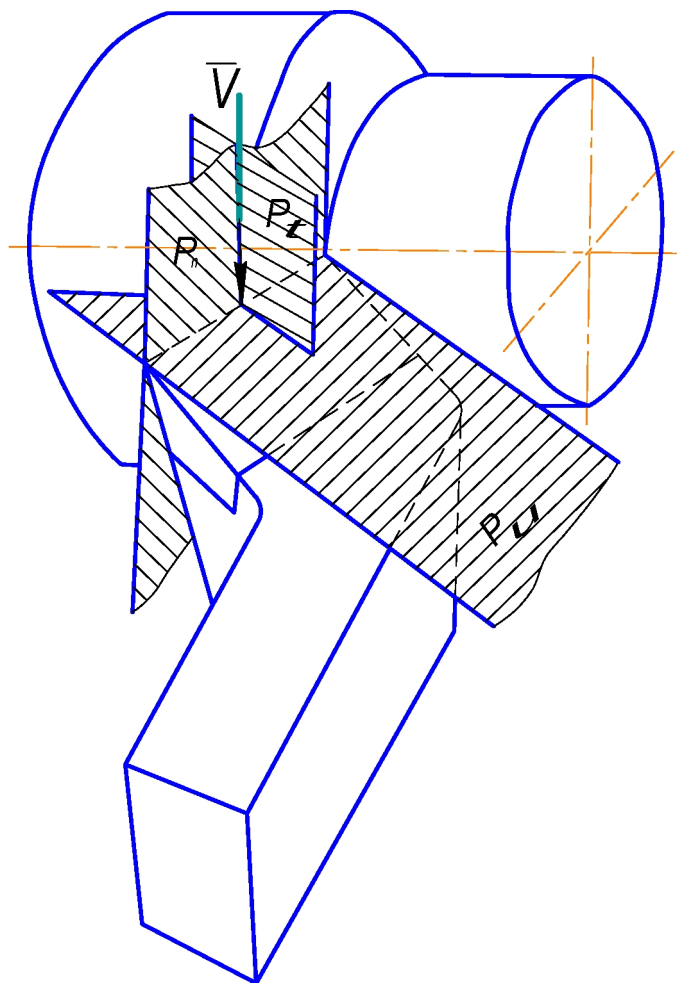


Рис.7 Статическая система координат

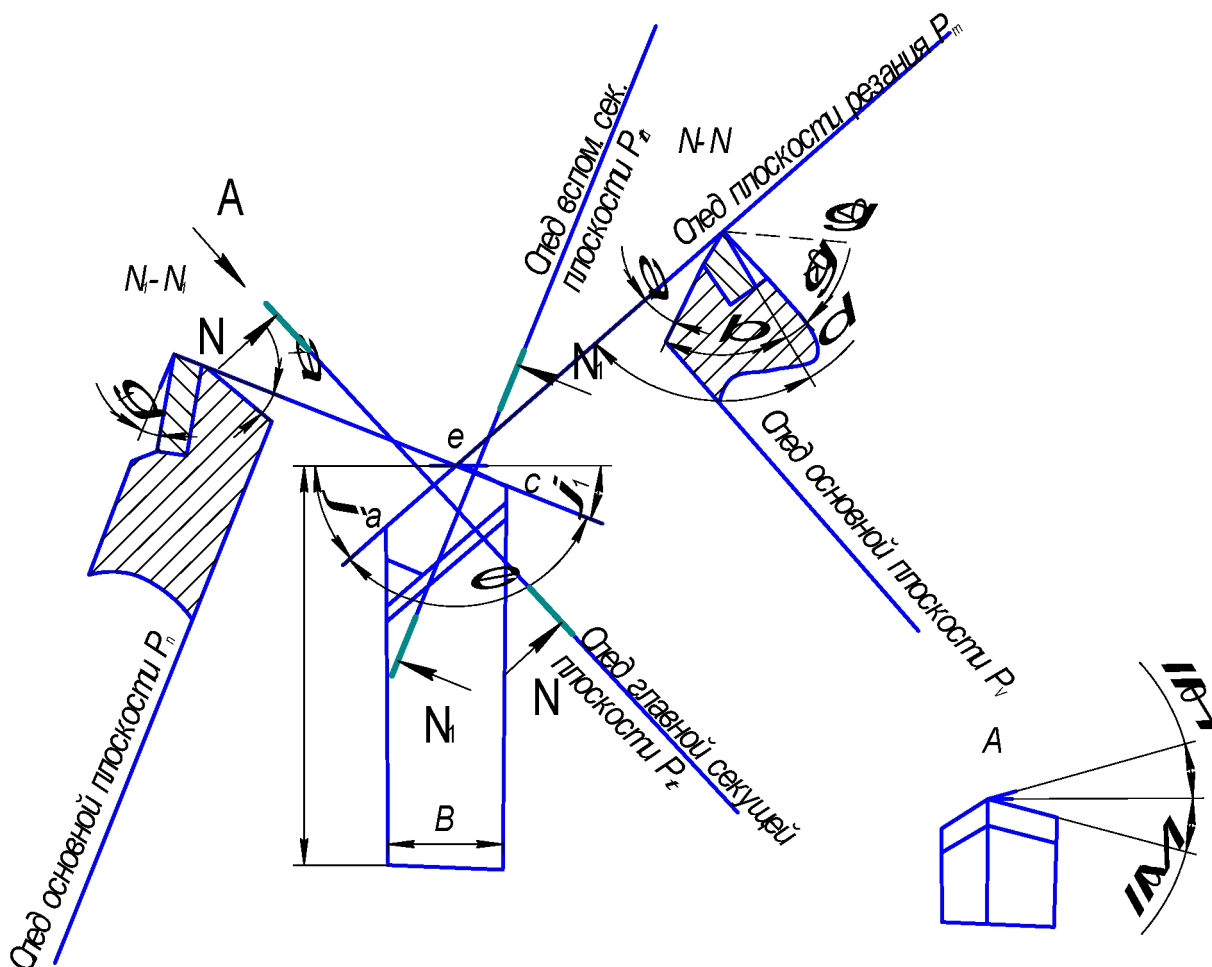


Рис.8. Геометрия токарного проходного резца

Углы в главной секущей плоскости

Главный передний угол γ - угол в главной секущей плоскости между плоскостью, проходящей касательно к передней поверхности лезвия в рассматриваемой точке главной режущей кромки и основной плоскостью.

Главный задний угол α - угол в главной секущей плоскости между плоскостью, касательной к главной задней поверхности лезвия в рассматриваемой точке главной режущей кромки и плоскостью резания.

Угол заострения β - это угол в главной секущей плоскости между плоскостью, касательной к передней поверхности лезвия в рассматриваемой точке главной режущей кромки, и плоскостью, касательной к главной задней поверхности лезвия в той же точке главной режущей кромки.

Угол резания δ - это угол в главной секущей плоскости между плоскостью, касательной к передней поверхности лезвия в рассматриваемой точке главной режущей кромки, и плоскостью резания.

Рассмотренные углы связаны следующими соотношениями:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \quad (1)$$

$$\delta + \gamma = 90^\circ \quad (2)$$

Из соотношения (2) определяется знак переднего угла: если $\delta < 90^\circ$, γ положителен; если $\delta > 90^\circ$, γ отрицателен и если $\delta = 90^\circ$, $\gamma = 0^\circ$.

Углы во вспомогательной секущей плоскости

Вспомогательный передний угол γ_1 – это угол во вспомогательной секущей плоскости между плоскостью, касательной к передней поверхности лезвия в рассматриваемой точке вспомогательной режущей кромки, и основной плоскостью. Его знак определяется аналогично знаку главного переднего угла γ . Вспомогательный передний угол γ_1 чаще всего не задается, так как получается в результате заточки других углов.

Вспомогательный задний угол α_1 – это угол во вспомогательной секущей плоскости между плоскостью, касательной к вспомогательной задней поверхности в рассматриваемой точке вспомогательной и режущей кромки, и плоскостью, касательной к этой кромке в той же точке, проходящей перпендикулярно к основной плоскости.

Вспомогательный задний угол обычно выбирается равным главному заднему, т.е. $\alpha = \alpha_1$, за исключением инструментов с низкой прочностью (тогда его значение изменяется в пределах $\alpha_1 = 0,5^\circ \dots 2^\circ$).

Углы в плане

Главный угол в плане ϕ – это угол в основной плоскости между рабочей плоскостью и плоскостью резания.

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 – это угол в основной плоскости между рабочей плоскостью и плоскостью, касательной к вспомогательной режущей кромке в рассматриваемой точке, проходящей перпендикулярно к основной плоскости.

Угол при вершине резца ϵ – это угол в основной плоскости между плоскостью, касательной к вспомогательной режущей кромке в рассматриваемой точке.

Углы наклона режущих кромок

Угол наклона главной режущей кромки λ – это угол в плоскости резания между основной плоскостью и линией, касательной к главной режущей кромке.

Угол наклона вспомогательной режущей кромки λ_1 – это угол в плоскости, проходящей перпендикулярно основной плоскости и касательно

к вспомогательной режущей кромке в рассматриваемой точке, между основной плоскостью и линией, касательной в той же точке.

Угол наклона рассматриваемой режущей кромки считается положительным, если вершина резца является самой нижней точкой на этой кромке, и отрицательным, если вершина резца является наивысшей точкой рассматриваемой кромки. Если режущая кромка лежит в основной плоскости, то угол λ или λ_1 будет равен нулю.

Измерение конструктивных элементов и углов токарного резца

Измерение линейных размеров производится штангенциркулем и масштабной линейкой. Измерение углов проводят различными шаблонами и несложными измерительными приборами. Наиболее просты по устройству настольный и универсальный угломеры. Настольный угломер удобно использовать при измерении главных и вспомогательных передних и задних углов, а также углов наклона режущих кромок, а универсальный угломер – для измерения углов в плане.

Настольный угломер (рис.9) состоит из плиты 1, колонки 2, по которой может передвигаться кронштейн 4 с сектором 5, закрепляемым в определенном положении стопорным винтом 3. Сектор 5 имеет градусную шкалу. На секторе укреплен поворотный угольник 6 с указателем и двумя измерительными линейками a и b , расположенными под прямым углом. При расположении указателя угольника против нуля градусной шкалы измерительная линейка a будет находиться в вертикальном положении, а измерительная линейка b – в горизонтальном положении.

При измерении переднего и главного заднего углов резец устанавливают на плите прибора так, чтобы плоскость вращения угольника совпадала с главной секущей плоскостью. Для измерения переднего угла нужно совместить измерительную линейку b с передней поверхностью резца и против указателя по шкале прибора отсчитать величину угла. Для измерения главного заднего угла измерительную линейку b совмещают с главной задней поверхностью. Аналогичным образом производится измерение вспомогательных углов, но в этом случае резец устанавливают так, чтобы плоскость вращения угольника совпадала со вспомогательной секущей плоскостью. При измерении угла наклона главной режущей кромки измерительную линейку a совмещают с главной режущей кромкой.

Универсальный угломер (рис. 10) предназначен для измерений углов от 0 до 180°. Он состоит из основания 2 с градусной шкалой, подвижной линейки 5 и неподвижной линейки 8. Нониус 1 с подвижной линейкой может поворачиваться вокруг оси 4 основания 2 и закрепляться в определенном положении стопором 3. при измерении углов, превышающих 90°, к сторонам контролируемого угла прикладываются подвижная 5 и

неподвижная 8 линейки. Прибор дает значение угла с вычетом 90° . Отсчет угла производится по градусной шкале против нуля нониуса 1.

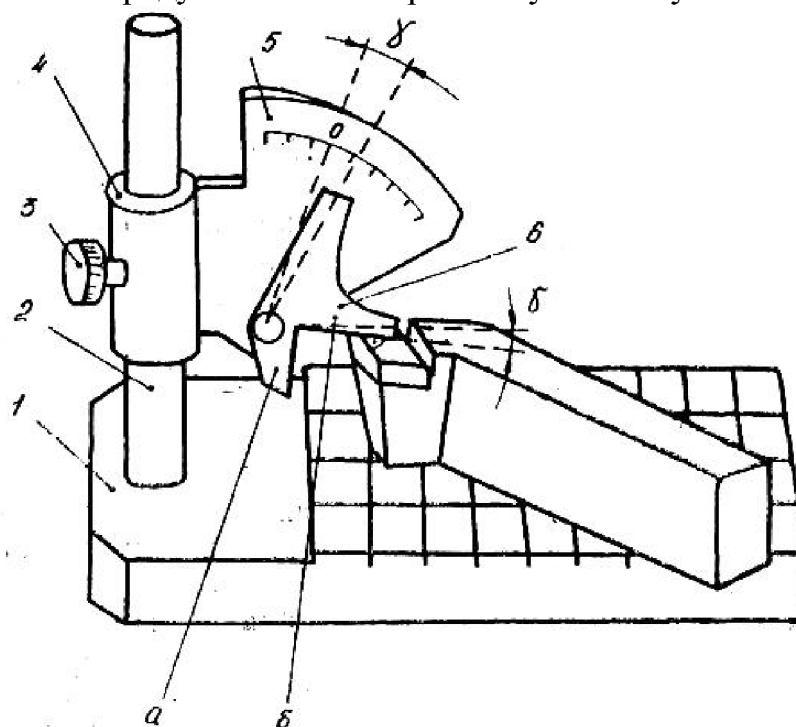


Рис.9. Измерение главного переднего угла с помощью настольного угломера

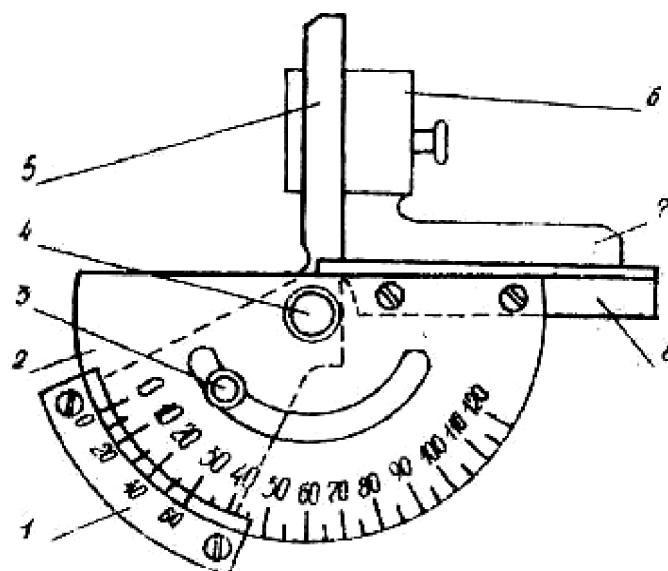


Рис.10. Универсальный угломер с нониусом

При измерении углов менее 90° на подвижную линейку 5 с помощью хомутика 6 крепится угольник 7. К сторонам контролируемого угла прикладываются неподвижная линейка 8 и линейка угольника 7. По шкале прибора против нуля нониуса отсчитывается значение угла.

При измерении главного угла в плане φ подвижная и неподвижная линейки совмещаются с боковой поверхностью державки и с главной режущей кромкой (рис. 11). Аналогично измеряется вспомогательный угол в плане φ_1 . При измерении углов в плане φ , φ_1 резцов с отогнутой головкой сначала измеряют угол φ_1 затем $-\varepsilon$. Главный угол в плане рассчитывается по формуле $\varphi = 180^\circ - (\varphi_1 + \varepsilon)$.

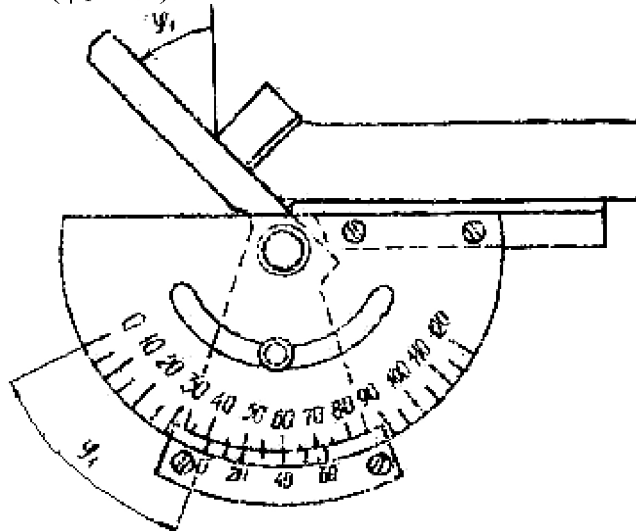


Рис.11. Измерение вспомогательного угла в плане с помощью универсального угломера с нониусом

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ

Для осуществления процесса точения используют станки токарной группы. Рассмотрим назначение и принцип работы токарно-винторезного станка модели 1К62.

Универсальный токарно-винторезный станок 1К62 предназначен для выполнения разнообразных токарных работ: обточки и расточки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, подрезки торцов, прорезки канавок и отрезки заготовок; нарезание метрических, дюймовых, модульных, питчевых резьб резцами, гребенками, метчиками и плашками; нарезания торцевых спиралей. На станке можно также производить сверление, зенкерование, развертывание и др.

Обрабатываемая заготовка 2 (рис. 12,а) закрепляется в самоцентрирующемся кулачковом патроне 1, прикрепленном к передней части шпинделя станка, и поддерживается задним центром 3, установленным в пиноли задней бабки 4.

Заготовка получает вращательное (главное) движение с заданной скоростью резания v , м/с. Заготовка также может закрепляться в центрах (рис. 12,б) и вращаться с помощью поводкового патрона 6 и хомутика 7. По скорости v и диаметру d , мм, определяется частота вращения шпинделя, мин^{-1} :

$$n = (1000v/\pi d)60.$$

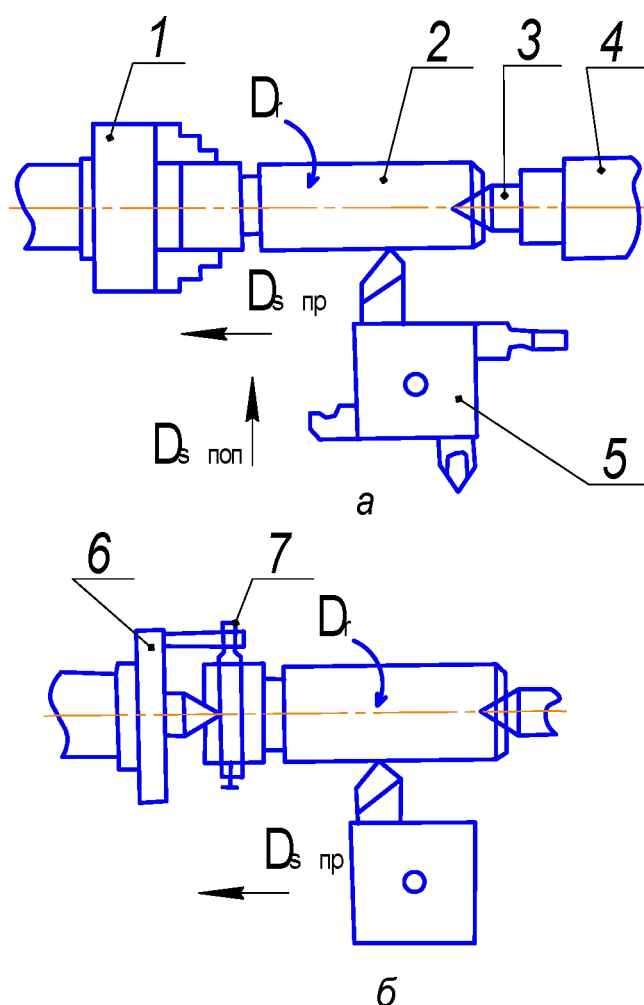


Рис. 12. Схема токарной обработки и рабочие движения при закреплении заготовки в патроне (а) и в центрах (б)

Резцы устанавливаются во втором рабочем органе — поворотном резцедержателе суппорта 5 и перемещаются поступательно в продольном или поперечном направлении, совершая движения подачи $D_{S \text{ пр}}$ или $D_{S \text{ поп}}$, скорость которых задается в миллиметрах на один оборот шпинделя (мм^{-1}).

Техническая характеристика станка

Высота центров, мм	215
Наибольший диаметр обточки над станиной / суппортом, мм	400/200
Расстояние между центрами, мм	1400
Пределы частот оборотов шпинделя, мин^{-1}	12,5-2000
Число ступеней частот	23
Мощность головного электродвигателя, кВт	10

Основные части станка

Основные части и органы управления станка показаны на рис.13. Наиболее ответственной частью станка является литая чугунная двухтумбовая станина А с поперечными ребрами жесткости и весьма точно обработанными призматическими направляющими. На станине размещаются все узлы станка и рабочие органы. Поэтому от жесткости и виброустойчивости станины, сохранения ее формы в процессе эксплуатации зависит точность и производительность обработки на станке.

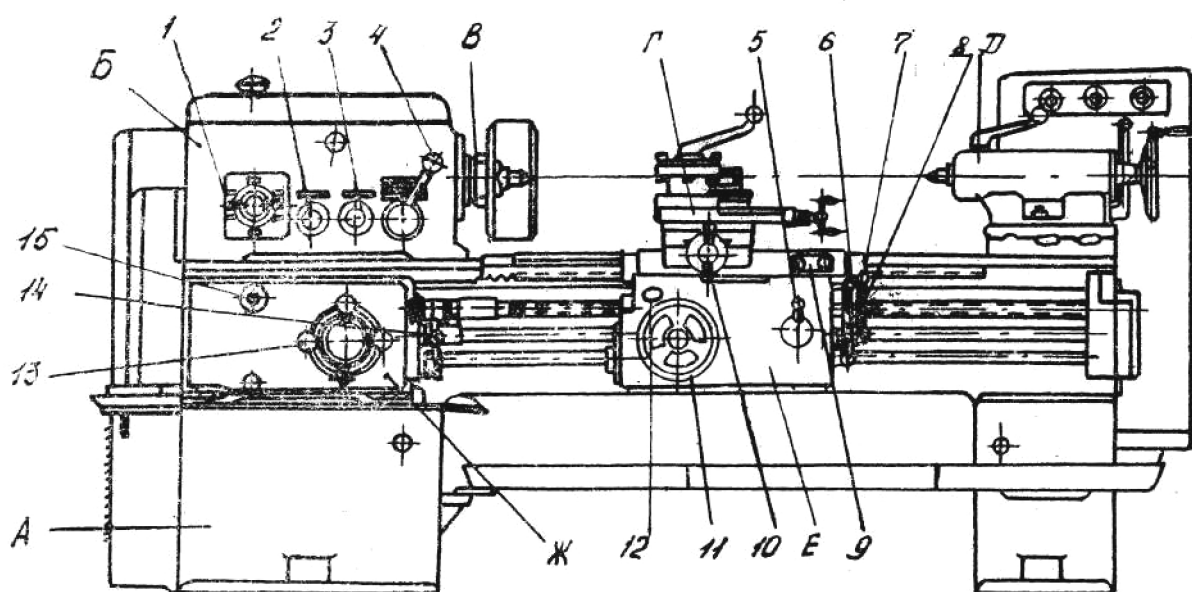


Рис.13. Общий вид основной части и органы управления станка ИК62: 1,4—рукоятки переключения скоростей шпинделя; 2,3—рукоятки для включения звена увеличения шага и вида резьбы (правая, левая); 5—рукоятки для включения маточной гайки винтовой пары; 6,14—рукоятки переключения фрикционной муфты и ленточного торможения для пуска, реверсирования и остановки шпинделя; 7—кнопка включения ускоренного перемещения суппорта ; 8—рукоятка управления движениями суппорта; 9—кнопки включения и выключения главного электродвигателя; 10,13— рукоятки установления величины подачи и шага резьбы; 15—рукоятки для включения на подачу, резьбу и архимедову спираль; 10—рукоятка ручной поперечной подачи салазок суппорта; 11 —маховик ручной продольной подачи суппорта; 12 — кнопка для выключения реечной шестерни при нарезании резьбы

Важным узлом является передняя бабка Б, в которой размещается шпиндель В, изготовленный из легированной закаленной стали. Шпиндель расположен на опорах качения в виде двухрядного шарикового и двухрядного конического роликового разъемно-упорных подшипников повышенной точности. Для обеспечения плавности вращения шпинделя и повышения жесткости шпиндельного узла в процессе сборки при ремонте обеспечивается гарантированный натяг за счет относительного смещения колец подшипников. В передней бабке размещаются зубчатые колеса и

скользящие блоки коробки скоростей, а также механизмы для управления главным движением.

Суппорт Г, служащий для обеспечения рабочего движения подачи инструмента, включает каретку, нижние салазки, среднюю поворотную часть, верхние салазки и поворотный резцедержатель. Для повышения жесткости суппорта все его части тщательно подогнаны друг к другу, а в направляющих салазок имеются клинья для регулирования зазоров. К каретке прикрепляется фартук Е с механизмами управления суппортом.

Задняя бабка Д имеет выдвижную пиноль, в передней части которой имеется конусное отверстие для установки заднего центра или инструмента для обработки отверстий и державки. Пиноль выдвигается с помощью винта и маховика. Бабка фиксируется на внутренних направляющих станины. Верхняя часть бабки может смещаться в поперечном направлении относительно основания, что производится при обработке конусов. Бабка также может присоединяться с помощью захвата к суппорту для сообщения автоматической подачи закрепленному в ней инструменту.

Коробка подач Ж с множительными механизмами, ходовые винты и реечная пара обеспечивают поступательное движение суппорта с различными скоростями.

Главное движение

Главное движение обеспечивает вращение заготовки. Механизм главного движения состоит из электродвигателя мощностью 10 кВт, который передает вращения в шестеренчатую коробку скоростей, а она в свою очередь передает вращение на выходной вал (шпиндель) на котором с помощью специальных устройств (патрон, центр) крепится заготовка. Установка необходимой скорости (частоты вращения) осуществляется с помощью двух рукояток 1 и 4 (см. рис.13) расположенных на лицевой панели станка. Включение, выключение и реверсирование главного движения осуществляется рукояткой 14 (рис.13)

Движение подачи

Движение подачи обеспечивает поступательное перемещение инструмента относительно заготовки в продольном или поперечном направлении с различными скоростями S_0 , мм/об.

Механизм подачи состоит из коробки подач и фартука суппорта станка, который преобразует вращательные движения валов в поступательное перемещение инструмента. Отдельного электродвигателя для движения подачи нет, отбор мощности в коробку подач осуществляется от вала шпинделя. Установка необходимой скорости подачи осуществляется с помощью рукояток 10 и 13 (см. рис. 13), расположенных

на лицевой панели коробки подач и суппорте станка. Включение рабочих подач осуществляется рукояткой 8 (рис. 13).

Вспомогательные движения это движения станка, которые непосредственного участия в резании не принимают, но необходимы для подготовки станка к работе. К этим движениям относятся:

- установка заготовки в патрон шпинделя станка;
- установка инструмента в резцедержателе станка;
- ручные перемещения инструмента в продольном (ручка 11, рис 13) и поперечном (ручка 10, рис. 13) направлении;
- ускоренные перемещения инструмента в продольном и поперечном направлении (кнопка на рукоятке 8, рис. 13)

4. СХЕМА ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ

В зависимости от формы обрабатываемой поверхности на заготовке применяют различные схемы резания. Рассмотрим основные схемы точения, которые реализуют на станках токарной группы.

Схемы резания для обработки наружных поверхностей

Для обработки наружных поверхностей в зависимости от их характера и размеров при преимущественно продольной подаче применяют проходные (рис 14, а и б), упорные (рис. 14, в и г), подрезные (рис 14, д) резцы. Все они могут быть с прямой (рис. 14, а и в) или изогнутой головкой (рис. 14, б, г, и д).

Проходные резцы предназначены для обработки наружных цилиндрических и конических поверхностей "напроход", т.е. со свободным выходом за пределы обрабатываемой поверхности, например – в канавку, или ступенчатых поверхностей при небольшом перепаде диаметров D и d в тех случаях, когда переходом от одной ступени к другой остается коническим или затем подрезается. Прямые проходные резцы по сравнению с отогнутыми более дешевы, а поэтому следует применять везде там, где это возможно и не имеется каких-либо соображений относительно целесообразности их применения. Например, в тех случаях, когда резец в конце прохода должен очень близко подходить к кулачкам патрона или иным элементам приспособлений, удобнее использовать отогнутые проходные резцы. В соответствии со стандартами прямые проходные резцы изготавливаются с $\varphi=45, 60$ и 75° . Если это не диктуется углом перехода одной ступени к другой, то следует предпочитать резцы с меньшим углом φ , т.к. при всех прочих равных условиях резцы с меньшим φ имеют больший период стойкости и обеспечивают меньшую шероховатость обработанной поверхности, или при заданной стойкости – большую производительность.

Упорные резцы (рис.14, в и г) применяются при продольном обтачивании ступенчатых поверхностей, сопрягающихся под прямым или близком к нему углом, если разность между цилиндрическими поверхностями относительно невелика и не превышает 15-20 мм.

Упорные резцы имеют $\varphi=90^\circ$, а поэтому их стойкость при цилиндрической обточке ниже стойкости проходных резцов. В связи со сказанным, при обточке ступенчатых поверхностей, у которых цилиндрическая часть достаточно длинная, а перепад диаметров невелик, во многих случаях целесообразнее обтачивать проходными резцами (с $\varphi<90^\circ$), а затем производить подрезку уступов упорными или подрезными резцами.

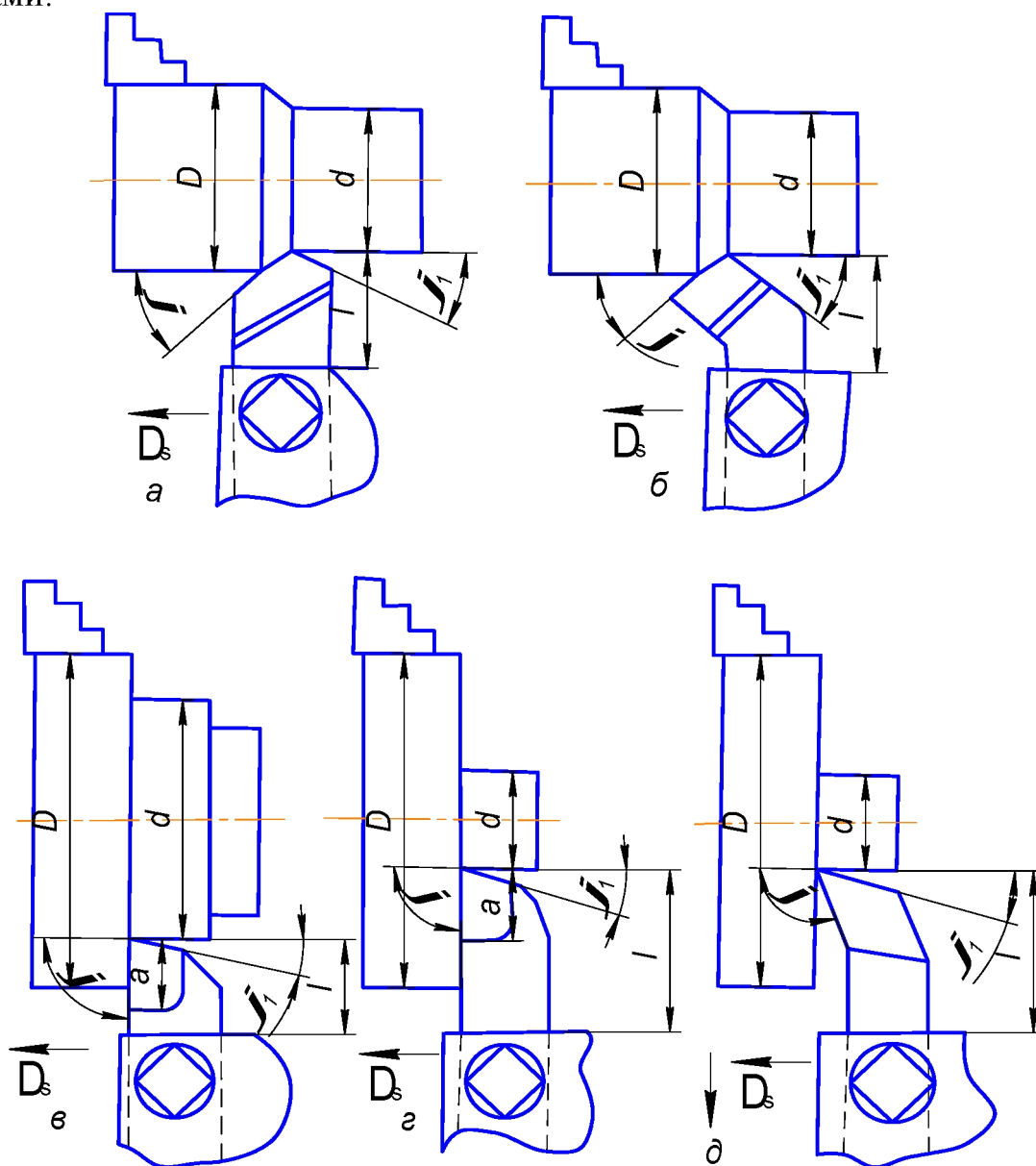


Рис14. Резцы для обточки: а - проходной прямой, б - проходной отогнутый, в - упорный прямой, г - упорный отогнутый, д - подрезной

Во всех тех случаях, когда нет необходимости применять упорные резцы с отогнутой головкой, применяют прямые резцы. Упорные резцы с отогнутой головкой применяют в тех случаях, когда надо работать в непосредственной близости от кулачков патрона и когда необходимо сделать несколько продольных проходов, а $(D-d)/2$ больше длины a режущей кромки (см. рис.14, в, г).

Подрезные резцы (рис. 14, д) предназначены для того, чтобы обеспечить перпендикулярность уступа (торца) детали к оси или цилиндрической поверхности. Геометрия их формируется с учетом того, что роль режущих кромок (главный и вспомогательной) может меняться в связи с изменением направления подачи как в продольном, так и в поперечном направлениях. При черновой обработке эти резцы используются редко, так как при любой последовательности обработки цилиндрической и торцевой поверхности величины углов в плане φ и φ_1 далеки от оптимальных, следовательно, стойкость резцов низка.

Схемы резания для обработки торцевых поверхностей

Торцевые поверхности деталей могут обрабатываться торцевыми проходными с $\varphi < 90^\circ$ (рис. 15, а), торцевыми упорными с $\varphi = 90^\circ$ (рис. 15, б) и торцевыми подрезными с $\varphi > 90^\circ$ (рис. 15, в) резцами. Торцевые резцы предназначены для работы с поперечной подачей в направлении от периферии к центру (оси). Отличаются они от резцов для обточки соответствующим расположением главной режущей кромки. Торцевые резцы изготавливаются только с отогнутой головкой на угол $15 \dots 20^\circ$. Это обусловлено тем, что этими резцами часто приходится обрабатывать "закрытые" торцевые поверхности (см. рис. 15 а, б, в).

"Открытые" торцевые поверхности могут обрабатываться резцами, предназначенными для обработки наружных поверхностей с соответствующим их закреплением в резцедержателе станка и направлением подачи, как это показано на рис. 15, г, д.

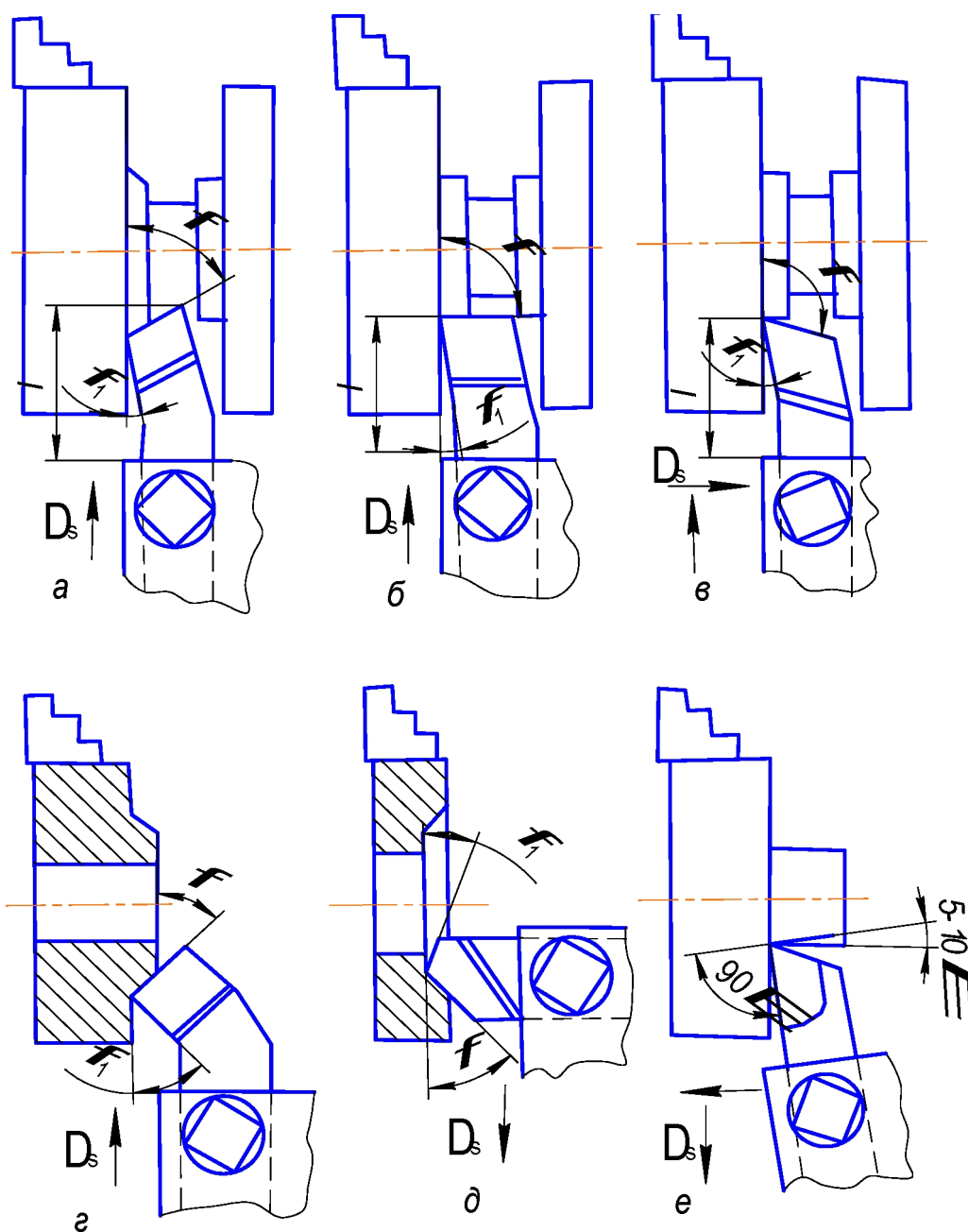


Рис. 15. Резцы для обработки торцевых поверхностей: а - торцевой проходной, б - торцевой упорный, в - торцевой подрезной, г - проходной отогнутый в качестве торцевого проходного, д - проходной прямой в качестве торцевого проходного, е - упорный взамен торцевого подрезного

При подрезке торцевых поверхностей можно взамен подрезных резцов использовать упорные резцы для обточки, повернув их в сторону обрабатываемой поверхности на угол $5-10^\circ$ и изменив направление подачи на противоположное, обточить цилиндрическую часть с продольной подачей, а затем с помощью подачи от центра к периферии обработать торец (рис. 15, е).

Схемы резания для обработки отверстий

Резцы для обработки отверстий делятся на расточные проходные (рис.16,а), расточные упорные (рис.16,б) и расточные подрезные (рис.16,в). Назначение этих резцов то же, что и соответствующих резцов для обработки наружных поверхностей. В связи с тем, что эти резцы имеют значительно больший вылет l из резцедержателя и меньшее поперечное сечение рабочей части, характеризуемое диаметром d_r , их жесткость значительно меньше по сравнению с резцами для обработки наружных поверхностей. А это приводит к необходимости более тщательно выбирать конструкцию и геометрию резцов и в необходимых случаях снижать режимы резания. При выборе расточных резцов следует всегда ориентироваться на резцы с возможно меньшей l и большим d .

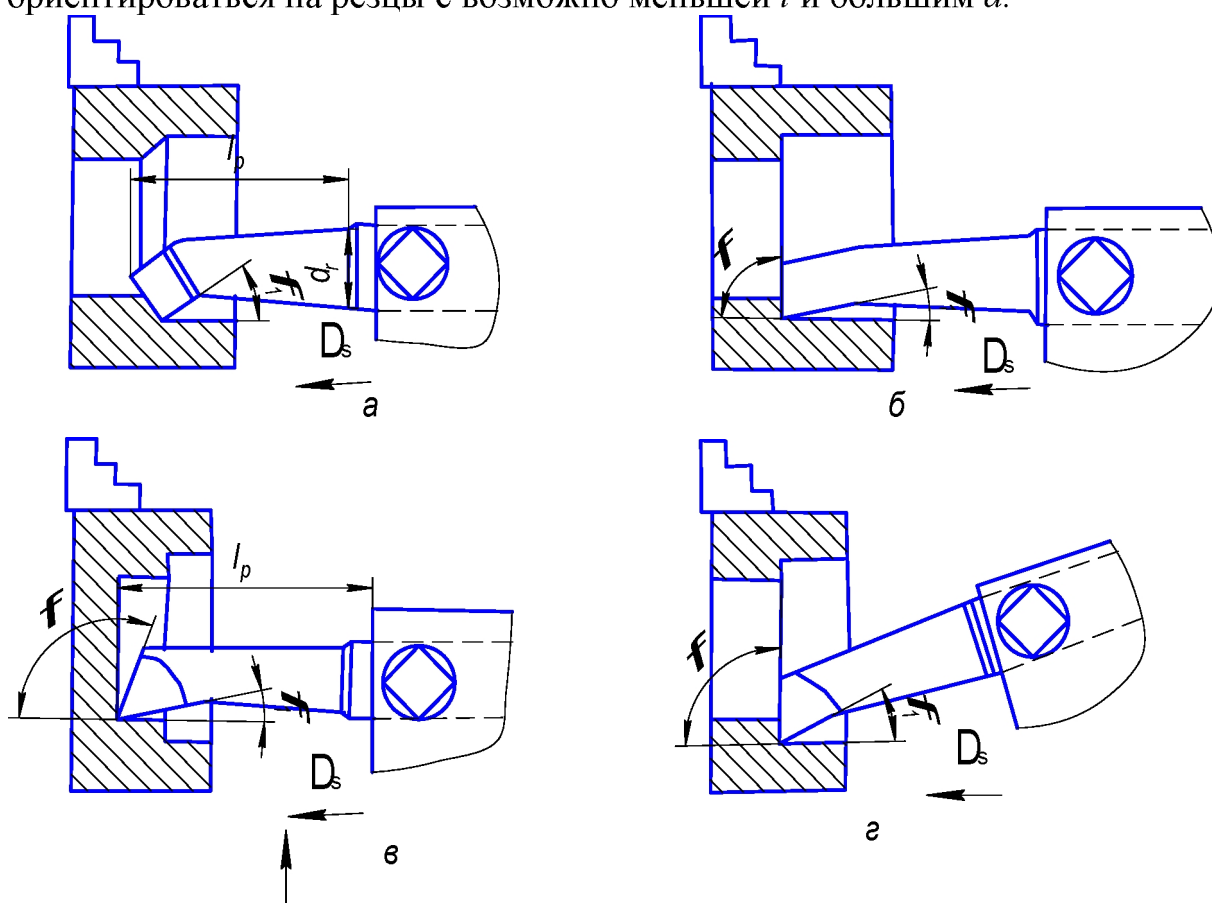


Рис. 16. Расточные резцы: а -расточной проходной, б - расточной упорный, в - расточной подрезной, г - расточной подрезной в качестве упорного

Расточные подрезные резцы (с $\varphi > 90^\circ$) следует применять только для чистовой обработки и подрезки уступов ступенчатых и для глухих отверстий. При обработки отверстий с большой длиной, как правило, применяются резцы упорные. Вообще говоря, расточные упорные резцы (с $\varphi = 90^\circ$) стандартами не предусмотрены, потому что резцы подрезные ($\varphi > 95^\circ$) легко трансформируются в упорные, как это показано на рис. 16, г.

Схемы резания, применяемые для отрезки

Отрезные резцы одной из конструкций имеют оттянутую головку (рис.17), которая оснащается пластинкой из какого-либо инструментального материала (чаще - твердого сплава), при этом головка может быть оттянутой влево (рис.17 а, б), оттянутой вправо (рис.17 в) и оттянутой симметрично (рис.17 г). Стандартные отрезные резцы имеют головку, оттянутую влево, они чаще всего и применяются на практике.

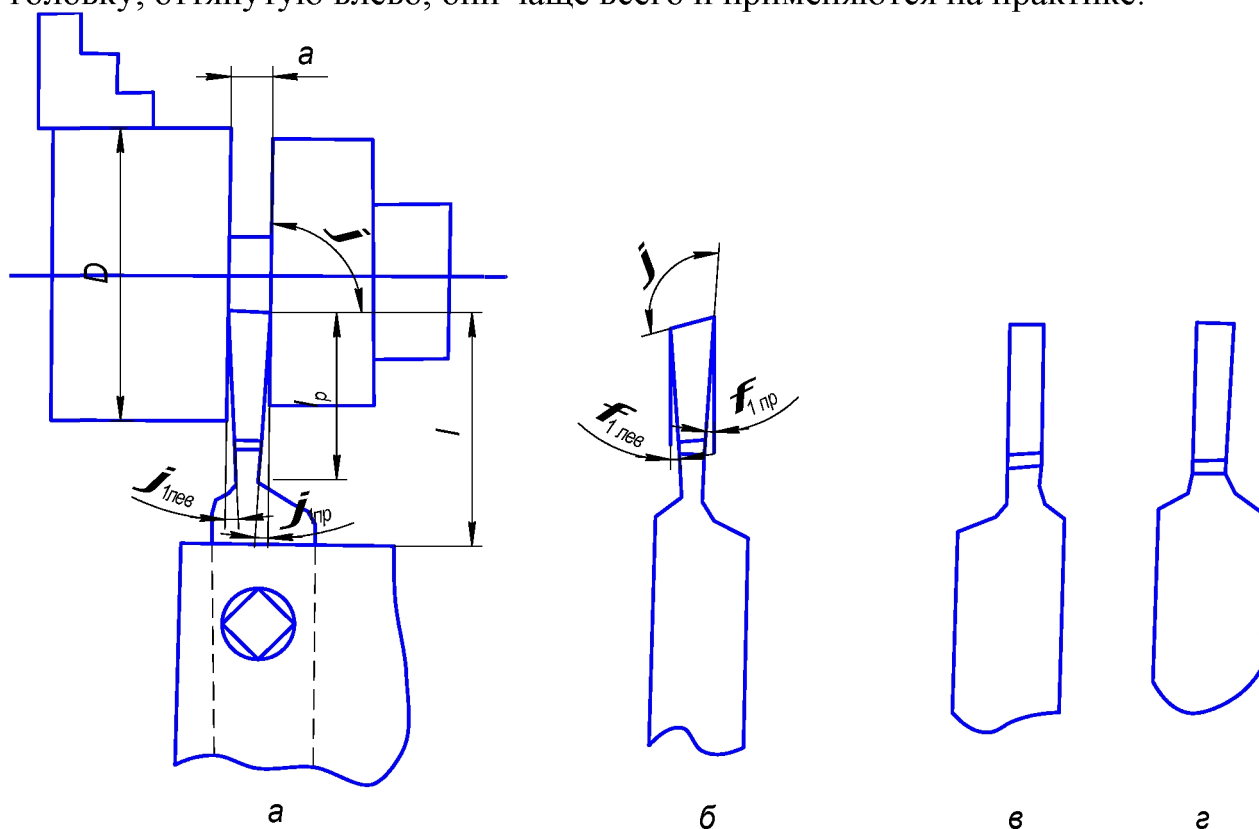


Рис.17. Отрезные резцы: а - схема отрезки резцом с головкой, оттянутой влево; б - отрезной резец с головкой, оттянутой влево с $\varphi < 90^\circ$, в- отрезной резец с головкой, оттянутой вправо, г - отрезной резец с головкой, оттянутой симметрично

Соотношение размеров головки определяется зависимостью $l_p = 5a + 5$, где l_p – длина головки резца, а – ширина головки, равная длине главной режущей кромки, при этом принято $a \approx 0,1D$. В последней зависимости D – диаметр отрезаемой заготовки.

5. РЕГУЛИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ

Высота и форма микронеровностей (шероховатость) при точении определяется размерами остаточного сечения среза, который остаётся на обработанной поверхности заготовки после прохождения резца. Форма и высота остаточного сечения среза зависит от геометрии инструмента,

относительной траектории движения режущего лезвия и обрабатываемой заготовки (величиной и направлением подачи) и радиуса при вершине резца. Схема образования неровностей показана на рис.18. Высота остаточного сечения среза H_p снижается с уменьшением подачи S , мм/об (рис.18 в, г) , углов в плане φ , φ_0 , φ_1 (рис .18 в, д, е), с увеличением радиуса при вершине r (рис. 18 з, и, к). При наличии дополнительной зачищающей кромки $f > S$ с $\varphi' = 0$ и при точной установке ее параллельно вектору движения подачи D_s , H_p теоретически может быть равна нулю (рис.18 ж).

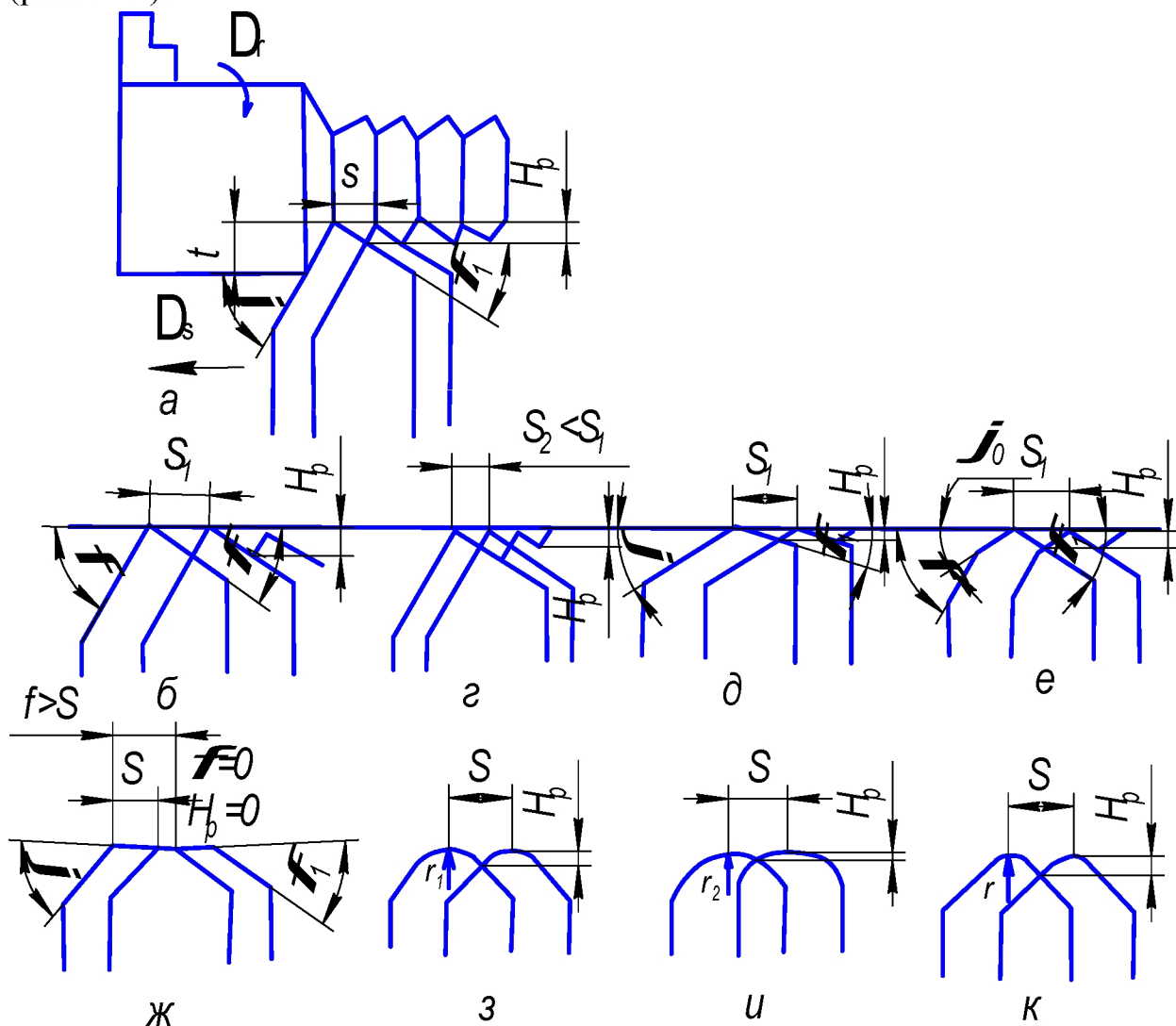


Рис. 18. Влияние геометрических факторов на расчетную высоту неровностей

Для исследования влияния процесса точения на шероховатость поверхности проводятся две серии опытов на образцах цилиндрической формы. В первой серии рассматривают влияние подачи S , во второй – главного угла в плане φ . Затем образцы снимают со станка и измеряют шероховатость поверхности (R_a) на специальном приборе – профилографе. Результаты измерений заносят в таблицу бланка отчета.

6. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Основной целью любого производственного процесса, в том числе и процесса точения, является достижение максимальной производительности при минимальной себестоимости выполнения операции.

Производительность обработки тем выше, чем меньше машинное время или время, затраченное непосредственно на процесс резания. Машинное время обработки может быть выражено как

$$T_{\text{маш}} = \frac{l_1 + l + l_2}{S \cdot n} \cdot i, \quad (1)$$

где l_1 – участок врезания в заготовку;

l – длина обрабатываемой поверхности;

l_2 – выход инструмента из заготовки (перебег);

S – подача (мм/об);

n – частота вращения (об/мин);

i – число проходов инструмента, необходимое для удаления всего припуска Δ ,

$i = \frac{\Delta}{t}$, где t – глубина резания.

Имея в виду, что частота вращения шпинделя станка (n) может быть выражена через скорость резания, v (м/мин) и диаметр обрабатываемой заготовки (D)

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

то зависимость (1) можно записать в виде

$$T_{\text{маш}} = \frac{(l_1 + l + l_2) \Delta}{1000 \cdot v \cdot S \cdot t},$$

где знаменатель представляет собой производительность процесса резания (объем металла в мм³, удаленной с заготовки в течение одной минуты):

$$P_p = 1000 \cdot v \cdot S \cdot t.$$

Исходя из последнего выражения видно, что для достижения наибольшей производительности необходимо, чтобы

$$v \cdot S \cdot t = \max.$$

Анализ показывает, что все элементы режимы резания (v, S, t) должны быть выбраны максимально возможными, но при этом необходимо отдавать предпочтение увеличению глубины резания t за счет соответствующего снижения скорости резания V и, если есть в этом необходимость, подачи S . Из двух других элементов режима резания (S и V) предпочтительнее увеличивать подачу S за счет соответствующего

уменьшения скорости резания V . Это и определяет порядок выбора элементов режима резания.

7. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Глубина резания t : при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования и жесткости принимается равной припуску на обработку ; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. Обычно принимают при шероховатости обработанной поверхности $Ra \leq 3,2$ мкм, $t = 0,5 \dots 2,0$ мм; $Ra \geq 0,8$ мкм, $t = 0,1 \dots 0,4$ мм.

Подача S : при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования и жесткости системы. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ориентировочные значения подачи (мм/об) для чернового точения конструкционных углеродистых сталей, стального и чугунного 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...1,8	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

Величина подачи при отрезке и прорезке паза ориентировочно может быть определена как $S = (0,03 \dots 0,04)V$, где V – длина режущей кромки инструмента и она же определяет ширину прорезаемого паза.

Скорость резания V , м/мин : рассчитывают по эмпирическим (экспериментальным) формулам. Для наружного точения и растачивания

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v.$$

Для прорезания и отрезания

$$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v,$$

где T - стойкость, обычно принимается равной 30...60 мин ;

t - глубина резания ; S - подача; m - показатель относительной стойкости; X, Y - показатели степени соответственно при t и S ;

C_v, K_v - постоянные коэффициенты, учитывающие конкретные условия обработки.

Значение коэффициентов C_v, K_v и показатели степени x, y и m выбираются из справочников и нормативов по режимам резания.

Ориентировочные значения скорости резания при обработке конструкционных сталей твёрдосплавным инструментом составляет $V=60...100$ м/мин; при обработке жаропрочных и титановых сплавов $V=30...50$ м/мин; при обработке алюминиевых и медных сплавов $V=300...400$ м/мин .При обработке тех же материалов быстрорежущими резцами скорость резания следует уменьшить в 2...3 раза.

8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе.
2. В соответствии с полученным от преподавателя режущим инструментом (один или два токарных резца) определить тип инструмента, его рабочие поверхности и режущие кромки.
3. Заэскизировать полученный режущий инструмент, на эскизе показать координатные и секущие плоскости, выполнить необходимые сечения, показать углы.
4. Ознакомиться с мерительным инструментом (угломер, угломер с нониусом).
5. Измерить линейные размеры, углы режущего инструмента и заполнить таблицу в бланке отчета.
6. Ознакомиться с назначением, конструкцией, основными частями, рабочими органами и движениями токарно-винторезного станка 1К62.
7. С помощью учебного мастера настроить станок на выполнение различных видов обработки и посмотреть станок в работе.
8. В соответствии с полученным от преподавателя заданием заэскизировать несколько схем резания в бланке отчета.

9. Провести исследование влияния процесса резания на шероховатость обработанной поверхности заготовки. Полученные данные занести в таблицу бланка отчета.

Оформленный отчет по лабораторной работе предъявляется преподавателю. Бланк отчета приведен в приложении.

9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом классифицируют токарные резцы?
2. Какие бывают виды точения?
3. Каким образом осуществляется крепление режущих пластин у сборных резцов?
4. Из каких частей состоит резец?
5. Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?
6. Какие движения совершаются в процессе резания при точении?
7. Из каких рабочих поверхностей состоит режущая часть резца?
8. Какие режущие кромки различают у токарного резца?
9. Сколько и какие координатные плоскости применяют для определения углов резца?
10. Какие углы рассматривают в главной секущей плоскости?
11. Какие углы рассматривают во вспомогательной секущей плоскости?
12. Что такое углы в плане?
13. Что такое углы λ и λ_1 ?
14. Для каких работ используют станки токарной группы?
15. Какие движения в станке определяют скорость резания (V) и подачу (S)?
16. Что относят к вспомогательным движениям станка?
17. Что определяет шероховатость поверхности при точении?
18. Какие параметры режимов резания и углы резца влияют на шероховатость?
19. Что определяет производительность обработки при точении?

10. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

По выполнении работы оформляется отчёт. В отчёте приводятся эскизы одного или двух токарных резцов, таблица с замеренными значениями углов, описывается назначение и принцип работы токарно-винторезного станка 1К62, изображается несколько схем процесса резания, заполняется таблица исследования влияния углов в плане ϕ и подачи S на шероховатость поверхности R_a . (см. образец отчета в прил.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Ординарцев И.А., Филиппов Г.В., Шевченко А.Н. и др. Справочник инструментальщика. Л.: Машиностроение, 1987. 845с.

Технология обработки конструкционных материалов / Под ред. П.Г. Петрухи. М.:Высшая школа, 1991. 503с.

Лепилин В.И. Режимы резания авиационных материалов при точении: Метод. указания / Самар. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000. 125с.

Кафедра
'Механической обработки материалов'
 Студент _____

Группа _____ Дата _____

Лабораторная работа

Изучение конструкции и геометрии резцов

1. Эскизы резцов

Проходной резец

Отрезной резец

2. Таблица углов

№ резца	Наименование резца	Главный Угол в плане	Вспомогательный угол в плане	Передний угол	Вспомогательный передний угол	Главный задний угол	Вспомогательный задний угол	Угол наклона главной режущей кромки	Угол на-клона вспомогательной ре-жущей кромки
	Проходной								
	Отрезной								

Изучение конструкции и схем резания токарно-винторезного станка

3. Назначение станка.

Высота центров, мм	
Наибольший диаметр и длина обработки $D \times L$, мм	
Диапазоны частот вращения шпинделя	
Число ступеней частот	
Мощность главного электродвигателя	

4. Рабочие органы станка, их движения и приводы. Задание движений.

5. Вспомогательные движения.

6. Схемы работы резцов.

Изобразить 3-4 схемы по указанию преподавателя.

На схемах показать направление S и углы φ ; φ_1 .

Схема работы резца	при выполнении операций		
	обточки	расточки	торцовки
проходного			
упорного			
подрезного			
отрезного			

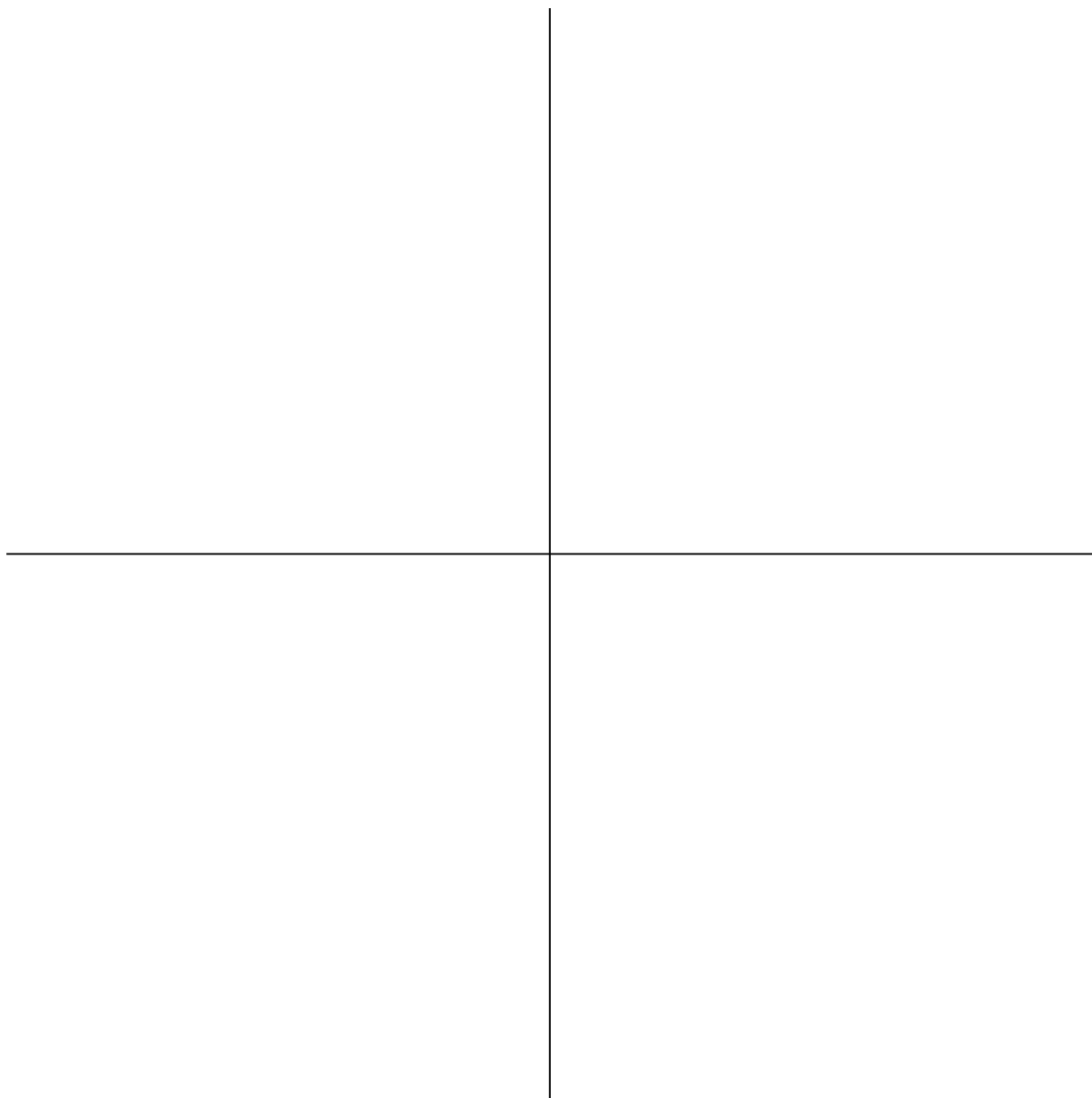


Таблица исследования влияния процесса точения на шероховатость
 обработанной поверхности
 Обрабатываемый материал _____ Материал резцов _____

№ опыта	Начальный диаметр, мм	Обороты шпинделя (n), об/мин	Скорость резания (v), м/мин	Глубина резания (t), мм	Подача (S), мм/об	Геометрия Резца		Параметр ы шерохова тости (Ra), мкм
						Главный угол в плане (φ)	Вспомога тельный угол в плане (φ ₁)	
1					0,11	45°	10°	
2					0,21			
3					0,34			
4					0,43			
5					0,21	30°		
6						45°		
7						60°		
8						75°		

Индивидуальное задание

Руководитель _____

Лабораторная работа №2

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

1. ВИДЫ РЕЗЬБ. ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, ПРОФИЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В современном машиностроении очень широко применяются резьбовые соединения: от самых мелких – диаметром 0,25 мм, встречаемых в часах и приборах, до самых больших – диаметром 800 мм, применяемых в тяжелом машиностроении.

Всем известные болты, винты, гайки скрепляют отдельные узлы и детали, превращая их в сложную машину: автомобиль, авиационный двигатель, трактор, станок и т.п. Даже самая большая машина не может быть собрана без указанных крепежных деталей.

Нередко резьбовые соединения используют для преобразования вращательного движения в прямолинейное. Примером могут служить кинематические резьбы, используемые в станках, домкратах, винтовых прессах и т.п. Салазки суппорта токарного станка могут перемещаться в продольном и поперечном направлениях при помощи ходовых винтов и гаек.

В зависимости от принятой системы мер различают метрические и дюймовые резьбы. У дюймовых резьб диаметры и шаг выражаются в дюймах ($1''=25.4$ мм), а величина шага характеризуется числом ниток на один дюйм. Угол профиля дюймовых резьб равен 55° .

Метрические резьбы принято обозначать буквой «М» с указанием наружного диаметра, если резьба имеет крупный шаг, либо наружного диаметра и шага, если резьба с мелким шагом. Например, М24; М24×2; М24×1,5.

При обозначении дюймовых резьб на чертежах указывают только наружный диаметр, выраженный в дюймах. Например, $1''$; $1/2''$; $1\frac{1}{2}''$.

По форме профиля, как видно из рис. 1, резьбы могут быть:

- *треугольные*, с углом профиля α , равным 60° или 55° (такую форму профиля имеют, в частности, крепежные резьбы);
- *прямоугольные (ленточные)*;
- *трапециевидные* с углом профиля $\alpha=30^\circ$ (наряду с прямоугольными резьбами используются для ходовых винтов и гаек);

- *трапециевидальные с несимметричным углом профиля*: углы наклона боковых сторон составляют 3° и 30° (используются в качестве упорных резьб);

- *круглые*, имеющие треугольный профиль с углом $\alpha=55^\circ$ и закругленными вершинами и впадинами (используются в качестве трубных и арматурных резьб).

В зависимости от формы и расположения поверхностей, на которых нарезана резьба, она может быть *цилиндрической и конической* (дополнительно помечается буквой «К»), а также *наружной* (краткости ради ее называют «винт» или «болт») и *внутренней* (ее называют «гайка»).

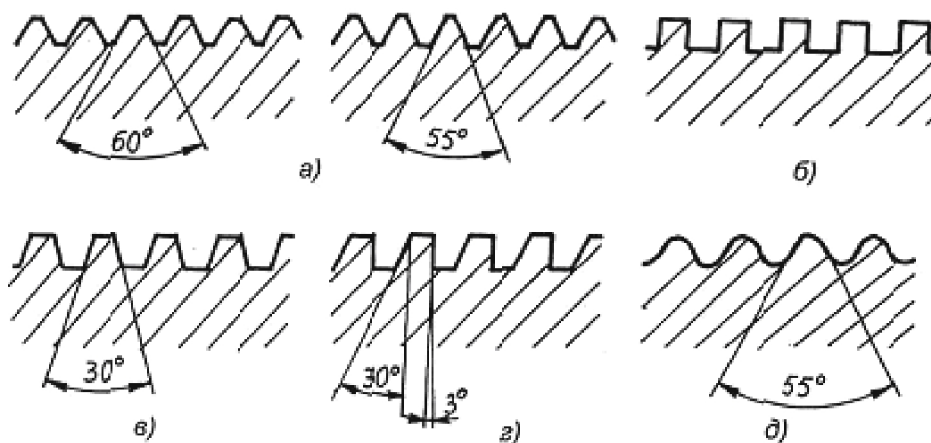


Рис. 1. Классификация резьб по форме профиля: а - треугольная (метрическая и дюймовая); б - прямоугольная (ленточная); в - трапециевидальная; г - трапециевидальная с несимметричным профилем; д - круглая

В зависимости от направления витков различают резьбы: *правые* – винт ввинчивается в гайку при вращении по часовой стрелке и *левые* – винт ввинчивается в гайку при вращении против часовой стрелки.

Наибольшее применение в машиностроении получили треугольные метрические резьбы. Они по сравнению с другими резьбами проще в изготовлении. Кроме того, благодаря большому углу профиля ($\alpha=60^\circ$), такие резьбы обеспечивают надежное скрепление соединяемых деталей, в результате чего они и используются как крепежные.

Профиль и основные элементы метрических крепежных резьб регламентирует ГОСТ 9150-81. Согласно этому стандарту профиль метрической крепежной резьбы представляет собой равносторонний треугольник (рис.2) с плоскими срезами, выполненными на расстояниях

$H/8$ и $H/4$ от теоретических вершин профиля соответственно по наружному и внутреннему диаметрам, где H – это теоретическая высота профиля, определяемая как высота равностороннего треугольника. Указанный профиль является общим номинальным профилем для внутренней и наружной резьб.

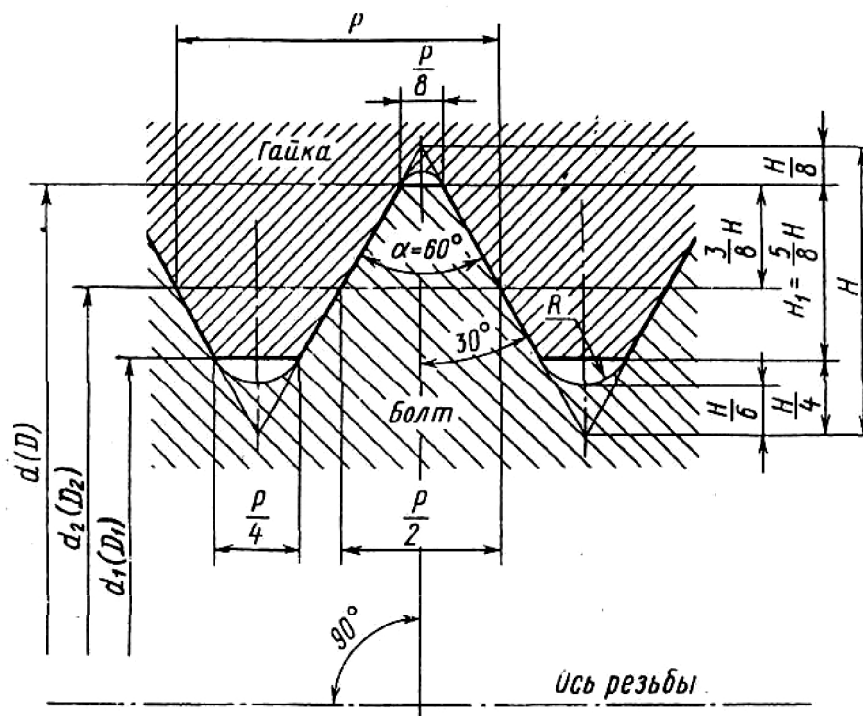


Рис. 2. Профиль и основные элементы метрической крепежной резьбы

Основными элементами резьбы являются:

- наружный диаметр (D, d^*);
- средний диаметр (D_2, d_2);
- внутренний диаметр (D_1, d_1);
- шаг резьбы (P);
- угол профиля (α).

Сущность этих понятий становится ясной из рассмотрения рис. 2.

Кроме указанных основных элементов, резьба характеризуется также:

- высотой исходного треугольника (теоретической высотой профиля)

$H \approx 0,866P$;

- рабочей высотой профиля $H_1 \approx 0,541P$;
- углом подъема резьбы $\mu = \arctg \frac{P}{\pi d_2(D_2)}$;
- длиной свинчивания l .

* Здесь и далее заглавные буквы относятся к внутренней резьбе («гайке»), строчные – к наружной резьбе («винту»).

Форма впадины наружной резьбы («винта») может быть плоскосрезанной и закругленной с номинальным радиусом закругления $R \approx 0.144P$.

Метрические крепежные резьбы бывают с крупным и мелким шагом. У резьб с крупным шагом каждому наружному диаметру соответствует одно единственное значение шага, при этом в обозначении такой резьбы, как отмечалось выше, шаг не указывается, например M20 (шаг $P=2,5$ мм). У резьб с мелким шагом одному и тому же наружному диаметру соответствуют разные значения шагов. В обозначении резьбы в этом случае обязательно указывается величина шага, например M20×2; M20×1,5 и т.д.

Рабочими поверхностями резьбы являются ее боковые стороны, положение которых относительно оси резьбы определяется величиной среднего диаметра. При этом средним диаметром (D_2 , d_2) называют диаметр воображаемого цилиндра, образующая которого делит профиль резьбы таким образом, что толщина витка резьбы, измеренная вдоль этой образующей, равна ширине впадины.

В зависимости от того, как соотносятся между собой средние диаметры внутренней и наружной резьбы (гайки и винта), могут быть получены различные посадки резьбовых соединений: *с зазором*, *с натягом* и *переходные*. В связи с этим к точности среднего диаметра резьбы при ее изготовлении и контроле предъявляются повышенные требования.

Величина допуска по среднему диаметру зависит от размеров резьбы и степени точности.

Кроме допусков на средние диаметры, ГОСТ 16093-81 устанавливает также допуски на внутренний диаметр гайки D_1 и на наружный диаметр винта d . При этом, если поля допусков по этим диаметрам отличаются от полей допусков по средним диаметрам, то они также указываются в обозначении резьбы вслед за полем допуска среднего диаметра. Например, M12-5H6H; M14×1,5-7g6g.

Допуски наружного диаметра гайки D и внутреннего диаметра винта d_1 не нормируются. Для обычных крепежных резьб (с зазором) не устанавливаются также дифференцированные допуски на шаг резьбы P и угол профиля α .

2. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ ПЛАШКАМИ И МЕТЧИКАМИ

2.1 Нарезание наружной резьбы плашками

Конструкция и геометрия плашек

Для нарезания наружных метрических резьб треугольного профиля с шагом до 2 мм, а также для калибрования предварительно нарезанных резьб с более крупным шагом используют *плашки*.

Плашка представляет собой гайку, изготовленную из инструментальной стали высокой твердости и имеющую такую же резьбу (с теми же диаметром, шагом и углом профиля), для нарезания которой она предназначена (рис.3 а). в плашке в зависимости от ее размеров просверлено 3-8 отверстий, поверхности которых, пересекаясь с витками резьбы, образуют режущие гребенки (рис.3 б), зубья которых выполняют работу резания и зачищают (калибруют резьбу).

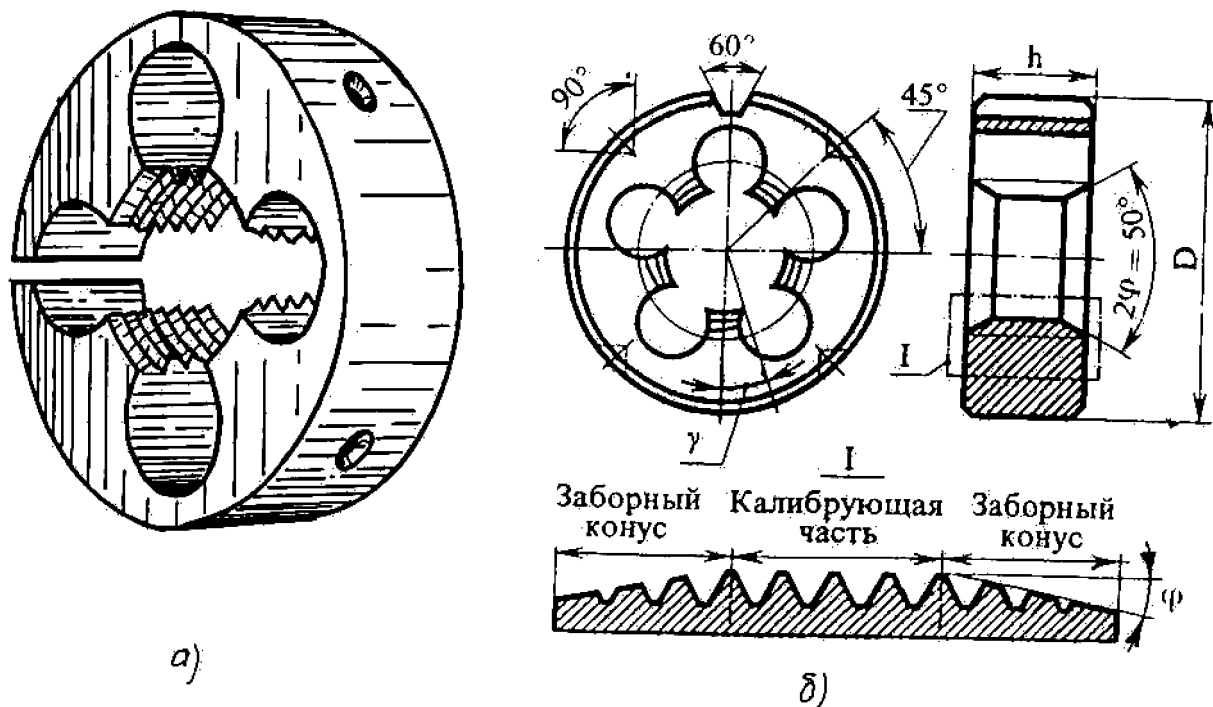


Рис. 3. Резьбонарезная плашка: а - общий вид; б - конструкция и геометрия

Для того чтобы обеспечить постепенное врезание режущих зубьев, с каждого торца плашки выполняется *заборный конус*, зубья которого скошены под углом φ . Удвоенное значение угла 2φ называется углом заборного конуса и составляет 40° - 60° (чаще всего $2\varphi=50^\circ$). От величины этого угла зависит толщина среза, снимаемого каждым режущим зубом

плашки, а следовательно, и действующие на него силы резания. Наличие двух заборных конусов позволяет использовать плашки с двух сторон: после износа режущих зубьев на заборном конусе с одной стороны плашку переворачивают в плашкодержателе и работу ведут другой стороной. Это позволяет увеличить срок службы инструмента.

Кроме того, для компенсации износа плашки ее можно регулировать по среднему диаметру в пределах 0,1-0,25 мм, для чего в плашке прорезается прорезь (рис. 3 а). Регулировка осуществляется винтами 1 и 2 плашкодержателя (рис. 4 а).

Цилиндрическая часть резьбы плашки (5-6 ниток) образует *калибрующую часть*, которая окончательно калибрует и зачищает резьбу.

На торце плашки маркируется обозначение резьбы, для нарезания которой она предназначена, и материал, из которого она изготовлена.

Подготовка заготовок для нарезания резьбы плашками

При нарезании резьбы плашкой наблюдается «подъем» витков резьбы, вызванный пластическим выдавливанием обрабатываемого материала, что приводит к увеличению наружного диаметра резьбы. Поэтому заготовку под нарезание резьбы плашкой обтачивают на диаметр, несколько меньший, чем наружный диаметр нарезаемой резьбы. Величина этого занижения составляет:

0,1-0,2 мм при диаметре резьбы $d=6-10$ мм;

0,12-0,24 мм при $d=11-18$ мм;

0,24-0,28 мм при $d=20-30$ мм.

Для облегчения захода плашки на конце заготовки протачивают фаску размером 2-3 мм.

Установка плашек на станке и приемы нарезания резьбы

Резьбонарезные плашки закрепляются винтами 1 в ручном плашкодержателе (рис. 4 а) или в специальном патроне (рис. 4 б), который вставляется в конусное отверстие пиноли задней бабки токарного станка.

При нарезании резьбы плашкой, закрепленной в ручном плашкодержателе, ее подводят к заготовке, подпирая плашкодержатель торцом пиноли задней бабки станка. Одна из рукояток плашкодержателя поддерживается рукой и опирается на верхнюю каретку суппорта (рис. 5 а). После нарезания двух-трех витков с поджимом пинолью дальнейшая подача плашки происходит самозатягиванием.

Плашкодержатель можно также поджимать с помощью специального упора, закрепленного в резцедержателе, а рукоятку плашкодержателя – упирать в планку, также закрепленную в резцедержателе (рис. 5б). при работе таким способом следует соблюдать осторожность, чтобы рука не попала между рукояткой плашкодержателя и планкой.

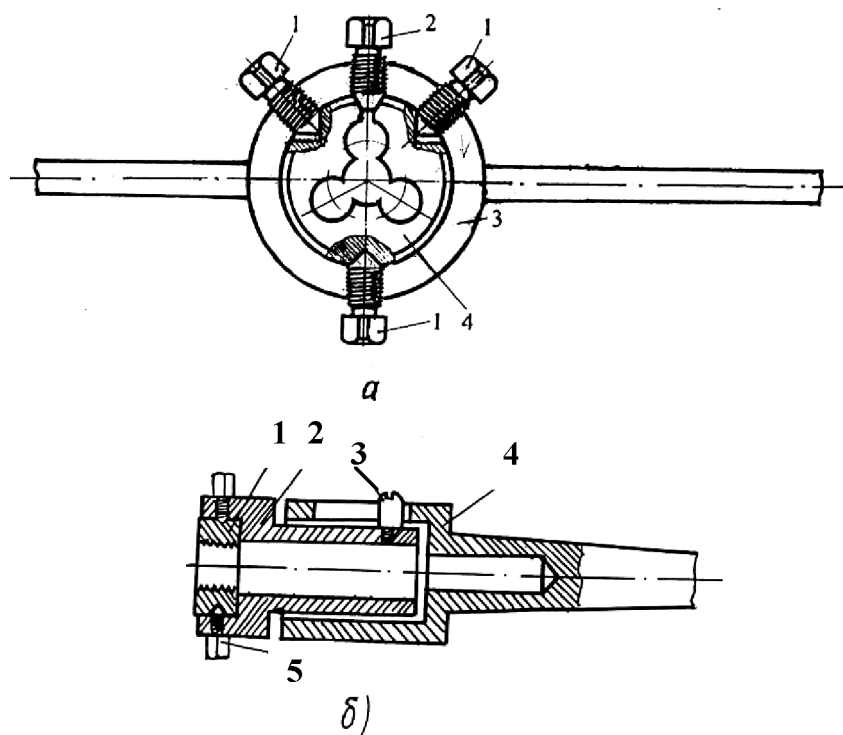
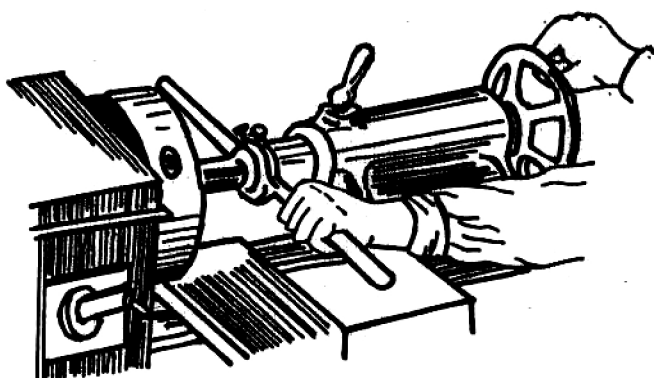


Рис. 4. Устройство для закрепления плашек: а - ручной плашкодержатель:
 1 – зажимные винты; 2 – регулирующий винт;
 3 – плашкодержатель; 4 – плашка; б - патрон, устанавливаемый в
 задней бабке станка: 1 – плашка; 2 – самовыдвижная оправка;
 3 – штифт; 4 – корпус патрона; 5- винты

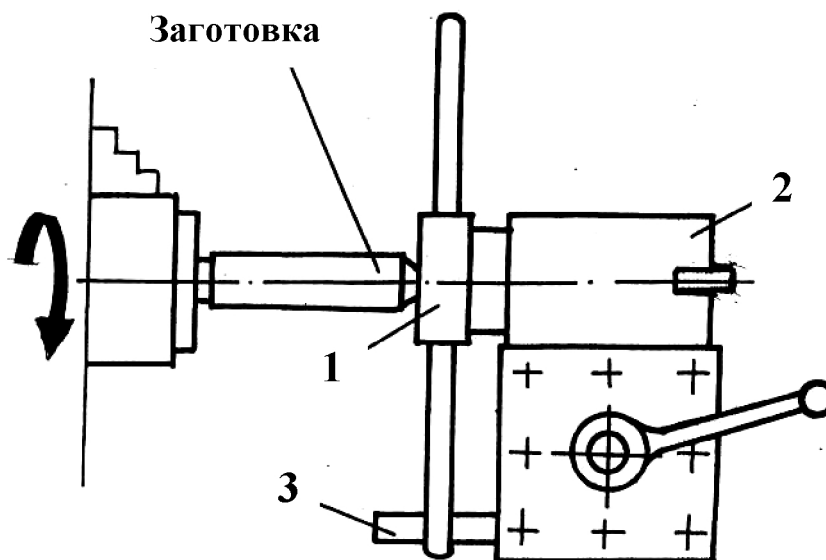
При установке плашкодержателя очень важно, чтобы плашкодержатель, а следовательно и плашка, были расположены в плоскости, перпендикулярной к оси заготовки. В противном случае профиль нарезанной резьбы получится сваленным на сторону, т.е. несимметричным.

При нарезании резьбы до упора (например, до заплечника) станок заблаговременно выключают и вращают шпиндель вручную, пока не будет нарезана вся резьба.

После того как резьба нарезана полностью, пиноль задней бабки или суппорт отводятся в исходное положение, и включается обратное вращение шпинделя станка. Удерживая рукоятку плашкодержателя от проворачивания, осуществляют свинчивание плашки. Если данная плашка используется впервые, то, нарезав несколько ниток на первой детали, следует свернуть плашку и проверить, удовлетворительная ли по шероховатости и размерам получается резьба. В случае несоответствия размеров резьбы требуемым неразрезную плашку необходимо заменить другой, а разрезную – соответствующим образом подрегулировать.



а)



б)

Рис. 5. Нарезание резьбы плашкой с использованием ручного плашкодержателя: а - с поджимом пинолью задней бабки; б - с поджимом упором, закрепленным в резцедержателе станка

Режимы нарезания и смазочно–охлаждающие жидкости, применяемые при нарезании резьбы плашками

Нарезание резьбы плашками выполняют с небольшими скоростями резания: 2-8 м/мин при обработке сталей и чугунов и 8-30 м/мин при обработке алюминиевых и медных сплавов. Меньшие значения скорости относятся к меньшим диаметрам и более крупным шагам, а большие – к большим диаметрам и мелким шагам резьбы.

При обработке сталей с пределом прочности $\sigma > 700$ МПа, а также нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов скорости резания

необходимо снижать до 1-4 м/мин. В противном случае будет происходить интенсивный износ и выкрашивание режущих зубьев, что приведет к снижению стойкости плашек и быстрому выходу их из строя.

Подача при нарезании резьбы плашками соответствует шагу нарезаемой резьбы и осуществляется самозатягиванием. Поэтому механизм подачи станка в этом случае оказывается незадействованным.

В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при нарезании резьбы плашками используют эмульсии, минеральные масла, сульфифрезол, при нарезании резьбы на деталях из чугуна – керосин.

Для повышения эффективности СОЖ, особенно при обработке труднообрабатываемых материалов, применяют различные добавки: касторовое масло, стеарин, олеиновую кислоту, скипидар, серу и др. Так, например, для обработки нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов рекомендуются следующие СОЖ:

- 1) сульфифрезол – 65%, керосин – 20%, олеиновая кислота – 15%;
- 2) олеиновая кислота – 70%, стеарин – 15%, сера – остальное.

2.2 Нарезание внутренней резьбы метчиками

Конструкция и геометрия метчиков

Внутренние резьбы сравнительно небольших диаметров (до 52 мм) нарезаются на токарных (в деталях типа тел вращения) или на сверлильных станках.

Метчик (рис.6) представляет собой винт с теми же диаметрами, шагом и углом профиля, что и нарезаемая им резьба, изготавливается из инструментальных сталей высокой твердости и имеет продольные (прямые или винтовые) канавки. Поверхности канавок, пересекаясь с витками резьбы, образуют *режущие гребенки*, которые принято называть *перьями*. В зависимости от размеров метчика число перьев может составлять от 2 до 6.

Как видно из рис.6 каждая режущая гребенка (рабочая часть) метчика состоит из заборной (режущей) и калибрующей частей.

Заборная (режущая) часть выполнена в виде *заборного конуса* с углом при вершине 2φ ; она первой входит в подготовленное отверстие и осуществляет основную работу резания. Высота режущих зубьев на заборном конусе постепенно повышается, в результате чего по мере ввинчивания метчика в отверстие они прорезают все более глубокие резьбовые канавки. При этом каждый режущий зуб заборной части метчика срезает небольшую часть припуска в виде тонких срезов (рис. 7), толщина которых зависит от шага резьбы P , угла заборного конуса φ и числа перьев метчика z .

Толщина среза рассчитывается по формуле

$$\alpha = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi.$$

Ее отношение к шагу нарезаемой резьбы является важной характеристикой работоспособности метчика, определяющей силы, действующие на отдельные режущие зубья метчика, от чего будет зависеть их прочность, а также суммарный крутящий момент и прочность метчика в целом.

Геометрия режущих зубьев метчика, как и любого режущего инструмента, характеризуется *передним углом* γ и *задним углом* α (рис. 6).

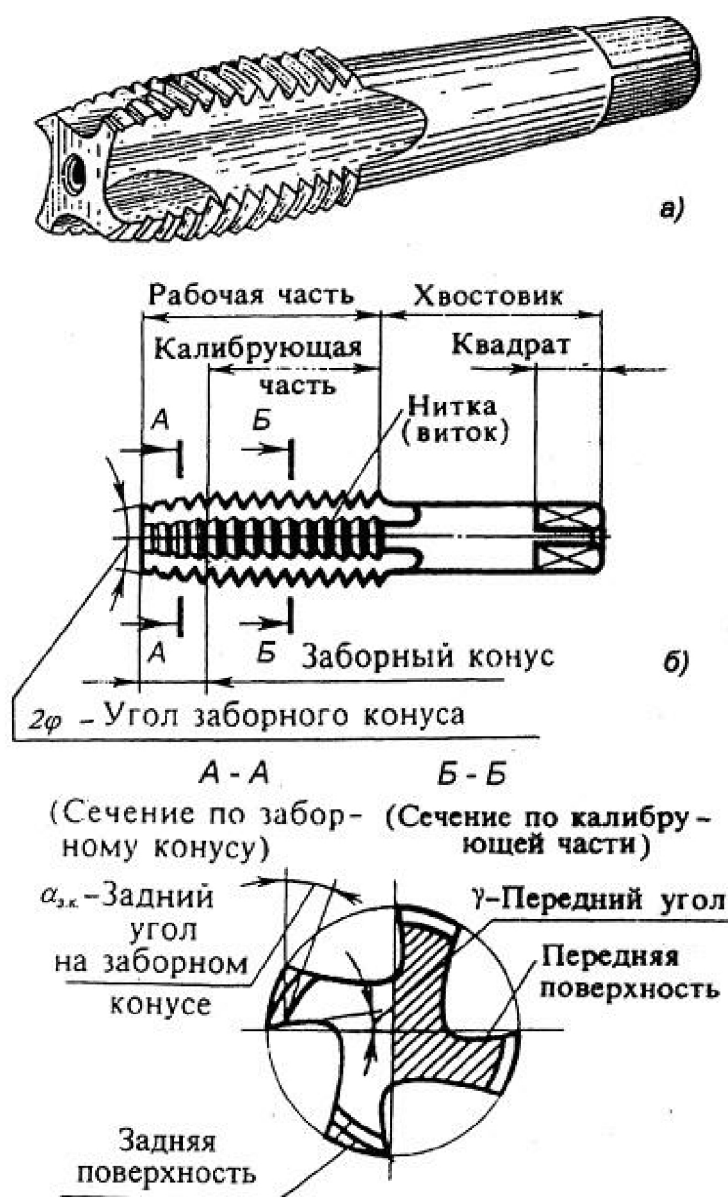


Рис. 6. Метчик: а - общий вид; б - конструкция и геометрия метчика

Передний угол получается в результате заточки метчика по передней поверхности и в зависимости от свойств обрабатываемого материала составляет $0-25^\circ$ (большие значения для материалов, характеризующихся невысокой прочностью и вязкостью).

Задний угол обеспечивается за счет затылования задних поверхностей режущих зубьев по архимедовой спирали. Обычно величина заднего угла принимается равной $10-12^\circ$ при обработке углеродистых и легированных сталей нормальной прочности и $6-8^\circ$ при обработке труднообрабатываемых материалов.

Калибрующая часть служит для окончательного формирования профиля резьбы, ее зачистки и направления метчика. Кроме того, при переточках метчика первые зубья калибрующей части переходят в число режущих, т.е. являются резервными. Это позволяет существенно повысить срок службы метчика.

Передний угол калибрующих зубьев имеет такое же значение, как и на заборном конусе, а задний угол равен 0° , поскольку затылование калибрующей части не производится. В ряде случаев для уменьшения трения и устранения защемления метчика в нарезаемом отверстии производят частичную (на длине, равной $2/3$ ширины пера) затыловку калибрующей части метчика. При этом величина заднего угла принимается небольшой: $\alpha_k = 0,5-1^\circ$.

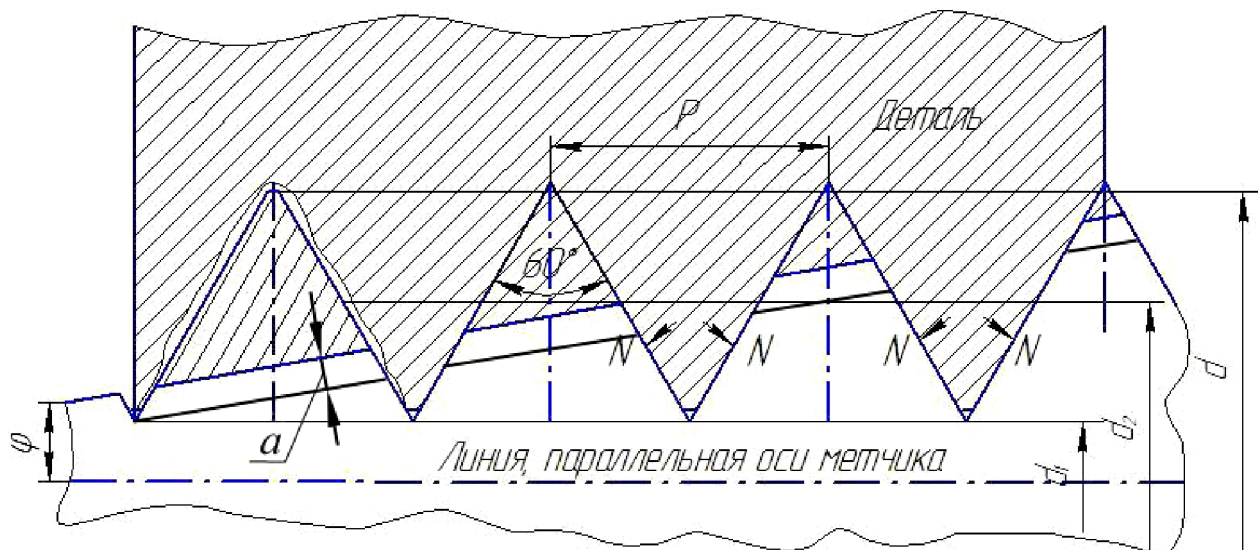


Рис. 7. Схема резания при нарезании резьбы метчиком.

Хвостовик метчика представляет собой цилиндр, заканчивающийся чаще всего квадратом, который служит для закрепления метчика в воротке или патроне. На хвостовике маркируются обозначение резьбы, для нарезания которой предназначен метчик, и материал, из которого он изготовлен.

Для изготовления метчиков обычно используются быстрорежущие стали различных марок. При обработке высокопрочных и закаленных сталей, а также чугунов и алюминиевых сплавов с повышенным содержанием кремния целесообразно применять твердосплавные метчики.

Нарезание метрической и дюймовой резьб на токарных станках производится обычно последовательно двумя или тремя *ручными слесарными метчиками* (рис.8 а), образующими комплект. Для резьбы с шагом до 3 мм включительно комплект состоит из 2, а для резьб с шагом свыше 3 мм - из 3 ручных (слесарных) метчиков. Первый метчик, называемый черновым (на его хвостовике делается одна круговая риска), снимает наибольший припуск (более половины сечения среза). Второй (помечается двумя рисками) - не более 30% и третий - приблизительно 15%. Если же используется комплект из 2 метчиков, то на первый приходится 75%, а на второй 25% всей работы резания.

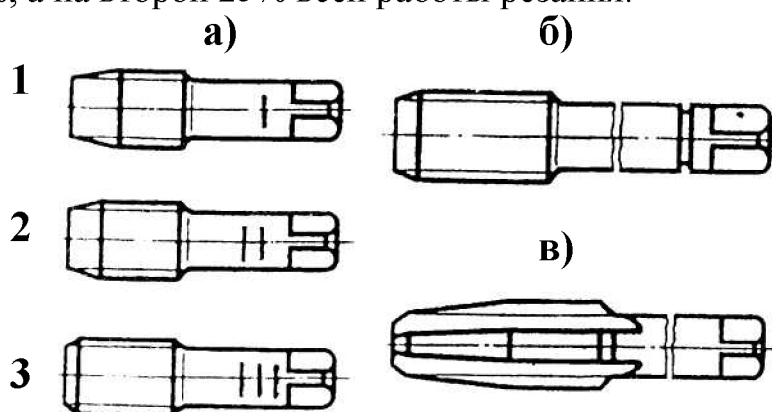


Рис. 8. Виды метчиков: а - комплект из трех ручных метчиков; б - машинный метчик; в - гаечный метчик

Калибрующая часть чистовых метчиков имеет полный профиль и окончательно отделяет (калибрует) резьбу. Кроме ручных (слесарных) метчиков применяются *машинные* (рис. 8 б) и *гаечные* (рис. 8 в) метчики. Они изготавливаются по одному (для каждого диаметра и шага резьбы) и нарезают резьбу за один проход.

Подготовка отверстий под нарезание резьбы метчиками

Отверстия под резьбу, к точности которой не предъявляют высоких требований (например, в обыкновенных гайках), обрабатывают сверлением. При нарезании метчиком точных резьб просверленное отверстие следует растачивать резцом. При этом, если резьба глухая, то целесообразно протачивать канавку для выхода заборного конуса метчика. Это позволит устранить выкрашивание режущих зубьев метчика при его вывинчивании.

При выборе диаметра сверла необходимо учитывать, что при нарезании резьбы метчиком материал витков претерпевает пластические деформации,

в результате чего происходит "подъем" профиля и уменьшение внутреннего диаметра резьбы. Это приводит к защемлению метчика в нарезаемом отверстии, срыву ниток резьбы и поломкам метчиков. Поэтому диаметр отверстия, подготовленного для нарезания резьбы, должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы. Диаметр сверла под метрическую резьбу с достаточной точностью можно определить по формуле:

$$d_{cd}=D - P,$$

где D и P - соответственно наружный диаметр и шаг резьбы.

Если отверстие под резьбу подготавливается растачиванием, его диаметр можно определять по той же формуле, увеличивая полученный результат на 0,2 - 0,4 мм.

Установка метчиков на станке и приемы нарезания резьбы.

При нарезании резьбы на токарном станке для закрепления метчика может быть использован тот же патрон, что и при нарезании резьбы плашкой (рис.4 б). Только в этом случае вместо плашки в оправке 2 необходимо закрепить вставку с квадратным гнездом для установки метчика. Сообщив заготовке, закрепленной в патроне, вращательное движение, вводят метчик в отверстие и слегка поджимают его, вращая маховичок задней бабки. Как только заборный конус метчика нарежет две - три нитки, дальнейший поджим метчика не требуется, его подача будет осуществляться самозатягиванием. При этом подвижная оправка 2, следуя за метчиком, будет выдвигаться из корпуса 4.

Если отсутствует специальный патрон, можно воспользоваться слесарным воротком, в котором закрепляется квадрат хвостовика метчика (рис.9). Вороток 1 нельзя удерживать вручную или упирать его в направляющую станины, так как это может привести к перекосу, поломке метчика и травме рабочего. Поэтому в резцедержатель следует установить сверлильную державку с центром 2 и упорную планку 3. Метчик поджимают центром, а вороток упирают в планку. Так как метчик и планка передвигаются вместе, то перекоса не будет, в результате устраняется опасность брака резьбы и поломки метчика.

Если резьба нарезается в глухом отверстии, то возникает опасность упора метчика в дно отверстия, что неизбежно ведет к поломке метчика и срыву витков резьбы. В связи с этим для нарезания глухих резьб применяют специальные патроны с предохранительными муфтами.

Режимы резания и смазочно-охлаждающие жидкости, используемые при нарезании резьбы метчиками

Скорости резания при нарезании резьбы метчиками могут выбираться на 50 -70 % больше значений относящихся к нарезанию резьбы плашками.

Применяемые смазочно-охлаждающие жидкости те же, что и при нарезании резьбы плашками.

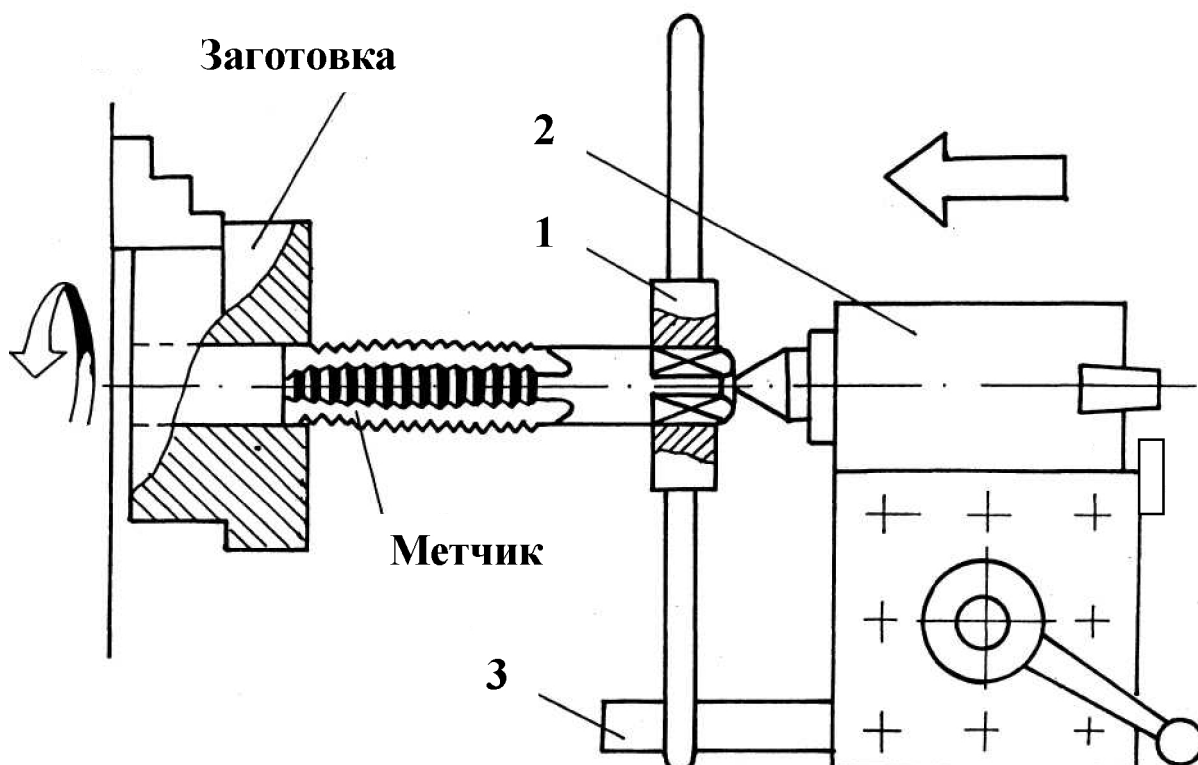


Рис.9. Нарезание резьбы метчиком с использованием воротка и упорной планки

Трудности, возникающие при нарезании резьбы метчиками в деталях из труднообрабатываемых материалов. Пути их преодоления

Процессу нарезания резьбы метчиками свойственны следующие недостатки:

- в работе участвует большое количество режущих зубьев;
- контакт зубьев метчика с обрабатываемым материалом осуществляется не только в зоне резания, но и по нерабочим боковым поверхностям;

- как отдельные режущие зубья, так и метчик в целом недостаточно прочны, особенно при нарезании резьб с малым диаметром и шагом;
- зона резания труднодоступна для проникновения смазочно-охлаждающей жидкости.

Наиболее резко указанные недостатки проявляются при нарезании резьбы в деталях из труднообрабатываемых материалов: нержавеющей и жаропрочных сталей, жаропрочных сплавов на никелевой основе, закаленных сталей, титановых сплавов и др.

Значительная площадь контакта метчика с деталью, недостаточное смазывание и охлаждение, повышенная склонность указанных материалов к схватыванию и наклепу обуславливают возрастание момента и работы трения, что вызывает повышение температуры резания и интенсивный износ метчиков. Кроме того, упругое последствие витков резьбы, особенно при обработке титановых сплавов, вызывает возникновение значительных нормальных к боковым поверхностям зубьев сил N (рис. 7), приводящих к защемлению зубьев метчика во впадинах нарезаемой резьбы и возрастанию суммарного крутящего момента. В результате наблюдаются сколы и выкрашивания отдельных зубьев и поломки метчиков.

Повышение стойкости инструмента и производительности труда при нарезании резьбы метчиками достигается различными путями и прежде всего за счет использования улучшенных марок быстрорежущих сталей (P9K5, P9Ф5, P10K5Ф5, P18Ф4K8M и др.), обладающих повышенными твердостью, прочностью и красностойкостью.

Второе направление состоит в усовершенствовании конструкции и геометрии метчиков. Главная цель, которую в этом случае пытаются достичь, - это уменьшение трения и устранение защемления метчика в нарезаемом отверстии.

С этой целью производят затыловку метчика наостро, не только по наружному диаметру, но и по среднему, т.е. по профилю резьбы. В случае затылования метчика по профилю резьбы толщина витка, измеренная со стороны передней поверхности, оказывается больше измеренной со стороны спинки пера. В результате по боковым сторонам профиля возникает небольшие задние углы ($20'-30'$), что приводит к уменьшению трения зубьев метчика о стенки впадины нарезаемой резьбы.

Результатом совершенствования конструкции метчиков явилось создание метчиков с шахматным расположением зубьев (рис. 10).

Как видно из рисунка метчики с шахматным расположением зубьев характеризуются тем, что их зубья на заборном конусе и калибрующей части или только на калибрующей части (при малой длине заборного конуса) срезаны через шаг по винтовой линии. При этом, если число перьев метчика нечетное, то зубья срезаются на всех перьях. Если же число перьев

метчика четное, то, как видно из рис.10, на одном из перьев зубья не срезаются.

Удаление части зубьев позволяет уменьшить площадь контакта зубьев метчика с нарезаемой резьбой и создает благоприятные условия для свободного протекания упругих деформаций витков резьбы в направлении "пустой" впадины (рис. 11) и лучшего проникновения СОЖ в зону контакта инструмента с деталью. Все это обеспечивает меньшую склонность к защемлению зубьев метчика во впадинах нарезаемой резьбы и снижение момента трения. В результате стойкость метчиков с шахматным расположением зубьев примерно в 2 раза больше стойкости обычных нормальных метчиков.

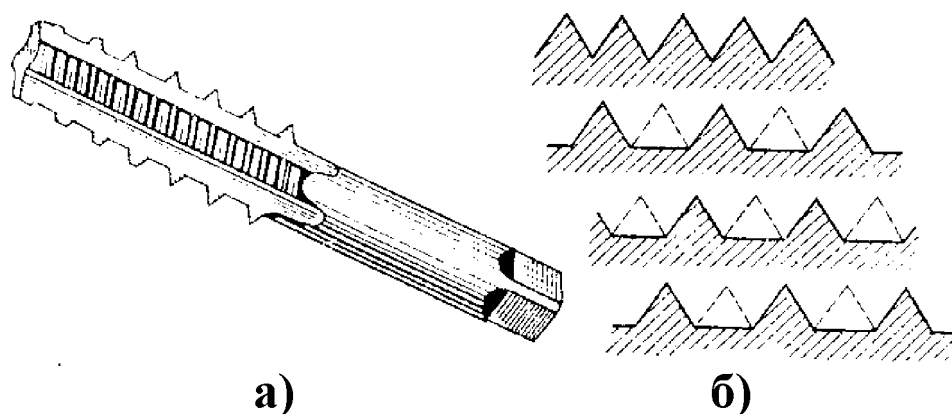


Рис. 10. Метчик с шахматным расположением зубьев: а - общий вид; б - схема расположения зубьев на перьях метчика

Недостатком "шахматных" метчиков является то, что в случае удаления режущих зубьев на заборном конусе толщина среза, снимаемого каждым зубом, увеличивается в два раза (рис. 11 а). Это ведет к увеличению нагрузки на отдельные режущие зубья и является причиной их частого выкрашивания, в особенности, при обработке закаленных сталей, имеющих высокую прочность и твердость. Кроме того, дополнительная операция по удалению части зубьев увеличивает трудоемкость и стоимость изготовления метчиков.

Указанные недостатки устранены в конструкции корригированных метчиков. Как видно из схемы резьбовой гребенки (рис.11б), корригированные метчики характеризуются тем, что у них угол профиля α_m меньше угла профиля нарезаемой резьбы α . При нарезании метрических резьб угол профиля метчика можно принимать равным 55° .

 δ

52

высота этих гребешков невелика и вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к шероховатости поверхности резьбы.

3. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦАМИ

3.1 Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом

Для нарезания резьбы резцом необходимо кинематически связать шпиндель и ходовой винт станка (рис. 12) таким образом, чтобы за один оборот заготовки (детали) перемещение резца равнялось бы шагу нарезаемой резьбы. Эта связь может быть представлена в виде уравнения:

$$P_p = P_{Х.В.} \cdot i_{общ},$$

где P_p - шаг нарезаемой резьбы;

$P_{Х.В.}$ - шаг ходового винта;

$i_{общ}$ - общее передаточное отношение кинематической цепи, связывающей шпиндель с ходовым винтом.

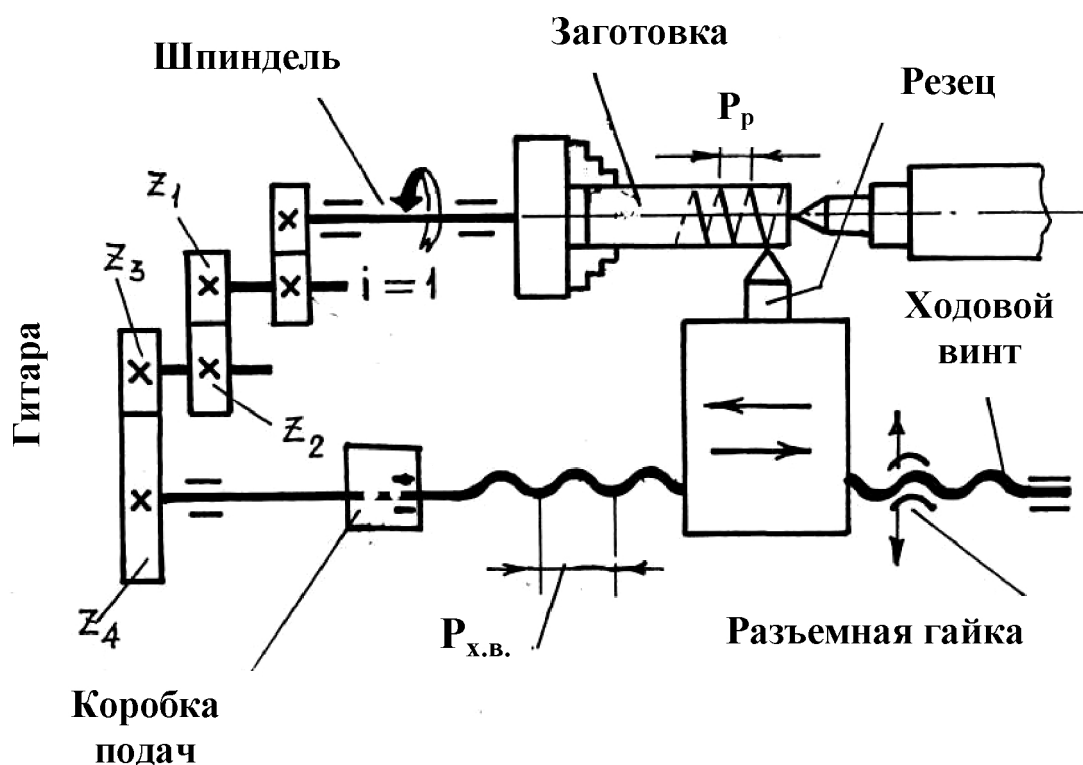


Рис. 12. Принципиальная схема настройки токарно-винтового станка на нарезание резьбы резца

Общее передаточное отношение, следовательно, будет равно:

$$i_{\text{общ}} = \frac{P_p}{P_{X.B.}}$$

Эта формула представляет собой уравнение настройки станка на нарезание резьбы.

Современные токарные станки позволяют нарезать резьбы с любым шагом, для чего настройку производят путем соответствующего переключения рукояток управления. Требуемое положение рукояток при заданном шаге резьбы устанавливается по таблицам, прикрепленным к станку.

3.2 Нарезание треугольных резьб

Конструкция и геометрия резьбовых резцов

При высоких требованиях к соосности резьбы с другими поверхностями детали ее нарезание выполняют резьбовыми резцами на токарных станках, настроенных на подачу, соответствующую шагу резьбы (рис. 13).

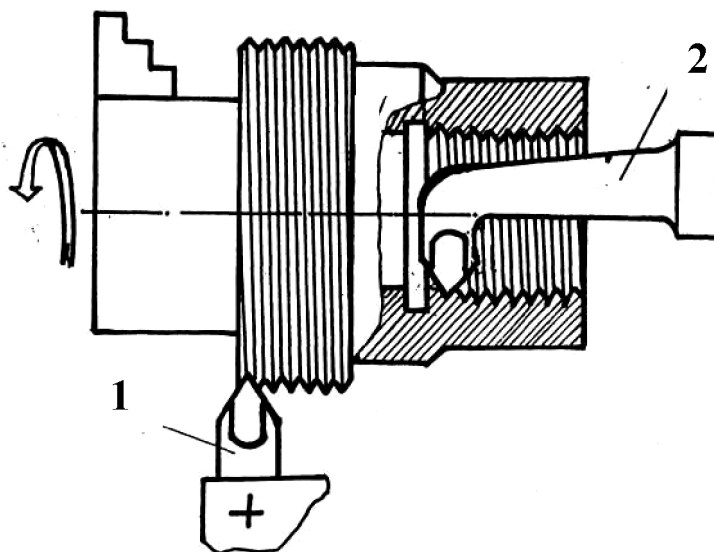


Рис. 13. Схема нарезания наружной и внутренней резьбы

На рис.14 представлена конструкция и геометрия стержневого твердосплавного резьбового резца для нарезания наружной резьбы. Как видно из этого рисунка, профиль резьбового резца соответствует профилю нарезаемой резьбы: для метрической резьбы угол при вершине $\epsilon=60^\circ$, для дюймовой $\epsilon=55^\circ$.

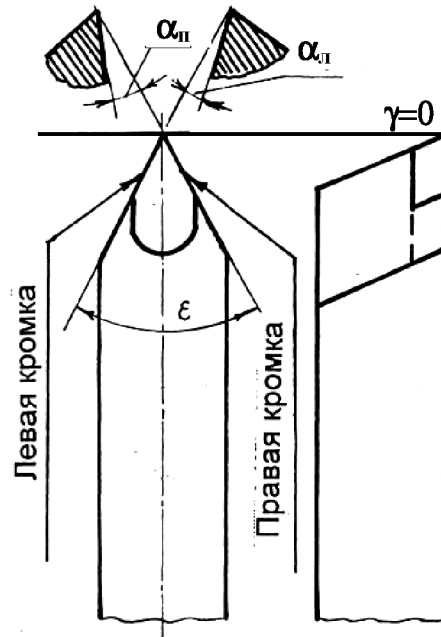


Рис. 14. Конструкция и геометрия стержневого твердосплавного резца для нарезания наружной резьбы

В процессе нарезания резьбы резцом возможна некоторая "разбивка" профиля резьбы. Поэтому при заточке угол профиля резца несколько занижается: на 10-20' для резцов из быстрорежущих сталей и на 20-30' для твердосплавных резцов. Вершина резьбового резца, в зависимости от формы впадины нарезаемой резьбы выполняется либо в виде плоского среза длиной f (рис. 15 а), либо в виде закругления с радиусом r (рис. 15 б). Так как величины f и r зависят от шага резьбы, а именно: $f_{ном}=0,166P$; $r_{ном}=0,144P$, то каждый резьбовой резец пригоден для нарезания резьбы только определенного шага. Форма вершины резцов для внутренней резьбы не оговаривается, но ограничивается размером хорды $v=0,125P$ (рис.15 в) Профиль резьбового резца и его вершины при заточке проверяют специальным шаблоном.

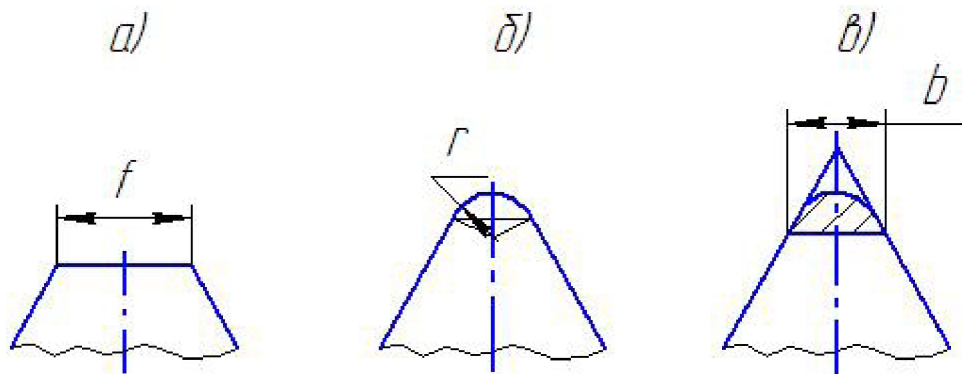


Рис. 15. Варианты выполнения профиля вершины резцов: а, б - для нарезания наружной резьбы; в - для нарезания внутренней резьбы

Передний угол γ для чистовых резьбовых резцов принимается равным 0° , так как в этом случае при правильной установке резца не

происходит искажение профиля нарезаемой резьбы. Для черновых резцов угол γ увеличивают до $5-10^\circ$, что позволяет облегчить процесс образования стружки, уменьшить ее деформации и силы резания. Если чистовые резцы затачиваются с углом $\gamma > 0$ (это оказывается целесообразным при обработке вязких и пластичных материалов), то необходимо производить корректировку угла профиля резца.

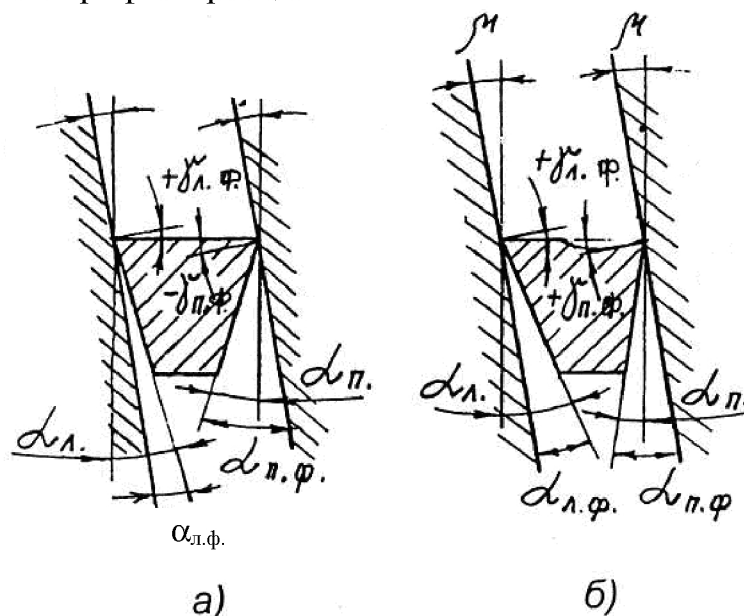


Рис. 16. Схема установки резца без поворота

Особенностью процесса нарезания резьбы резцами является то, что фактические углы резца в процессе работы существенно отличаются от полученных при заточке. Так, при нарезании правых резьб, как видно из рис.16 а, для левой режущей кромки фактический передний угол увеличивается, а фактический задний угол уменьшается:

$$\gamma_{л.ф} = \gamma_{л.} + \mu$$

$$\alpha_{л.ф.} = \alpha_{л.} - \mu$$

Для правой режущей кромки наоборот – фактический передний угол уменьшается, а фактический задний угол увеличивается:

$$\gamma_{пр.ф} = \gamma_{пр.} - \mu$$

$$\alpha_{пр.ф} = \alpha_{пр.} + \mu$$

В приведенных формулах μ - это угол подъема резьбы. Величина этого угла тем больше, чем больше шаг резьбы и меньше ее средний диаметр.

В результате при одинаковой заточке задних поверхностей фактический угол со стороны левой кромки $\alpha_{л.ф.}$ становится весьма малым или равным 0° . Это приводит к возрастанию трения, интенсивному износу левой задней поверхности и ухудшению качества поверхности резьбы.

Неблагоприятно сказывается на работе резца также уменьшение фактического переднего угла при правой режущей кромки: при угле заточки $\gamma=0^\circ$ он становится отрицательным.

Для устранения указанных недостатков используют два способа.

Первый заключается в том, что задние поверхности резцового резца затачивают с различными углами: большими со стороны левой режущей кромки и меньшими – со стороны правой (рис. 16 б). Например, $\alpha_{л}=6-8^\circ$, а $\alpha_{п}=3-5^\circ$. Кроме того, на передней поверхности резца вдоль правой режущей кромки затачивают канавку, облегчающую образование стружки.

Второй способ характеризуется тем, что резец затачивают с одинаковыми углами по правой и левой кромкам, но при установке его поворачивают на угол подъема резьбы (рис. 17). В результате обеспечивается равенство фактических углов $\gamma_{ф}$ и $\alpha_{ф}$ по обеим режущим кромкам резца. Следует однако учесть, что при указанном повороте искажается профиль нарезаемой резьбы. Поэтому при больших углах подъема резьбы необходимо корректировать угол профиля резца.

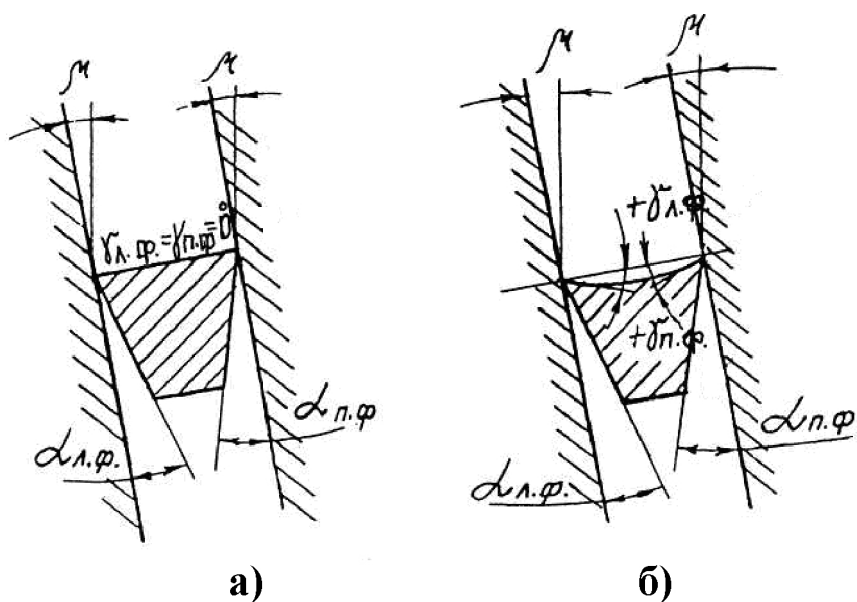


Рис. 17. Схема установки резца с поворотом

Для осуществления поворота резца применяют специальные державки с поворотной головкой и делениями. Одна из таких конструкций представлена на рис. 18. Как видно из этого рисунка, резец 1 закрепляется винтом 2 в поворотной пружинной головке 3 и вместе с ней может поворачиваться относительно корпуса 4, закрепляемого в резцедержателе станка. Угол поворота отсчитывается по шкале, нанесенной на поворотной головке. Фиксирование головки относительно корпуса осуществляется путем затяжки винта 5. Использование пружинной головки позволяет снизить вибрацию и улучшить качество поверхности резьбы.

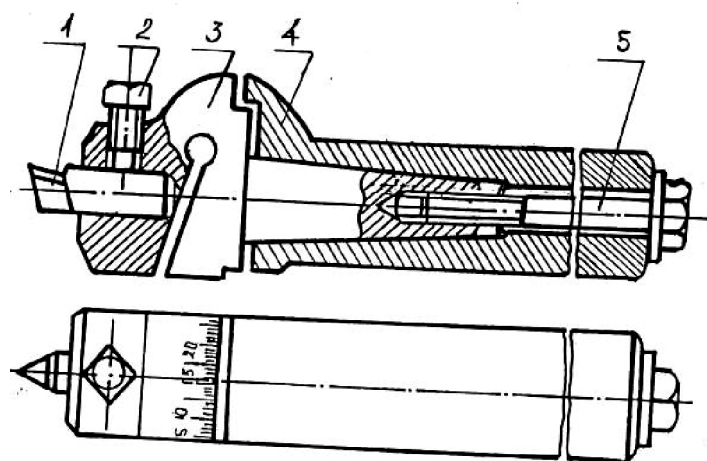


Рис. 18. Державка с поворотной головкой

Высокие требования, предъявляемые к заточке резцов и сохранению правильного профиля, привели к использованию в производстве резьбовых резцов: призматических (рис. 19 а) и круглых (дисковых) (рис. 19 б). У этих резцов размеры элементов профиля резьбы выдерживаются более точно, чем у стержневых, так как такие резьбовые резцы затачиваются по передней поверхности, а отшлифованные при изготовлении задние поверхности сохраняют неизменными.

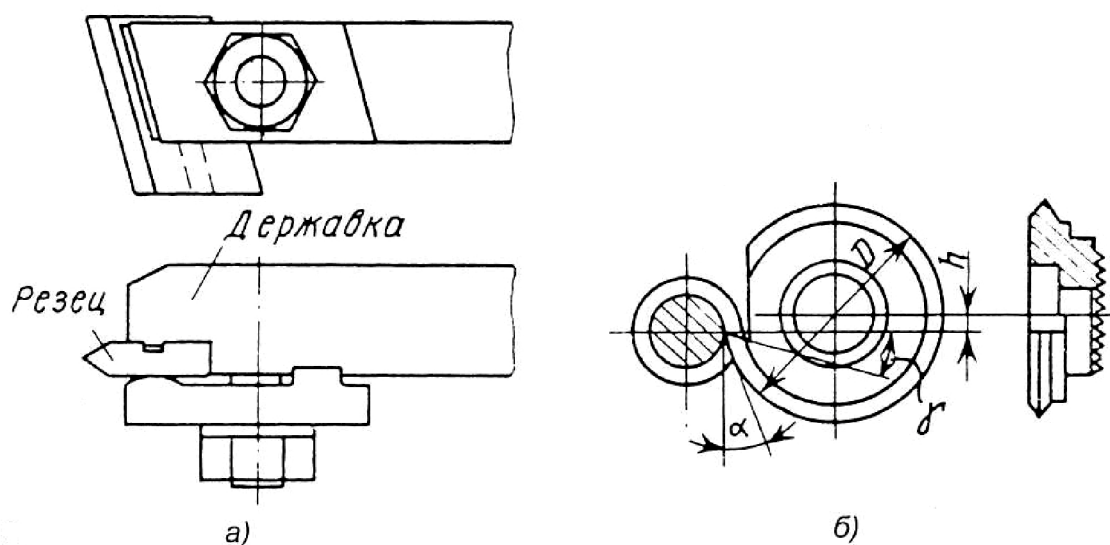


Рис. 19. Призматический (а) и круглый (б) резьбовые резцы

Призматические резьбовые резцы обычно применяют для нарезания треугольных резьб с небольшим углом подъема витков. Передний угол γ обеспечивается заточкой резца по передней поверхности, а задний угол α – установкой резца в державке под этим углом. Круглые резьбовые резцы получили более широкое распространение вследствие простоты изготовления и большего количества возможных переточек. Передний угол γ на круглых резцах обеспечивается заточкой, а задний α – за счет

установки оси резца выше оси обрабатываемой детали на величину h (рис. 19 б):

$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha,$$

где D – диаметр резбового резца.

Наряду с односторонними резбовыми резцами широкое применение находят и многосторонние резбовые резцы, которые называются резбовыми гребенками. Так же как и односторонние резцы, гребенки бывают стержневые (рис. 20 а), призматические (рис. 20 б) и круглые (рис. 20 в).

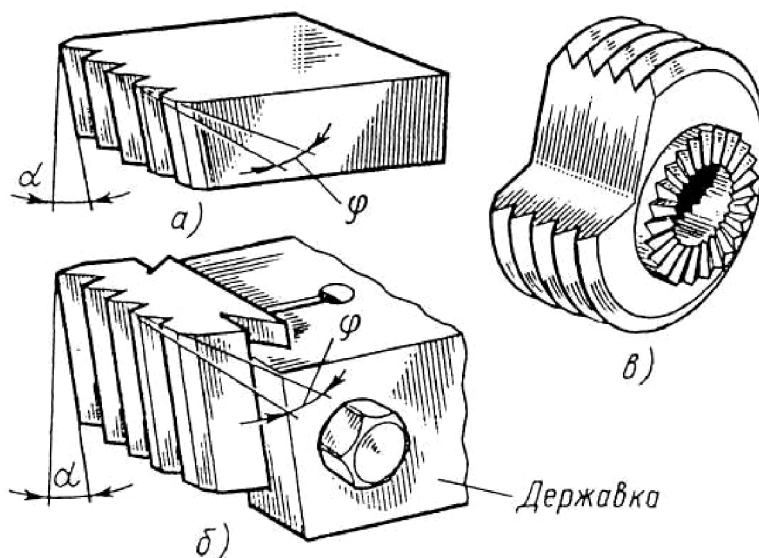


Рис. 20. Резбовые гребенки: а - стержневая; б - призматическая; в - круглая

Особенности гребенок является совмещение нескольких односторонних резцов, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. Так же как у метчиков и плашек, первые две-три нитки (по направлению подачи) срезаются под углом $\varphi = 25-30^\circ$, образуя заборную часть. Остальные играют роль калибрующих. Наличие заборной части ведет к распределению нагрузки между несколькими зубьями, что позволяет уменьшить число проходов и повысить производительность.

В качестве инструментальных материалов для оснащения резбовых резцов используются:

- быстрорежущие стали – P18, P6M5, P9K5 и др.;
- твердые сплавы – T15K6, T14K8, T30K4 (при обработке углеродистых и легированных сталей) и BK8, BK6M, BK3M, BK2 (при обработке чугуна, а так же жаропрочных и титановых сплавов).

Подготовка деталей для нарезания резьбы резцом

При подготовке деталей под последующее нарезание резьбы необходимо учитывать, что при нарезании резьбы, как уже отмечалось

выше, происходит пластическое выдавливание металла из впадин, вызывающее «подъём» витков резьбы. Поэтому диаметр поверхности под наружную резьбу должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы, а диаметр отверстия под внутреннюю резьбу – несколько больше внутреннего диаметра резьбы. Величины этих диаметров определяются по справочникам и в зависимости от свойств обрабатываемого материала и шага резьбы. Ориентировочно они могут выбираться в соответствии с рекомендациями, приведенными в п.п. 2.1 и 2.2.

Для выхода резца в конце нарезанной части детали прорезаются канавки (рис. 21 а, б). Диаметр канавки «по дну» в случае наружной резьбы должен быть на 0,2 – 0,3 мм меньше внутреннего диаметра резьбы, а в случае внутренней резьбы – больше на такую же величину наружного диаметра резьбы. Ширина канавки должна быть несколько больше шага резьбы (при скоростном нарезании резьбы твердосплавными резцами ее увеличивают до 2–3 шагов). При нарезании резьбы на болтах, шпильках и на некоторых других деталях канавок не делают, а в конце каждого прохода резца быстро его отводят от детали. В результате на детали образуется участок с неполным профилем резьбы, который называют «сбегом» резьбы (рис. 21 в).

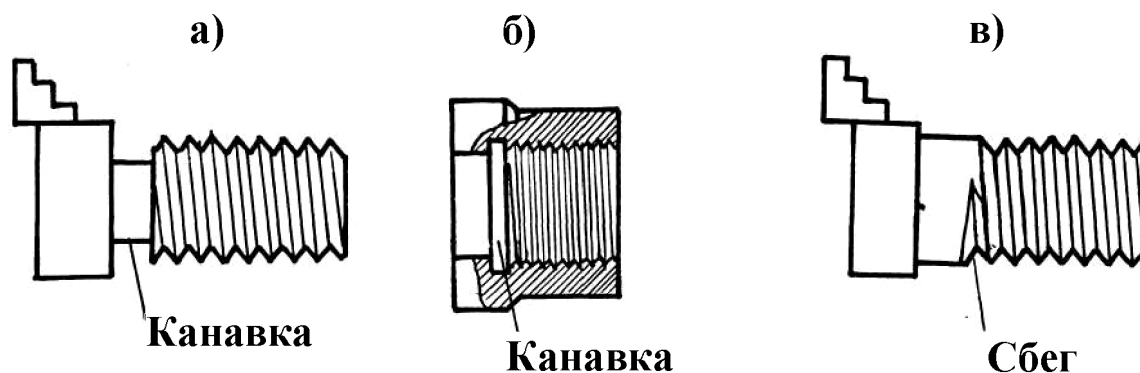


Рис. 21. Схемы выхода резьбы: а, б - канавки для выхода резьбового резца; в - сбег резьбы

Установка резьбовых резцов на станке и приемы нарезания резьбы

Резьбовой резец должен быть установлен так, чтобы ось симметрии его профиля была перпендикулярна к оси нарезаемой резьбы. При несоблюдении этого условия резьба получится с профилем, «сваленным» в одну сторону.

Для получения правильного профиля резьбы резец устанавливают по шаблону (рис. 22). Шаблон прикладывают к заготовке (детали) на уровне ее оси, а резец вводят в профильный вырез. Правильное положение режущих

кромки резца проверяются на «просвет», после чего резец закрепляют и убирают шаблон. Вершина резцового резца должна быть расположена точно на высоте линии центров станка. В противном случае профиль нарезанной резьбы получится искаженным.

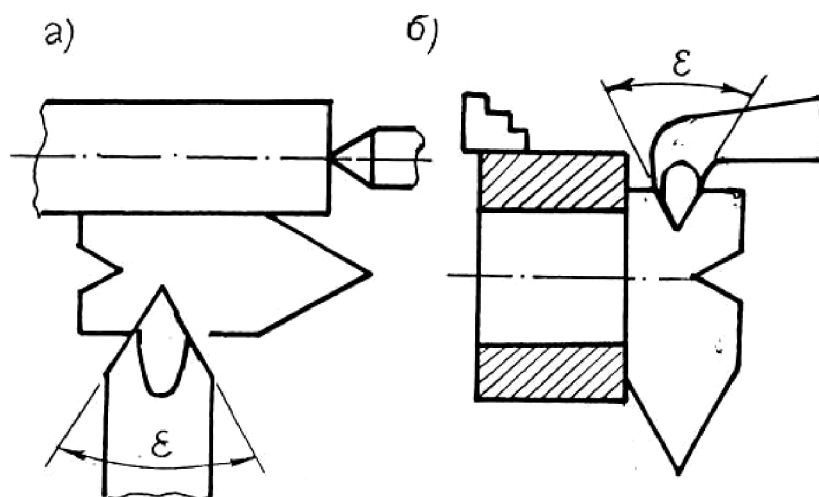


Рис. 22. Установка резцового резца по шаблону: а - при нарезании наружной резьбы; б - при нарезании внутренней резьбы

Нарезание резьбы резцом осуществляется за несколько рабочих ходов (проходов). После каждого прохода резец выводят из винтовой канавки, суппорт возвращают в исходное положение, после чего производят следующий проход.

Число проходов и глубина врезания при каждом проходе зависят от нарезаемой резьбы, материала резцового резца и свойств обрабатываемого материала.

При нарезании наружной резьбы с шагом до 2 мм включительно на деталях из углеродистых и легированных конструкционных сталей быстрорежущими резцами число черновых проходов составляет 3–6, а чистовых 3. При шаге резьбы 2 – 6 мм число черновых проходов составляет 6 – 9, а чистовых – 3 – 4. Меньшие числа проходов относятся к резьбам с меньшим шагом, а большие – к резьбам с большим шагом. Использование твердосплавных резцовых резцов позволяет сократить число проходов на 30 – 40%.

При нарезании внутренних резьб число проходов должно быть примерно в 1,5 – 2 раза больше указанных выше. Это вызвано стремлением уменьшить площадь сечения среза, снимаемого резцом при каждом его проходе. В результате уменьшаются силы резания и отжимы резцового резца, что особенно важно в связи с малой жесткостью резцовых резцов для нарезания внутренних резьб.

Довольно часто число чистовых проходов уменьшают, заменяя их калибровкой резьбы плашками и метчиками.

В зависимости от направления перемещения резца при врезании различают две схемы образования впадины резьбы: при поперечном и боковом врезании. Если шаг нарезаемой резьбы не превышает 2 мм, врезание резца при каждом проходе осуществляется за счет его поперечной подачи (рис. 23 а). При поперечном врезании, как видно из рис.23 а, сечение среза имеет сложную v – образную форму, в результате чего стружки, образуемые одновременно обеими режущими кромками резца, сталкиваются, их деформации и силы резания увеличиваются. Это приводит к ухудшению качества поверхности резьбы и интенсивному износу вершины резьбового резца.

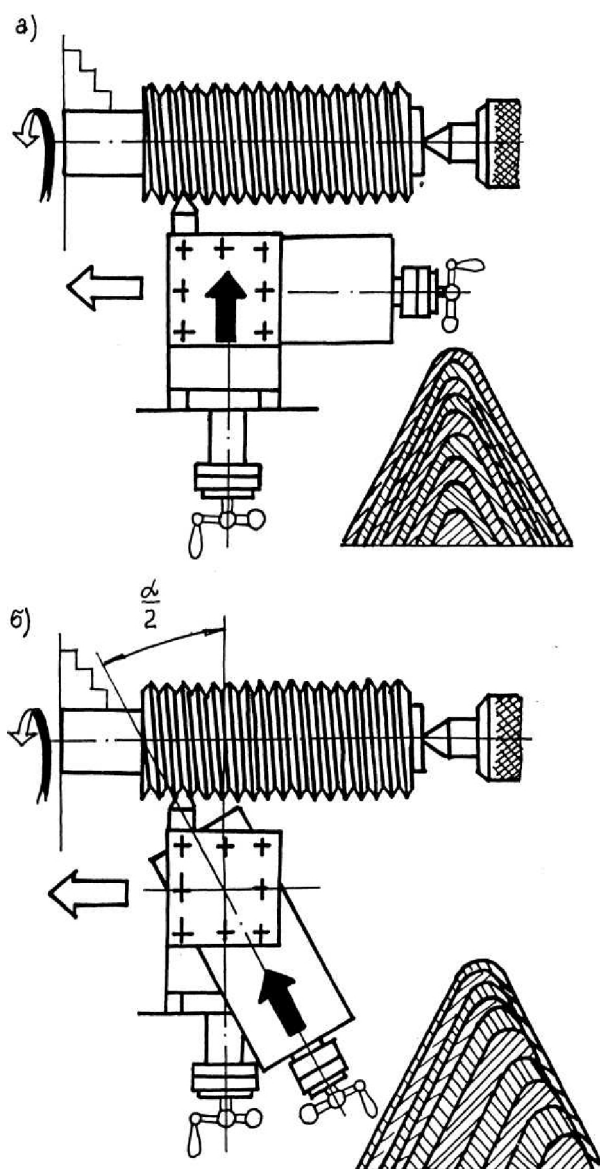


Рис. 23. Схемы врезания при нарезании наружной резьбы:
а - поперечное; б - боковое с разворотом верхней каретки суппорта

В связи с этим при шаге резьбы, большем 2 мм, ее нарезают не с поперечным, а с боковым врезанием резца (рис. 23 б). При боковом врезании металл срезается только одной режущей кромкой в виде ленты.

Стружка сравнительно мало деформируется и свободно выходит из канавки. Вершина резца изнашивается сравнительно медленно.

Для осуществления бокового врезания верхнюю каретку суппорта разворачивают под углом 30° к оси центров, если нарезаются метрическая резьба, и под углом $27^\circ 30'$, если нарезаются дюймовая резьба. Врезание осуществляется за счет поворота рукоятки верхней каретки суппорта.

Следует, однако, отметить, что при этом способе врезания резьба получается менее точной. Поэтому чистовые проходы всегда осуществляются по схеме поперечного врезания.

Как уже отмечалось выше, после каждого прохода резца суппорт возвращается в исходное положение путем реверсирования вращения шпинделя без выключения разъемной гайки.

Особенности нарезания левых резьб

Нарезание левых резьб характеризуется тем, что ходовой винт и шпиндель должны вращаться в разные стороны.

Для нарезания левой наружной резьбы необходимо, чтобы при обычном (правом) направлении вращения шпинделя суппорт перемещался (при рабочем ходе резца) от передней бабки к задней. Это достигается за счет реверсирования вращения ходового винта. Нарезание резьбы ведется «на выход» от левого конца детали к правому. Нарезание внутренней резьбы следует производить при левом (обратном) вращении шпинделя, сообщая резцу подачу в направлении от задней бабки к передней. При таком способе токарь может наблюдать за входом резца в материал детали и осуществлять предварительные измерения резьбы. Естественно, что в этом случае для работы должны использоваться левые резьбовые резцы.

Режимы резания и смазочно – охлаждающие жидкости, используемые при нарезании резьбы резцами

Глубина резания при нарезании резьбы резцами определяется числом проходов и высотой профиля резьбы.

Подача равняется шагу резьбы, если резьба однозаходная, или ходу, если резьба многозаходная.

Выбор скорости резания зависит от свойств обрабатываемого материала резьбового резца и шага резьбы. При обработке стали средней твердости быстрорежущими резцами для черновых проходов она составляет 20 – 35 м/мин, при обработке чугуна – 10 – 15 м/мин. При использовании твердосплавных резцов скорости резания могут быть увеличены соответственно до 100 – 150 м/мин и 40 – 60 м/мин. Для чистовых проходов скорость резания увеличивают в 1,5 – 2 раза. При нарезании внутренних резьб скорость резания снижают на 20 – 30%.

Во всех случаях, чем больше шаг нарезаемой резьбы, тем меньше должна быть скорость резания.

Нарезание резьбы на высоких скоростях резания встречает существенные трудности. Они связаны с тем, что при быстром перемещении резца вдоль оси при высоких скоростях резания трудно обеспечить своевременный отвод резца после выхода из резьбы и включение реверса шпинделя. Некоторые токари-виртуозы достигли такого совершенства в своих движениях, что работают со скоростями резания до 170 м/мин.

Попытки автоматизировать отвод резца и реверсирование шпинделя в конце прохода пока еще не дали удовлетворительных результатов.

Охлаждение при нарезании резьбы быстрорежущими резцами имеет исключительно важное значение, так как не только дает возможность повысить скорость резания, но и способствует получению чистой поверхности резьбы.

Лучшей смазочно-охлаждающей жидкостью при нарезании резьбы на стальных деталях является смесь растительных масел с керосином или скипидаром. Хорошие результаты дает использование сульфифрезола.

Водомасляные эмульсии позволяют повышать скорость резания, но в меньшей степени способствуют улучшению качества поверхности резьбы, чем масло.

На чугунных деталях резьба нарезается чаще всего всухую или с использованием керосина.

3.3 Нарезание многозаходных резьб

Нарезание многозаходных резьб любого профиля (треугольных, прямоугольных, трапецеидальных) начинают так, как если бы требовалось нарезать однозаходную резьбу с шагом, равным длине хода. Например для нарезания трехзаходной метрической резьбы с шагом $P=2$ мм М20×(2×3) станок с помощью рукояток коробки подач настраивают на шаг, соответствующий величине хода $P_h = P \cdot n = 2 \cdot 3 = 6$ мм, где n – число заходов.

Нарезав одну винтовую канавку на полный профиль, отводят резец от детали и, сообщив ходовому винту обратный ход, возвращают суппорт в исходное положение. После этого при неподвижном ходовом винте, а следовательно, и неподвижном резце, поворачивают деталь на такую часть окружности, сколько заходов имеет резьба, т.е. при двухзаходной резьбе – на половину оборота, при трёхзаходной – на одну треть оборота и т.д.

На современных станках указанный поворот детали осуществляется за счет поворота шпинделя с помощью специального делительного устройства. При этом необходимо разомкнуть кинематическую цепь, соединяющую шпиндель с ходовым винтом. После поворота шпинделя на требуемый угол цепь «шпиндель – ходовой винт» вновь соединяют и нарезают следующий ход резьбы.

Если станок не имеет специального устройства, применяют различные делительные патроны.

4. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ РЕЗЬБ

Для контроля размеров резьб используется два метода: дифференцированный, предусматривающий проверку отдельных элементов резьбы, и комплексный, характеризующийся тем, что все элементы резьбы проверяются одновременно.

При дифференцированном методе контролируются шаг и угол профиля резьбы, средний диаметр, наружный диаметр наружной резьбы и внутренний диаметр внутренней резьбы.

Шаг резьбы ориентировочно проверяют масштабной линейкой, измеряя расстояние между 5, 10 или 20-ю витками резьбы (рис. 24 а). Разделив найденное по линейке расстояние между крайними витками на число шагов, находят шаг резьбы. Для дюймовой резьбы определяют, сколько ниток укладывается по длине 1" (25,4 мм). Для более точных измерений вместо линеек можно использовать штангенциркуль.

Для контроля шага и одновременно угла профиля резьбы пользуются набором шаблонов-резьбомеров. Шаблон представляет собой гребенку определенного шага и угла профиля, которые на нем обозначены (например: 60°, 2 мм или 55°, 11 ниток). Прикладывая шаблон гребенкой к резьбе, определяют на просвет совпадение шага и угла профиля гребенки с шагом и углом профиля контролируемой резьбы (рис. 24 б). Шаг и угол профиля внутренних резьб так же определяют с помощью резьбомера. Если резьбомер не входит в нарезанное отверстие, то контроль резьбы производят по ее отпечатку. На ребрах палочки при этом получают отпечатки вершин резьбы, по которым нетрудно определить ее шаг или число ниток на 1".

Наружные диаметры наружных резьб и внутренние внутренних – могут быть измерены с помощью штангенциркуля или проконтролированы гладкими предельными калибрами.

Средний диаметр наружной резьбы измеряют резьбовым микрометром (рис 25). Особенностью резьбового микрометра является то, что в его шпинделе и пятке выполнены отверстия, в которые устанавливают резьбовые вставки (в шпиндель – коническую, а в пятку – призматическую) с углами, соответствующими углу профиля измеряемой резьбы, а призматическая охватывает противоположный виток.

Резьбовые микрометры снабжаются комплектами наконечников: каждая пара предназначена для определенной группы шагов. Наконечники изготавливаются с углами между измерительными поверхностями 60° и 55° соответственно для метрических и дюймовых резьб.

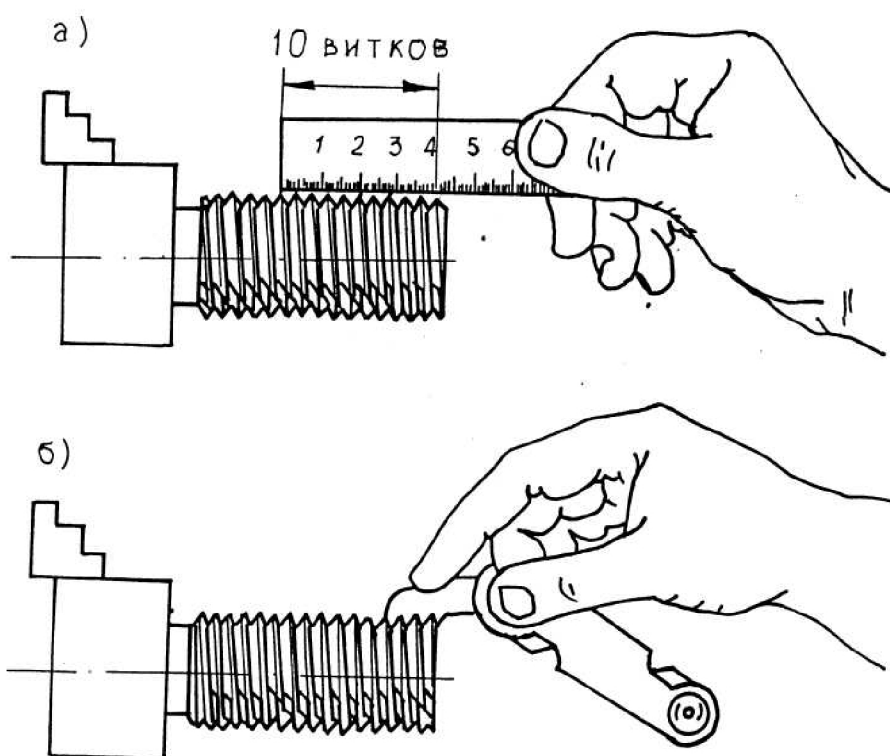


Рис. 24. Контроль шага и угла профиля резьбы: а - контроль шага с помощью линейки; б - контроль шага и угла профиля резьбы

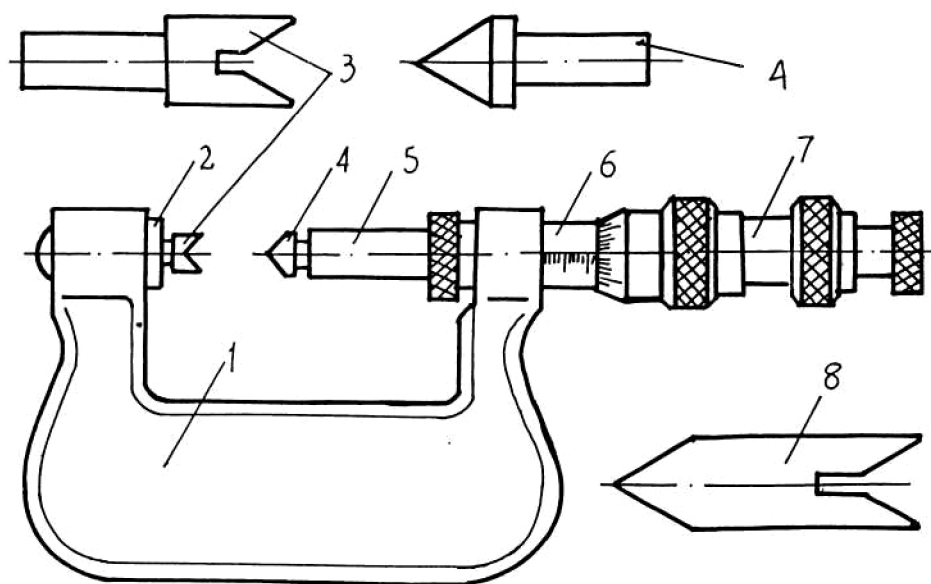


Рис. 25. Резьбовой микрометр

Погрешность измерения среднего диаметра резьбы микрометром – 0,01 мм.

Измерение среднего диаметра внутренних резьб также производится микрометрами, но при помощи слепков, получаемых тем же способом, что и при контроле шага резьб. При диаметре резьбы свыше 200 мм средний диаметр внутренней резьбы можно измерять нутромерами со специальными сферическими наконечниками.

Комплексный контроль резьбовых деталей осуществляют с помощью предельных резьбовых калибров. Наружную резьбу контролируют резьбовыми кольцами или скобами (рис. 26 а), а внутреннюю – резьбовыми пробками (рис. 26 б). Так же как в случае гладких цилиндрических деталей контроль производится проходным (ПР) и непроходным (НЕ) калибрами. При этом показателем годности или негодности резьбы служит то, как она свинчивается с резьбовыми калибрами. Если проходной калибр ПР (кольцо или пробка) свинчивается с контролируемой деталью на полную длину резьбы, а непроходной НЕ – не свинчивается даже на 1 – 2 витках, то такая деталь считается годной: все элементы резьбы укладываются в заданные пределы.

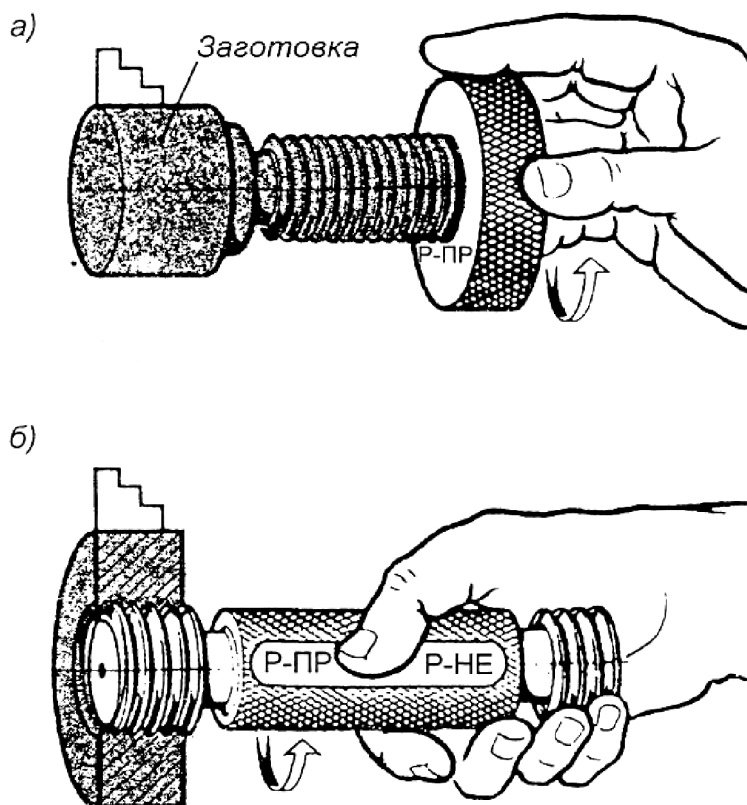
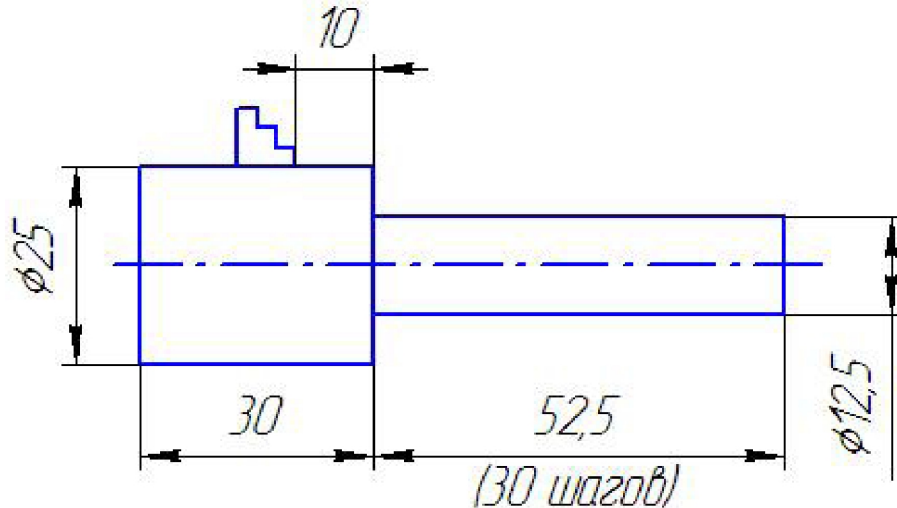


Рис. 26. Контроль резьбы калибрами

Проходной калибр, помимо контроля диаметров резьбы, проверяет также шаг и угол профиля резьбы. Поэтому они имеют полный профиль резьбы и длину, соответствующую длине свинчивания. Непроходные калибры контролируют только соответственно средние диаметры гайки или винта. Поэтому, чтобы исключить влияние на их свинчиваемость с деталями погрешностей шага и угла профиля, они имеют укороченный профиль и небольшое число витков.

ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ «НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ ПЛАШКОЙ»

1. Подготовка станка и зоны вокруг него для безопасного размещения группы студентов.
2. В патроне закрепляется заготовка:



Вопросы: 1) определите время обточки;
2) определите время нарезания резьбы плашкой.

3. Станок настраивается для обточки стержня:
 - 3.1. В резцедержатель закрепляется упорный и проходной резец с $\varphi=45^\circ$,
 - 3.2. Измеряется диаметр стержня заготовки (например, $d_{\text{заг}} = 12,5$),
 - 3.3. Определяется диаметр стержня под нарезание резьбы:

$$12 - \Delta = 12 - 0,2 = 11,8,$$
 - 3.4. Определяется глубина резания:

$$t = \frac{12,5 - 11,8}{2} = 0,35 \text{ мм},$$
 - 3.5. Станок настраивается: $n = 120 \text{ об/мин}$ ($v \approx 5 \text{ м/мин}$); $S = 0,2 \text{ мм/об}$,
 - 3.6. При $t = 0,35 \text{ мм}$, $S = 0,2 \text{ мм/об}$ и $n = 120 \text{ об/мин}$ производится обточка (время обточки $T \approx 2,5 \text{ мин}$).
4. Станок настраивается для нарезания резьбы плашкой:
 - 4.1. В зависимости от конструкции приспособления устанавливается плашка (например, ручной плашкодержатель и опорная пластина),
 - 4.2. Стержень смазывается кисточкой СОЖ,
 - 4.3. Станок настраивается на $n = 60 \text{ об/мин}$ ($v \approx 2,5 \text{ м/мин}$),
 - 4.4. Производится нарезание резьбы.
5. Реверсирование шпинделя и свинчивание плашки.
6. Контроль резьбы кольцом-гайкой.

Кафедра
'Механической обработки материалов'
Студент _____

Группа _____ Дата _____

Отчет по лабораторно- практической работе

Нарезание резьбы.

1. Назначение резьб и их профиль.

2. Нарезание резьбы плашкой.

а) Схема нарезания резьбы

б) Конструкция и геометрия плашки

3. Нарезание резьбы метчиком.

а) Схема нарезания резьбы.

б) Конструкция и геометрия метчика

4. Нарезание резьбы резцом.

а) Конструкция и геометрия резца

б) Схема формирования канавки.

5. Ответы на контрольные вопросы.

Руководитель _____

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяются резьбы в машиностроении?
2. Какую форму профиля могут иметь резьбы?
3. Какую форму профиля имеют крепежные метрические и дюймовые резьбы?
4. Каким режущим инструментом нарезают крепежные резьбы на стержнях, (на винтах и болтах)? Изобразите схему нарезания.
5. Какие погрешности параметров резьбы могут возникнуть в связи с неправильным заходом в начале нарезания резьбы?
6. Как определяется наружный диаметр стержня под нарезание резьбы (почему?).
7. Что представляет собой плашка? Сделайте эскиз и дайте пояснения.
8. Как можно регулировать диаметральные размеры резьбы при нарезании плашкой?
9. Каким режущим инструментом нарезаются крепежные резьбы в отверстиях? Изобразите схему нарезания.
10. Как определяется диаметр отверстия под нарезание резьбы?
11. Что представляет собой метчик?
12. Почему у ручных (слесарных) метчиков не делают затылование зубьев на калибрующей части?
13. Можно ли у гаечных метчиков делать затылование зубьев на калибрующей части?
14. Какие конструкции метчиков используют с целью уменьшения крутящего момента при нарезании?
15. Какие преимущества и недостатки имеют метчики с «шахматном» расположением зубьев?
16. На каких станках могут нарезаться крепежные резьба метчиками и плашками? Какие приспособления используются при этом?
17. Какие СОЖ применяются при нарезании резьбы?

18. Какими инструментами контролируются нарезанные резьба в отверстиях и на стержнях?
19. Какое условие должно выполняться при настройке токарно-винторезного станка на нарезание резьбы с заданным шагом P ? Как оно обеспечивается?
20. Почему при нарезании резьбы резцом нельзя размыкать маточную гайку при возвращении суппорта станка в исходное положение перед новым проходом?
21. Изобразите схемы последовательного образования впадины резьбы с различными приемами подачи. Укажите преимущества и недостатки схем.
22. Как правильно установить и закрепить резец в резцедержателе?
23. Какие погрешности параметров резьбы могут возникнуть в связи с неправильной установкой резца в резцедержателе?
24. Можно ли крепежную резьбу с треугольным профилем с разным шагом нарезать одним и тем же резцом?

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Цель работы: - ознакомление с методами обработки отверстий лезвийными режущими инструментами, их кинематикой и технологическими характеристиками;

- изучение конструкции и геометрии, применяемых режущих инструментов, приобретение навыков их эскизирования и измерения геометрических параметров;
- ознакомление с конструкцией и кинематикой сверлильных станков;
- разработка маршрутной технологии обработки отверстий при заданных в чертеже точности и шероховатости поверхности, выбор режущих инструментов и режимов резания;
- настройка станка и выполнение операций механической обработки отверстий, контроль размеров и шероховатости поверхности, сопоставление полученных результатов с требованиями чертежа.

1. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ, ИХ КИНЕМАТИКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При изготовлении деталей различных изделий машиностроения значительную долю составляет обработка отверстий. При этом отверстия могут быть весьма разнообразными как по форме и размерам, так и по технологическим параметрам, указанным в чертеже.

Так, в зависимости от формы поверхностей отверстия могут быть: цилиндрические, конические, фасонные, ступенчатые. Кроме того, различают отверстия открытые с двух сторон (сквозные) и с одной стороны (глухие), а также нормальной длины, когда отношение длины к диаметру $1 \leq \lambda/d \leq 10$, и глубокие, когда $\lambda/d > 10$.

Весьма разнообразными могут быть и технологические параметры отверстий: точность – 14...6 качества, шероховатость поверхности – среднее арифметическое отклонение профиля R_a от 40 до 0,2 мкм [1].

Наибольшее распространение для обработки отверстий получили методы, основанные на использовании многолезвийных режущих инструментов: сверл, зенкеров и разверток. При этом количество режущих лезвий может составлять от $z=2$ (для сверл) до $z=6...12$ (для разверток, в зависимости от их диаметра). Кроме того, отверстия в деталях типа тел вращения, особенно при сравнительно

больших диаметрах, могут быть получены путем растачивания, являющегося разновидностью процесса точения [2].

При особо высоких требованиях к точности и качеству обработанной поверхности используются также протягивание и методы абразивной обработки: внутреннее шлифование, хонингование и др. [3].

Ниже рассмотрены наиболее распространенные методы обработки отверстий, а именно: сверление, зенкерование и развертывание.

Сверление представляет собой черновую обработку отверстий в сплошном материале. Если диаметр отверстия больше 30мм, то обработку осуществляют в два перехода сверлами разных диаметров: первый переход – сверление, второй – рассверливание. При этом точность размеров отверстий соответствует 14-12 квалитетам, а среднее арифметическое отклонение профиля $R_a = 40-12,5$ мкм.

Зенкерование является получистовым видом обработки отверстий, а развертывание – чистовым.

Технологические параметры (точность, шероховатость поверхности) при указанных методах обработки представлены в табл.1 [1].

Таблица 1

Технологические параметры обработанных отверстий при сверлении, зенкеровании и развертывании

Вид обработки	Точность, квалитет	Шероховатость R_a , мкм
Сверление и рассверливание	14-12	40-12,5
Зенкерование:		
- черновое	13	25-12,5
- получистовое	12-11	12,5-6,3
- чистовое	11-10	6,3-3,2
Развертывание:		
- черновое	10-9	12,5-6,3
- получистовое	9-7	3,2-1,6
- чистовое	7-6	0,8-0,4

Характерной особенностью сверл, зенкеров и разверток является то, что режущие лезвия этих инструментов образуют коническую по форме режущую часть, которую часто называют заборным конусом (рис.1). Угол конуса ϕ , он же главный угол в плане, является важным геометрическим параметром режущей части рассматриваемых инструментов. Он определяет работоспособность инструментов и качество обработанной поверхности. Величину этого угла принято характеризовать удвоенным его значением 2ϕ , которое называют углом при вершине режущей части инструмента.

Обработка отверстий сверлами, зенкерами и развертками осуществляется, как правило, на сверлильных станках. При этом, как видно из рис.1(а-г), и главное движение D_r , и движение подачи D_s сообщаются инструменту, установленному в шпинделе станка либо непосредственно с помощью

конического хвостовика, либо с использованием специальных патронов при сравнительно небольших диаметрах инструментов, имеющих цилиндрический хвостовик. Заготовка же неподвижно закрепляется на столе станка. При этом используются различные приспособления: кондукторы, тиски, токарные трехкулачковые патроны и др.

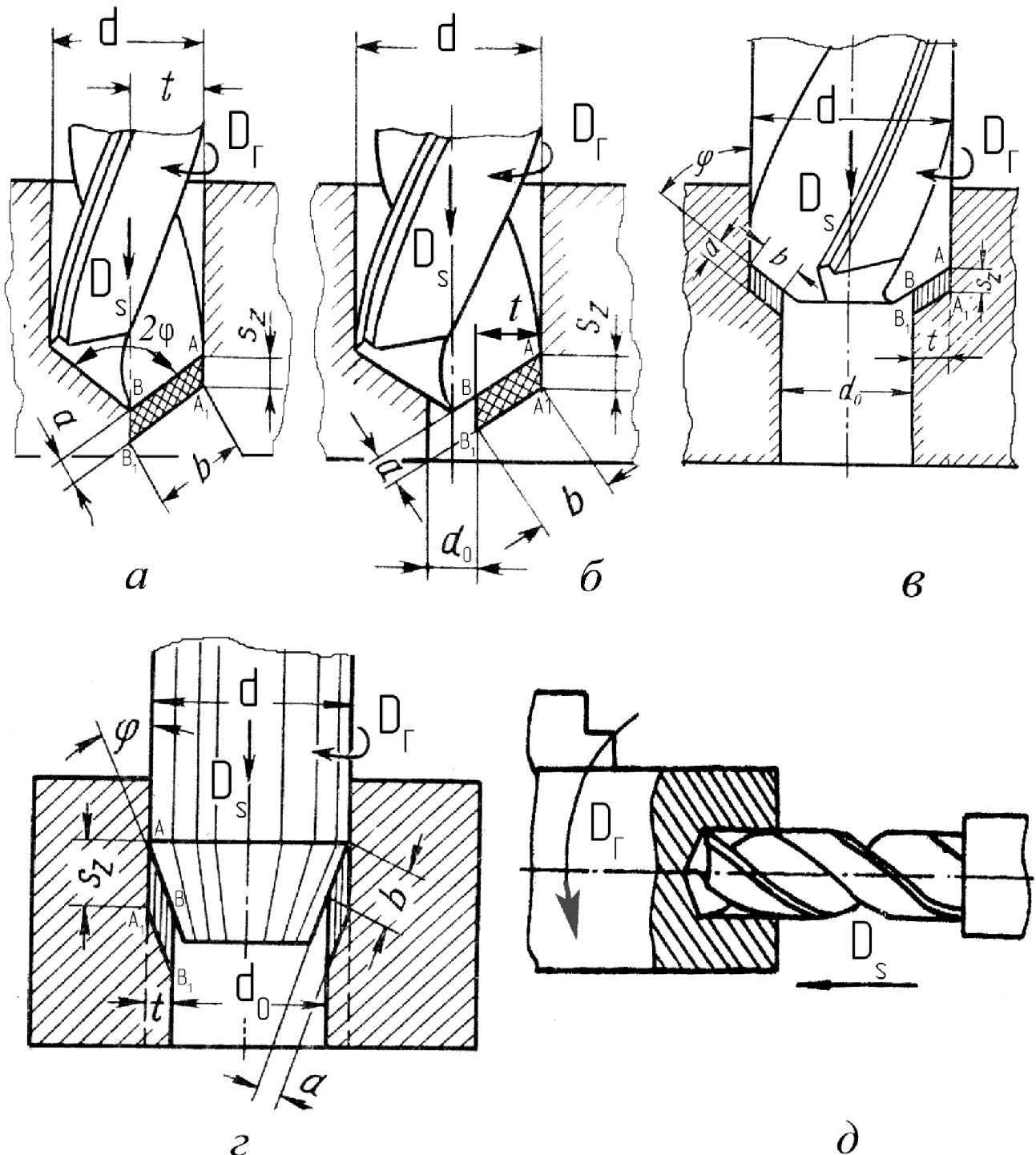


Рис. 1. Схемы обработки отверстий: *а*– сверление; *б* – рассверливание; *в* – зенкерование; *г*– развертывание; *д* – сверление на токарном станке

Кроме того, если обрабатываемые детали представляют собой тела вращения, то сверление, зенкерование и развертывание отверстий могут

осуществляться и на токарных станках, например, как показано на рис.1б применительно к процессу сверления. В этом случае заготовке, закрепленной в патроне, от шпинделя станка сообщается главное – вращательное движение D_r , а инструменту, установленному в пиноли задней бабки, – поступательное движение подачи D_s . Движение подачи может осуществляться вручную путем вращения рукоятки задней бабки станка, либо механически за счет присоединения задней бабки к суппорту станка с помощью специального устройства.

Иногда при развертывании отверстий и вращательное движение развертки (главное движение D_r) и ее поступательное движение (движение подачи D_s) осуществляют вручную. Для этого используют ручные развертки, характеризующиеся малыми углами заборного конуса ($2\varphi = 1...3^\circ$) и наличием цилиндрического хвостовика, заканчивающегося квадратом, с помощью которого развертки закрепляются в воротке.

2. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И СЕЧЕНИЯ СРЕЗА ПРИ СВЕРЛЕНИИ, ЗЕНКЕРОВАНИИ И РАЗВЕРТЫВАНИИ

Скорость главного движения D_r (вращательного движения инструмента или заготовки) определяет скорость резания v и может быть рассчитана по формуле

$$V = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (1)$$

где d – диаметр отверстия (режущего инструмента), мм;

n – частота вращения инструмента или заготовки (частота вращения шпинделя станка), об/мин;

V – скорость резания, м/мин.

Скорость движения подачи D_s характеризуется величиной подачи на одно режущее лезвие (на один зуб) инструмента s_z . Подача s_z – это величина перемещения инструмента в направлении движения подачи за время поворота инструмента или заготовки (при обработке на токарных станках) на угол, равный центральному углу между зубьями. Кроме того, скорость движения подачи при сверлении, зенкеровании и развертывании можно характеризовать величиной подачи за один оборот инструмента или заготовки s_0 [мм/об]. При этом связь между параметрами s_z и s_0 определяется следующей формулой: $s_z = s_0/z$, где z – число режущих лезвий. В случае сверления или рассверливания $s_z = s_0/2$.

Как видно из схем, представленных на рис.1 (б-г), при рассверливании, зенкеровании и развертывании инструменты срезают определенный слой материала заготовки (припуск). Толщина этого слоя будет определять глубину резания t , которая может быть найдена как полуразность диаметров обработанного отверстия d и предварительно подготовленного отверстия d_0 : $t = (d - d_0)/2$ [мм]. При сверлении отверстий в сплошном материале, поскольку $d_0 = 0$, глубина резания будет равна половине диаметра сверла $t = d/2$ (рис.1а,д).

Рассмотренные параметры: скорость резания v , подача $s_0(s_z)$ и глубина резания t , - называются элементами режима резания и определяют машинное время, а следовательно производительность обработки.

Как видно из рис.1, каждое режущее лезвие инструмента (сверла, зенкера или развертки) снимает сечение среза в виде параллелограмма AA_1B_1B . Сторона этого параллелограмма AA_1 , равная подаче s_z , и высота, представляющая собой глубину резания t , считаются технологическими параметрами сечения среза; сторона AB , называемая шириной среза b , и высота ей перпендикулярная a , называемая толщиной среза, считаются физическими параметрами сечения среза.

Зависимость между физическими и технологическими параметрами может быть представлена в виде: $a = s_z \cdot \sin \varphi = (s_0 / z) \cdot \sin \varphi$, $b = t / \sin \varphi$, где φ - угол заборного конуса или главный угол в плане; z – число режущих зубьев. Площадь сечения среза, как площадь параллелограмма AA_1B_1B , будет равна:

$$f = b \cdot a = s_z \cdot t \quad (2)$$

Чем меньше площадь сечения среза, тем меньше силы, действующие на режущие лезвия, меньше деформации инструмента и обрабатываемой детали, выше качество обработанных отверстий.

3. КОНСТРУКЦИЯ И ГЕОМЕТРИЯ СВЕРЛ

Наибольшее распространение при обработке отверстий глубиной до (5...10) d получили спиральные или винтовые сверла (рис.2). Они состоят из рабочей части λ и хвостовика λ_x . На рабочей части, в свою очередь, можно выделить режущую часть λ_r и направляющую λ_n .

Спиральные сверла изготавливают либо цельными из быстрорежущих сталей P18, P6M5, P9K5 и др., либо составными, оснащенными пластинками или коронками из твердых сплавов. Сверла малых диаметров также могут изготавливаться цельными из пластифицированных твердых сплавов. Для экономии инструментальных материалов сверла часто выполняют сварными: рабочую часть – из быстрорежущей стали или твердого сплава, хвостовую – из стали 40Х.

Как видно из рис.2, спиральные сверла могут иметь цилиндрический хвостовик (при $d = 0,10 \dots 20$ мм) или конический хвостовик (при $d = 6 \dots 80$ мм).

Основные типы и размеры сверл стандартизированы. В зависимости от длины рабочей части сверла с цилиндрическим хвостовиком разделены на три серии: короткую, среднюю и длинную. Сверла с коническим хвостовиком выпускаются с нормальной длиной, удлиненные и длинные. Геометрические

параметры сверл для некоторых диаметров и серий приведены в табл.П1 (см. приложение).

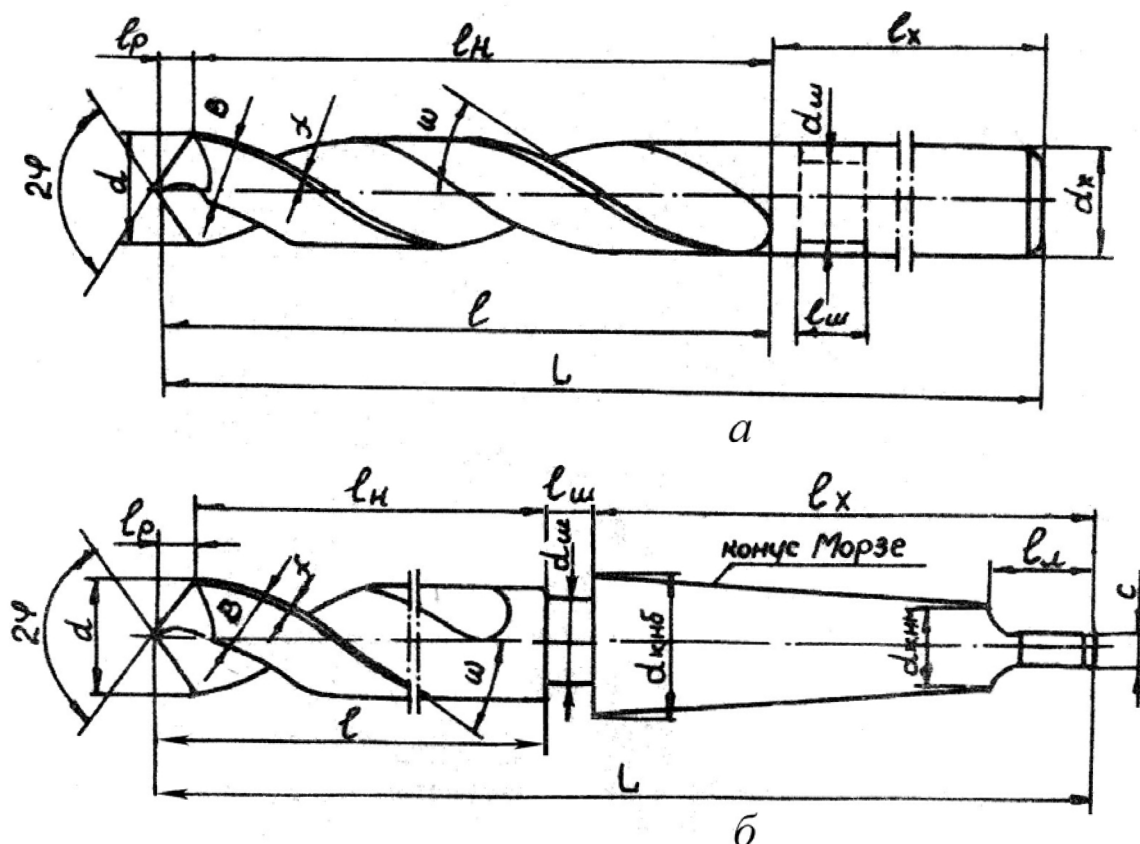


Рис.2. Конструкции цельных спиральных сверл с цилиндрическим (а) и коническим (б) хвостовиками

Режущая часть спирального сверла (рис.3а) имеет два режущих лезвия и соответственно две передние поверхности $A\gamma$, две главные задние поверхности $A\alpha$ и две вспомогательные задние поверхности $A'\alpha$.

Передние поверхности представляют собой линейчатые винтовые поверхности, плавно сопрягающиеся с поверхностями стружкоотводящих канавок. Главные задние поверхности обращены к поверхности резания заготовки и в зависимости от принятой схемы заточки могут быть коническими, винтовыми или плоскими. Вспомогательные задние поверхности – это поверхности направляющих ленточек на участках, примыкающих к вершинам режущих лезвий.

Линии пересечения передних поверхностей с главными задними поверхностями образуют две главные режущие кромки K , а со вспомогательными задними поверхностями – две вспомогательные режущие кромки K' .

Угол между режущими кромками определяет угол при вершине сверла (двойной угол в плане) 2ϕ и является одним из важных геометрических параметров его режущей части. Величина этого угла выбирается в зависимости

от механических характеристик обрабатываемых материалов: при обработке конструкционных сталей нормальной прочности и чугуна угол 2φ обычно равен $116...118^\circ$, при обработке мягких и вязких материалов этот угол уменьшают до $90-100^\circ$, а при обработке высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов – увеличивают до 140° .

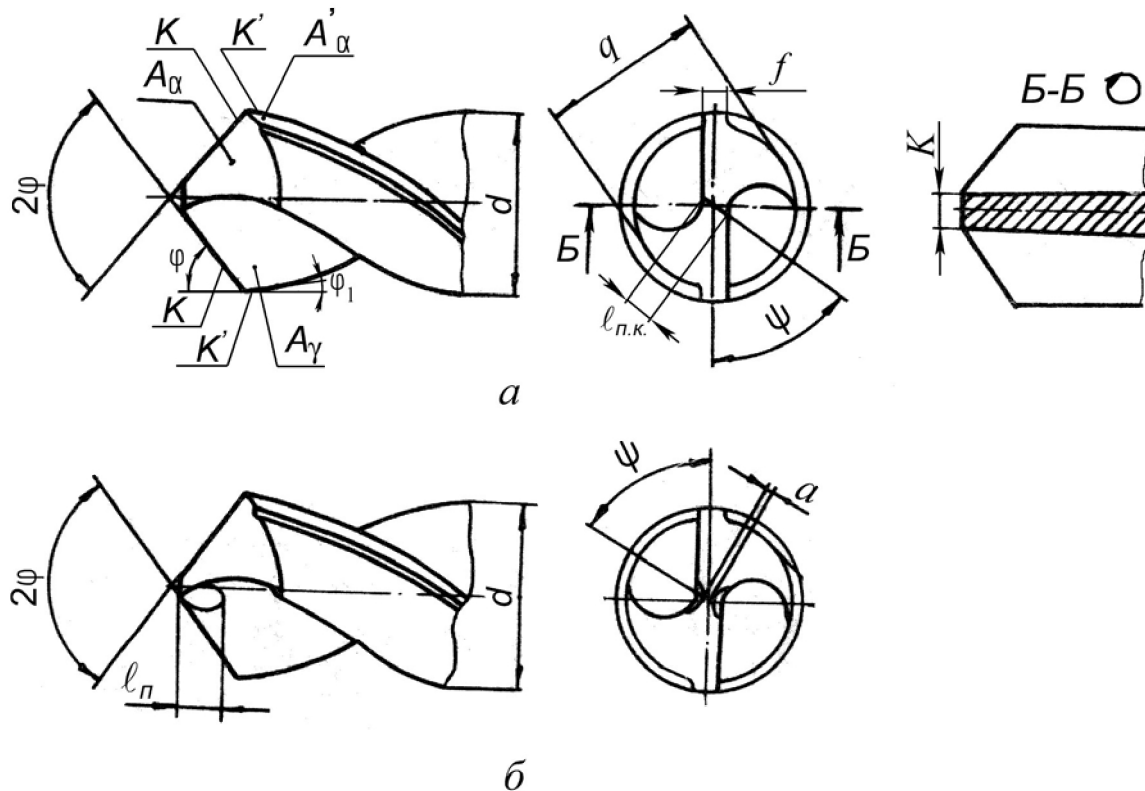


Рис. 3 Режущая часть сверла при нормальной заточке:
а – без подточек (Н); б – с подточкой поперечной кромки (НП)

Для повышения прочности вершин лезвий (уголков сверла) и снижения износа на периферийных участках задних поверхностей часто производят двойную заточку режущей части с уменьшенным углом в плане в местах перехода к направляющей части сверла. Например, при обработке жаропрочных и титановых сплавов хорошо зарекомендовала себя следующая геометрия: $2\varphi = 140^\circ$; $2\varphi_0 = 70^\circ$.

Помимо главных и вспомогательных кромок, на режущей части сверла имеется еще поперечная кромка, представляющая собой линию пересечения главных задних поверхностей. Ее расположение относительно проекций главных режущих кромок на плоскость, перпендикулярную оси сверла, характеризуется углом ψ , который принято называть углом наклона поперечной кромки. Величина этого угла составляет $40...60^\circ$. Размеры поперечной кромки $\lambda_{п.к.}$ оказывают существенное влияние на величину осевой силы, действующей на сверло. Как показывают исследования [4], на поперечную кромку приходится 50-60% от величины этой силы. В связи с этим для уменьшения осевой силы в ряде случаев производят подточку поперечной кромки с целью уменьшения ее длины (рис.3б).

Направляющая часть сверла обеспечивает его направление в процессе обработки отверстия. Она имеет две (в некоторых случаях – четыре) направляющие ленточки шириной f и две винтовые канавки, через которые отводится стружка и поступает смазочно - охлаждающая жидкость. Для уменьшения трения ленточек о поверхность обрабатываемого отверстия и устранения защемления сверла его направляющая часть может выполняться с обратной конусностью, составляющей в зависимости от диаметра сверла от 0,06 до 0,15мм на 100мм длины. Угол обратного конуса сверла ρ может рассматриваться как вспомогательный угол в плане ϕ_1 . Величина этого угла невелика и может быть определена по формуле

$$\rho = \phi_1 = \arctg \frac{d_{нач} - d_{кон}}{2\lambda_n}, \text{ где } d_{нач} \text{ и } d_{кон} - \text{ диаметры сверла в начале}$$

и в конце направляющей части; λ_n - длина направляющей части.

Условия отвода стружки и охлаждения сверла в значительной мере зависят от размеров и формы поперечного сечения канавок, шероховатости их поверхностей и от угла наклона винтовых канавок ω . Под углом наклона винтовых канавок понимают угол между осью сверла и касательной к передней кромке направляющей ленточки. Величина этого угла в зависимости от диаметра сверла и свойств обрабатываемого и инструментального материалов выбирается в пределах $\omega = 18...30^\circ$. В некоторых случаях, когда выход стружки не вызывает затруднений, угол ω может быть равен 0. Такие сверла получили название перовых (рис.4а). При обработке материалов, дающих мелкодробленую стружку (например, чугун, бронза, некоторые виды пластмасс), угол ω целесообразно увеличивать до $50-65^\circ$. Такие сверла получили название шнековых (рис.4б).

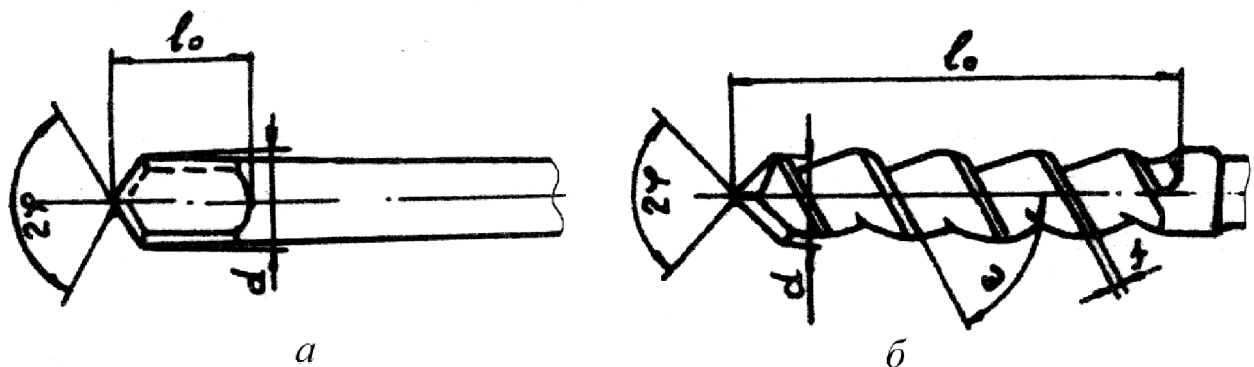


Рис. 4. Рабочие части перового (а) и шнекового (б) сверл

Хвостовик служит для закрепления сверла и передачи ему крутящего момента от шпинделя при обработке отверстий на сверлильных станках. Как видно из рис.2, сверла в зависимости от диаметра могут изготавливаться с цилиндрическим или коническим хвостовиками. Конические хвостовики выполняются в виде конусов Морзе с углом, примерно равным $1^\circ 30'$, что обеспечивает передачу крутящего момента от шпинделя станка за счет возникающих сил трения. Размеры конусов Морзе стандартизированы и определяют номер конуса. Наибольшие диаметры конусов приведены в табл.2.

Наибольшие диаметры конусов Морзе

Номер конуса	0	1	2	3	4	5	6
Наибольший диаметр, мм	9,05	12,07	17,78	23,83	31,27	44,40	63,35

Для выбивания сверла с коническим хвостовиком из отверстия шпинделя предусмотрена лапка λ_l (рис.2б). Между рабочей частью и коническим хвостовиком довольно часто имеется переходная часть в виде шейки $\lambda_{ш}$, служащей для выхода круга при шлифовании. На ней наносится маркировка: диаметр сверла, материал режущей части и товарный знак завода-изготовителя.

Геометрия режущих лезвий сверла, как и любого режущего инструмента, характеризуется передним углом γ и задним углом α , измеряемыми в главной секущей плоскости P_τ (рис.5). Базами для отсчета величин этих углов являются две координатные плоскости: основная – P_v и плоскость резания – P_n .

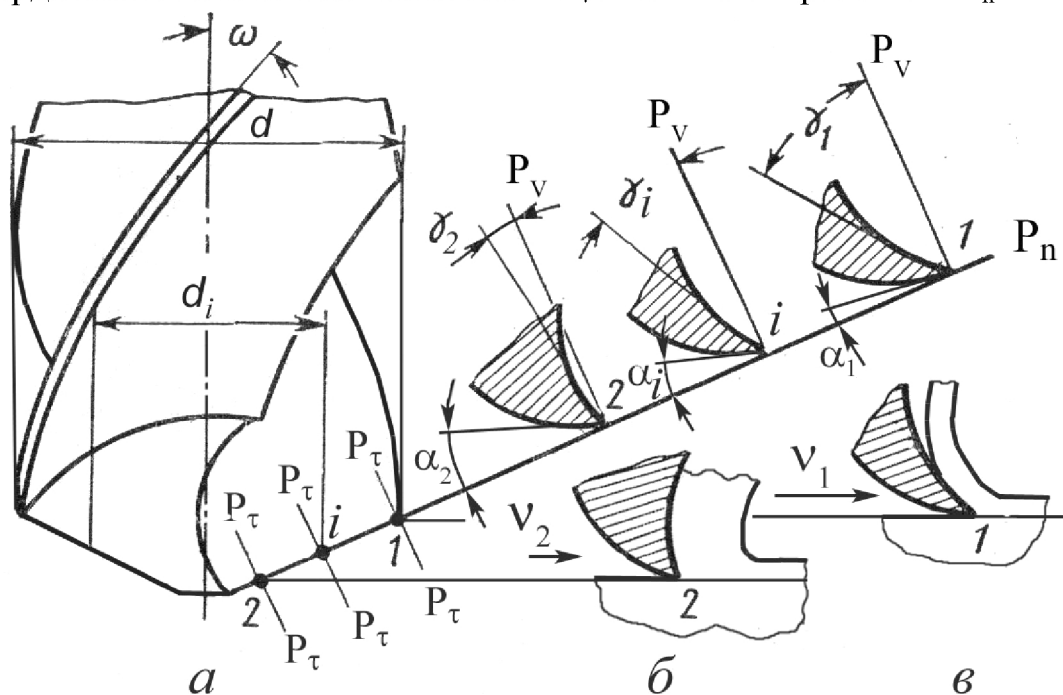


Рис. 5 Углы режущего лезвия сверла (а) и схемы образования стружки для различных точек режущей кромки (б, в).

Передний угол γ представляет собой угол между касательной к передней поверхности в какой-либо i -той точке режущей кромки и основной плоскостью P_v .

Задний угол α – это угол между касательной к задней поверхности в какой-либо i -той точке режущей кромки и плоскостью резания P_n .

В отличие от резцов передний и задний углы сверла не остаются постоянными по длине режущей кромки. Изменения переднего угла связаны с тем, что передняя поверхность сверла, как правило, представляет собой винтовую поверхность и величина переднего угла в какой-либо точке режущей

кромки определяется углом наклона винтовой линии ω_i , проведенной через эту точку. Угол ω_i , как нетрудно показать, от периферии к центру сверла уменьшается, что приводит к соответствующему изменению переднего угла. Величина переднего угла в любой точке режущей кромки может быть рассчитана по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \frac{d_i}{d} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}, \quad (3)$$

где d_i - диаметр окружности, на которой расположена рассматриваемая точка режущей кромки; d - диаметр сверла; ω - угол наклона винтовой канавки (угол наклона винтовой линии на периферии сверла); φ - главный угол в плане, равный половине угла при вершине сверла.

При весьма малых (зачастую нулевых) значениях переднего угла γ вблизи поперечной кромки существенно затрудняется процесс образования стружки, что усугубляется также низкими значениями скорости резания как линейной скорости вращательного движения сверла (рис.5б). С другой стороны, чрезмерно большие передние углы у вершин режущих лезвий (рис.5в) приводят к снижению их прочности, что является причиной частых сколов и выкрашиваний. Чтобы устранить эти недостатки и обеспечить постоянство переднего угла по длине режущей кромки, в ряде случаев производят заточку передней поверхности сверла по плоскости с постоянным, оптимальным значением переднего угла.

Вторая причина, вызывающая изменение переднего, а также заднего углов сверла, связана с кинематикой процесса резания, а именно: с наличием движения подачи. Если учесть движение подачи, то оказывается, что действительный передний угол сверла, по сравнению с полученным при заточке, увеличивается, а действительный задний угол уменьшается, и тем значительнее, чем ближе рассматриваемая точка к оси сверла.

Увеличение действительного переднего угла существенно не отражается на работоспособности сверла, а вот уменьшение действительного заднего угла (вблизи поперечной кромки он может оказаться равным нулю) приводит к увеличению площади контакта по задней поверхности сверла и более интенсивному его износу, особенно на участках вблизи поперечной кромки. Во избежание этого сверла заведомо затачивают таким образом, чтобы задний угол в статическом состоянии от периферии к центру увеличивался: на периферии угол α принимают равным $8...12^\circ$ с постепенным его увеличением к центру до $20...25^\circ$ (рис.5а). В результате в процессе резания происходит некоторое выравнивание действительных значений заднего угла.

4. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЕРТОК

Обработка отверстий зенкерами и развертками, как отмечалось выше, позволяет повысить точность размеров и формы отверстий и снизить шероховатость обработанной поверхности (табл.1).

Очевидно, что качество обработанных отверстий будет тем выше, чем тоньше слои материала, срезаемые режущими лезвиями инструментов, т.е. чем меньше площадь сечения среза. Уменьшение площади сечения среза f , как видно из формулы (2), приведенной в разделе 2, может быть достигнуто прежде всего за счет уменьшения глубины резания t (припуска на обработку). Поэтому припуски на обработку принимают равными: при зенкерование от 0,5 до 4мм в зависимости от диаметра отверстия, а при развертывании от 0,15 до 0,5 мм в случае получистовой обработки и от 0,05 до 0,15мм в случае чистовой окончательной обработки [5,6].

Кроме того, уменьшению площади сечения среза будет способствовать также уменьшение толщины среза a , что, как видно из формулы $a = (s_0 / z) \sin \varphi$, может быть обеспечено за счет увеличения числа режущих лезвий z и уменьшения главного угла в плане φ или двойного угла режущей части 2φ . Уменьшение толщины среза за счет уменьшения подачи за оборот s_0 нецелесообразно, так как приведет к снижению производительности обработки.

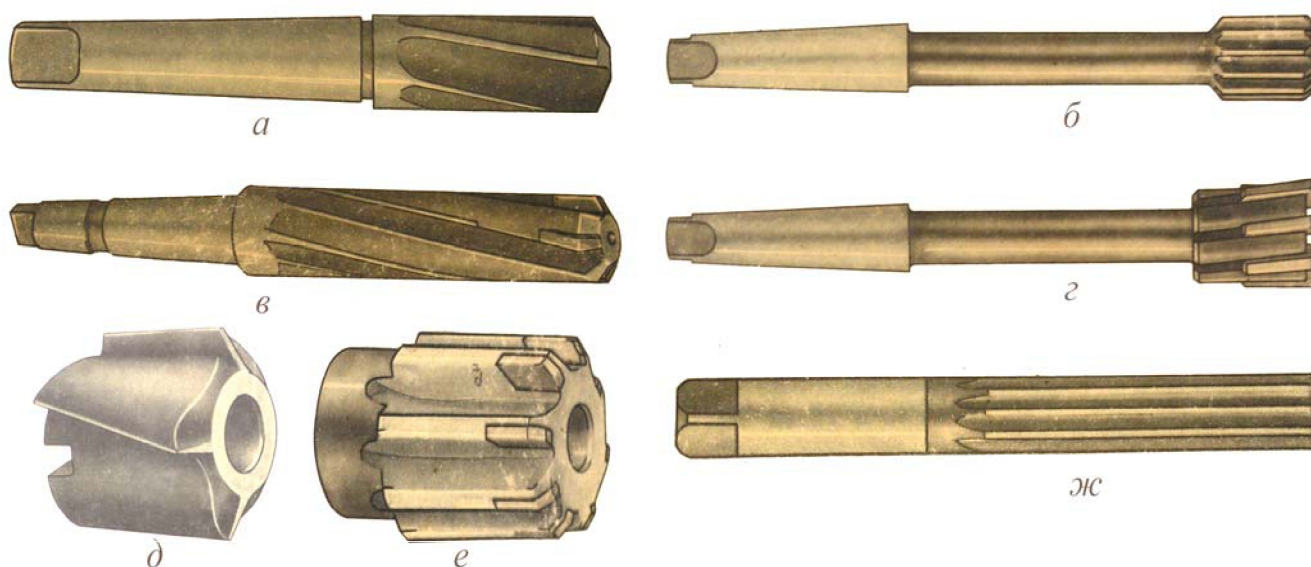


Рис. 6. Конструкции зенкеров и разверток: а - цельный хвостовой зенкер; б - цельная хвостовая машинная развертка; в - составной хвостовой зенкер; г - сборная хвостовая машинная развертка; д - цельный насадной зенкер; е - составная насадная развертка; ж - цельная ручная цилиндрическая развертка

Сказанное определяет следующие конструктивные особенности зенкеров и разверток (рис.6): увеличенное число режущих лезвий и направляющих ленточек ($z = 3-4$ для зенкеров и $z = 6-12$ для разверток) и малые значения углов режущей части ($2\phi = 90-100^\circ$ у зенкеров, $2\phi = 40-60^\circ$ у машинных разверток и $2\phi = 1-3^\circ$ у ручных). Столь малые значения углов 2ϕ у ручных разверток продиктованы необходимостью уменьшения крутящего момента и осевой силы, в результате чего облегчается процесс развертывания.

Некоторые виды конструкций зенкеров и разверток представлены на рис.6.

Основными параметрами зенкеров и разверток, как и у сверл, являются:

- двойной угол режущей части 2ϕ (его значения были приведены выше);
- угол наклона винтовых канавок ω ; обычно он составляет $15-30^\circ$, при этом развертки довольно часто изготавливаются прямозубыми с $\omega = 0^\circ$;
- ширина направляющих ленточек f ;
- передний угол γ ; величина этого угла выбирается с учетом свойств обрабатываемых материалов и материала режущей части инструментов; при обработке углеродистых и легированных сталей $\gamma=5...15^\circ$;
- главный задний угол α ; для зенкеров и разверток этот угол составляет $6...12^\circ$, большие значения при обработке высокопластичных и вязких материалов.

5. ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ

Обработка отверстий, как отмечалось выше, производится чаще всего на станках сверлильной группы. В качестве примера рассмотрим назначение и принцип работы вертикально-сверлильного станка 2Н135. Первая цифра в обозначении модели станка «2» указывает группу станка: «сверлильные и расточные станки». Вторая цифра «1» обозначает тип станка «вертикально-сверлильный». Оставшиеся цифры «35» определяют размерную характеристику станка, для сверлильных станков – это наибольший диаметр сверла. Буква «Н» указывает на модернизацию станка.

Станок 2Н135 предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, а также для нарезания резьб метчиками.

Основные части, узлы и органы управления станка показаны на рис.7. К ним относятся: фундаментная плита 1, стол 2, колонна 3, шпиндель 4, гильза шпинделя 5, сверлильная бабка 8 с расположенными в ней коробками скоростей 14 и подач 15, электродвигатель привода 9, крестовый штурвал механизма включения подачи 11, рукоятки переключения частот вращения шпинделя 7 и подачи 10, электромагнитный пускатель 6.

Наиболее ответственными (рабочими) органами станка являются: шпиндель 4, обеспечивающий главное (вращательное) движение инструмента D_r , и гильза шпинделя 5. На наружной поверхности гильзы нарезаны зубья рейки, в зацеплении с которыми находится реечная шестерня 12 (рис.7б).

В результате вращательное движение преобразуется в поступательное, что обеспечивает движение подачи D_s , также сообщаемое инструменту.

Источником движений, как видно из рис.7а,б, является электродвигатель переменного тока M_1 с мощностью $N = 4,5$ кВт и частотой вращения $n = 1440$ об/мин. От электродвигателя через коробку скоростей 14, включающую ряд зубчатых колес и передвигжных блоков, вращение передается шпинделю станка, а следовательно, инструменту. В результате обеспечивается ступенчатое регулирование частот вращения шпинделя. Ряд частот вращения шпинделя приведен в табл.3. Установка требуемой частоты вращения шпинделя осуществляется с помощью рукоятки 7 (рис.7а).

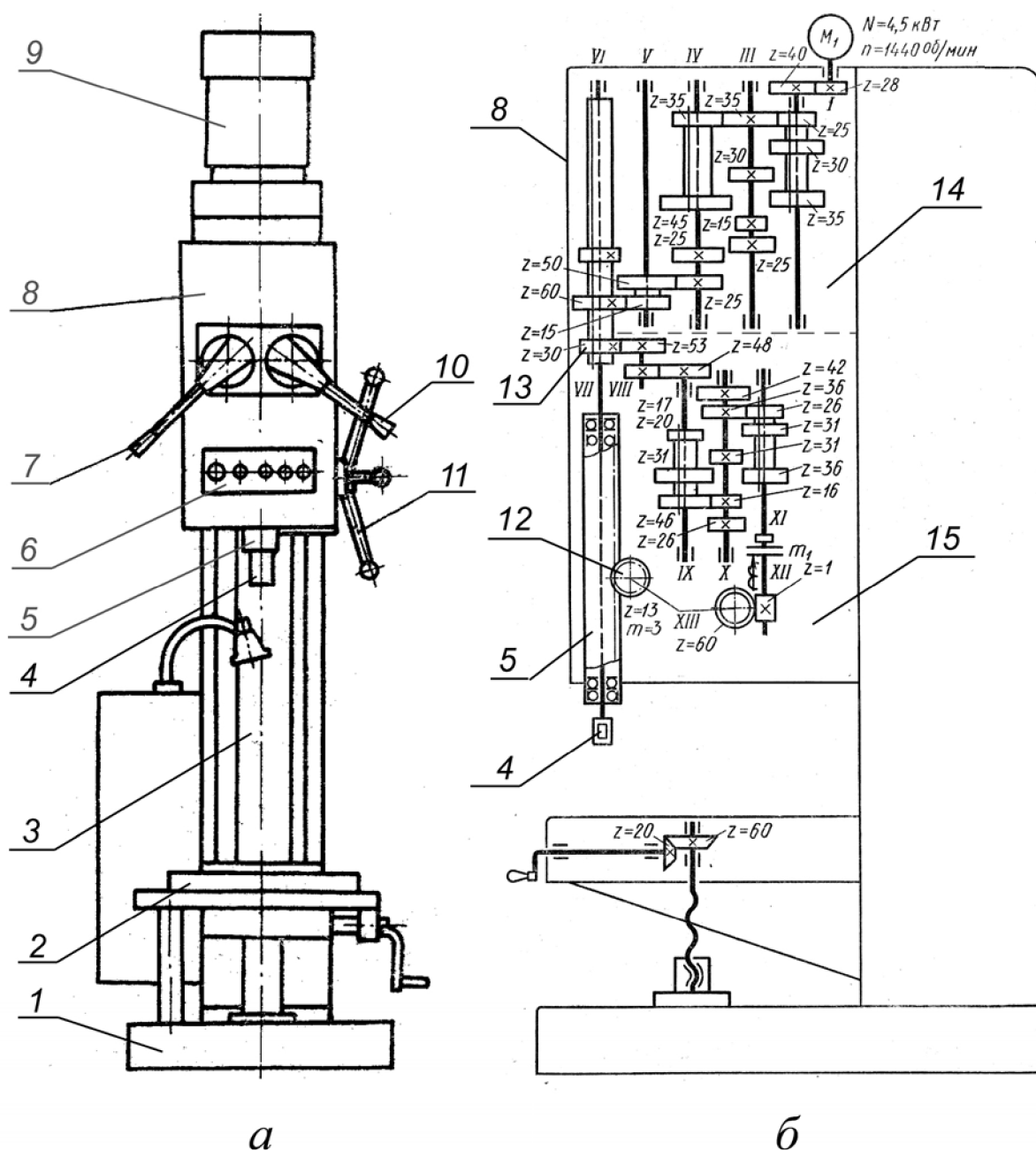


Рис. 7. Основные части (а) и кинематическая схема (б) станка 2Н135.

Скорость движения подачи на сверлильных станках принято выражать величиной подачи за один оборот шпинделя s_0 . Движение подачи заимствуется от шпинделя, а точнее от зубчатого колеса 13 (рис.7б) с числом зубьев $z = 30$. Это движение передается кинематическим звеньям коробки подач 15, в результате чего реечной шестерне 12 могут быть сообщены девять различных частот вращения. Это дает возможность получить девять различных значений подачи (табл.3).

Таблица 3

Ряды частот вращения шпинделя и подач станка 2Н135

Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об
31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6

Установка величины подачи осуществляется с помощью рукоятки 10 (рис.7а). Ручное перемещение гильзы шпинделя и включение механической подачи осуществляется при помощи крестового штурвала 11.

6. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Исходными данными при разработке операций механической обработки отверстий являются заданные в чертеже точность размеров и шероховатость поверхности. Кроме того, учитываются также материал, из которого изготавливается деталь (его механические характеристики), вид отверстий (сквозные или глухие), их размеры (диаметр и глубина), а также жесткость обрабатываемой детали.

Разработка операций механической обработки отверстий включает ряд этапов.

1. Выбор технологического маршрута обработки.

Исходя из указанных в чертеже качества и параметров шероховатости определяется, какие переходы и в какой последовательности должны быть выполнены для обработки отверстия (табл.4).

Таблица 4

Варианты маршрутов обработки отверстий при диаметрах $d = 12-40$ мм

Номер качества				
13	12	11	10	9
Шероховатость поверхности (Ra , мкм)				
80-40	40-20	20-10	10-5	5
Сверление	Сверление Зенкерование получистовое	Сверление Зенкерование чистовое	Сверление Зенкерование получистовое Зенкерование чистовое	Сверление Зенкерование получистовое Развертывание черновое

Номер качества				
9	8	8	7	7
Шероховатость поверхности (Ra , мкм)				
2,5	2,5	1,25	1,25	0,6
Сверление Зенкерование чистовое Развертывание получистовое	Сверление Зенкерование получистовое Зенкерование чистовое Развертывание получистовое	Сверление Зенкерование получистовое Развертывание черновое Развертывание получистовое	Сверление Зенкерование чистовое Развертывание черновое Развертывание получистовое	Сверление Зенкерование получистовое Зенкерование чистовое Развертывание получистовое Развертывание чистовое

Примечание: Варианты маршрутов для диаметров отверстий меньше 12мм и больше 40мм приведены в нормативах режимов резания [5].

2. Выбор глубин резания и определение диаметров инструментов.

С учетом выбранного маршрута обработки назначаются глубины резания (припуски на обработку) и определяются диаметральные размеры инструментов.

При назначении глубин резания t для обработки отверстий с диаметрами 16-25мм в стальных деталях инструментами из быстрорежущей стали Р6М5 ориентировочно можно принимать: при черновом развертывании 0,23...0,24мм, при получистовом – 0,1мм и при чистовом – 0,06мм; при черновом зенкерование 1,44...2,34мм, при получистовом – 0,7...0,74мм и при чистовом – 0,41...0,43мм; при сверлении глубина резания принимается равной половине диаметра сверла.

Расчет диаметральных размеров инструментов для каждого перехода, начиная с последнего, может быть выполнен по формуле

$$d_i = d_{i+1} - 2t_{i+1}, \dots \dots \dots (4)$$

где d_i – диаметр инструмента для выполнения i – того перехода обработки;

d_{i+1} – диаметр инструмента, который будет использоваться при выполнении последующего перехода;

t_{i+1} – глубина резания, которая выбрана для выполнения последующего перехода.

Расчет диаметра инструмента, используемого при последнем, окончательном переходе ($d_{i+1} = d_{ок}$), осуществляется исходя из размера отверстия и его поля допуска, заданных в чертеже. После округления величин рассчитанных диаметров инструментов и их согласования с действующими

стандартами окончательно устанавливаются глубины резания для различных переходов. При этом следует иметь в виду, что размеры сверл в интервале диаметров от 3 до 14мм изменяются с разностью в 0,1мм, в интервале от 14 до 32мм – с разностью в 0,25мм, а в интервале от 32 до 51мм – с разностью в 0,5мм.

3. Выбор марки инструментального материала, конструктивных и геометрических параметров режущих инструментов.

Как уже отмечалось ранее, режущие части сверл, зенкеров и разверток могут изготавливаться из быстрорежущих сталей и твердых сплавов. При этом в первую очередь учитываются свойства обрабатываемых материалов. Рекомендации по выбору наиболее распространенных марок инструментальных материалов представлены в учебном пособии [7].

В частности, при обработке отверстий в деталях из алюминиевых и медных сплавов, а также из углеродистых и легированных конструкционных сталей низкой и средней твердости чаще всего используются быстрорежущие стали: Р9, Р6М5, Р18. При обработке высокопрочных, коррозионно-стойких и жаростойких сталей, жаропрочных сплавов на никелевой основе и титановых сплавов используют быстрорежущие стали повышенной твердости и теплостойкости: Р9К5, Р9К10, и др.

Из числа твердых сплавов наибольшее применение для оснащения сверл, зенкеров и разверток получили сплавы: ВК6, ВК6М, ВК8, Т5К10, Т15К6, Т30К4 и др.

Вид конструкции и геометрические параметры сверл, зенкеров и разверток могут быть выбраны с учетом материалов, приведенных в разделах 3 и 4, а также рекомендаций, содержащихся в учебном пособии [7].

4. Назначение режимов резания для различных переходов обработки отверстий.

Назначение элементов режимов резания начинают с выбора наибольшей возможной глубины резания. Это связано с тем, что глубина резания оказывает наименьшее влияние на стойкость инструментов, т.е. с ее увеличением стойкость инструментов снижается в меньшей степени, чем с увеличением подачи, и тем более – с увеличением скорости резания.

О том, как выбирается глубина резания, было сказано ранее, при рассмотрении 2-го этапа разработки операций.

После назначения глубин резания приступают к выбору наибольших технологически допустимых подач. Величины подач могут быть найдены путем расчета [7], либо по таблицам нормативов режимов резания [5]. Так, величины подач при сверлении отверстий с диаметрами 16-25мм и глубиной $\lambda/d \leq 3d$ в деталях из конструкционных сталей с твердостью HB=2000-2500 МПа составят 0,3...0,45мм/об.

При зенкеровании и развертывании подачи должны назначаться с учетом вида обработки: черновая, получистовая или чистовая. Так, при тех же условиях, которые были указаны для сверления, подачи составят: 0,65-1,06мм/об при черновом зенкеровании; 0,46-0,75мм/об при получистовом и 0,32-0,51мм/об при чистовом; при развертывании соответственно: 0,84-1,2; 0,70-1,01; 0,58-0,85мм/об.

Выбранные величины подач для сверления, зенкерования и развертывания должны быть согласованы с паспортными данными станка, например, для станка 2Н135 – с данными табл.3. А именно: выбираются подачи, по возможности, равные найденным по нормативам режимов резания. Если таких подач на станке нет, то выбираются ближайшие меньшие значения.

После того, как выбраны глубины резания и подачи, рассчитываются или находятся по таблицам нормативов [5] допустимые значения скоростей резания для каждого перехода. В частности, для условий, указанных выше, и рекомендуемых величинах подач скорости резания могут приниматься равными: 14-15м/мин при сверлении; 11-14м/мин при черновом зенкеровании; 17-19 м/мин при получистовом и 23-26 м/мин при чистовом зенкеровании; при развертывании соответственно 5,5-7,0; 7,5-9,5 и 9-13 м/мин.

Исходя из найденных значений скоростей резания, определяются частоты вращения инструментов, а следовательно, необходимые частоты вращения шпинделя станка для различных переходов операций обработки отверстий. Расчет осуществляется по формуле

$$n_{ин} = \frac{1000v}{\pi d},$$

где v – допустимая скорость резания в м/мин; d – диаметр соответствующего инструмента в мм.

Полученные величины сопоставляются с паспортными данными станка (для станка 2Н135 приведены в табл.3). Если требуемых частот вращения на станке нет, то, как правило, выбираются ближайшие меньшие значения.

Настроив станок на выполнение отдельных переходов, производят обработку отверстий, после чего осуществляют контроль размеров и параметров шероховатости поверхности, чаще всего среднего арифметического отклонения профиля R_a . При этом контроль размеров отверстий может быть выполнен с помощью предельных калибров-пробок, либо путем непосредственных измерений их действительных размеров с помощью нутромера. Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности R_a измеряют с помощью профилометра.

Полученные результаты сопоставляются с требованиями чертежа, на основании чего делается заключение о годности детали.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторная работа состоит из четырех частей: *первая часть* посвящена изучению конструкции и геометрии сверл; *вторая* – разработке операции обработки отверстий при заданных номинальном размере, точности и шероховатости поверхности; *третья* – изучению конструкции и кинематики станка 2Н135; *четвертая* – настройке станка, выполнению операции обработки отверстия, измерению действительных размеров и параметров шероховатости поверхности и оценке полученных результатов.

1. Руководствуясь материалами, приведенными в предыдущих разделах, и стандартами на сверла (табл.П1, П2), каждый студент изучает конструкцию и геометрию одного спирального сверла и выполняет его эскиз.

Эскиз должен содержать общий вид сверла (рис.2,3) и увеличенное изображение режущей части с сечениями главными секущими плоскостями Рт (рис.5а). Сечения выполняются в двух точках режущей кромки: на периферии сверла и на расстоянии 1...2мм от поперечной кромки. На эскизе должны быть указаны: основные конструктивные и геометрические параметры сверла, материалы, из которых изготовлены режущая и хвостовая части, и маркировка сверла.

Основные конструктивные и геометрические параметры сверла приведены в табл.1 бланка отчета (см. приложение).

Измерения этих параметров выполняются следующим образом: линейные размеры $L, \lambda, \lambda_p, \lambda_n, \lambda_x, \lambda_l, c, \lambda_{ш}, f, K, B, \lambda_{п.к}, a, \lambda_n$ измеряются штангенциркулем и линейкой; диаметральные размеры: $d, d_{нач}, d_{кон}, q, d_x, d_{ш}, d_{к\ нб}, d_{к\ нм}$ - с помощью микрометра или штангенциркуля; угловые размеры: $2\phi, \omega$ - с помощью инструментального микроскопа БМИ (рис.8).

Перед измерением углов 2ϕ и ω сверло либо непосредственно, либо с помощью специальной втулки устанавливается в приспособлении 13 вместо одного из центров. Перемещением стола микроскопа 2 в продольном и поперечном направлениях с помощью микрометров 14 и 16 режущую часть сверла вводят в поле зрения окуляра 9 и добиваются резкого ее изображения. Установочную втулку или сверло поворачивают так, чтобы режущие кромки сверла заняли положение, примерно параллельное плоскости стола.

Для измерения угла ϕ стол микроскопа вместе со сверлом перемещают так, чтобы перекрестие линий в поле зрения окуляра 9 совместились с изображением режущей кромки сверла (рис.9а). При этом горизонтальная пунктирная линия в поле зрения окуляра, при нулевом отсчете по шкалам окулярного угломера 10, будет занимать положение, параллельное оси сверла. Поворачивая эту линию с помощью маховичка 7 до совмещения с

изображением режущей кромки сверла (рис.9б) и производя отсчет по шкалам угломера, измеряют угол φ , удвоив значение которого, получают угол при вершине сверла 2φ .

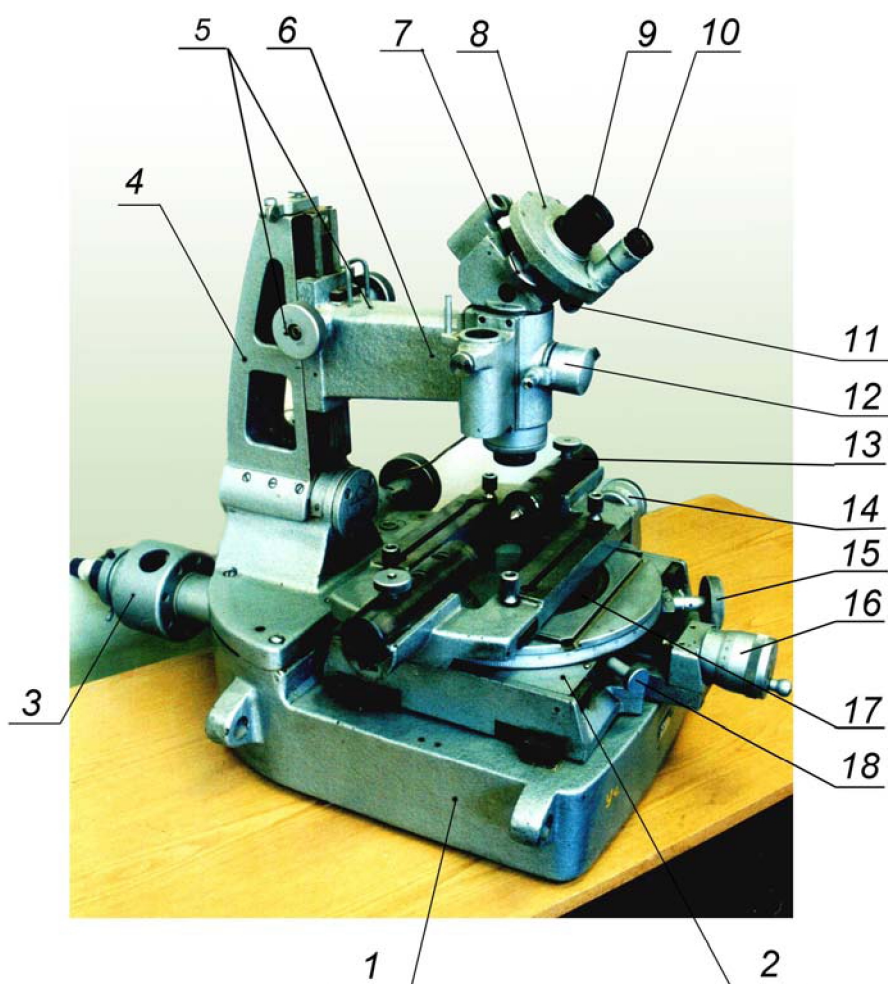


Рис. 8. Большой инструментальный микроскоп БМИ

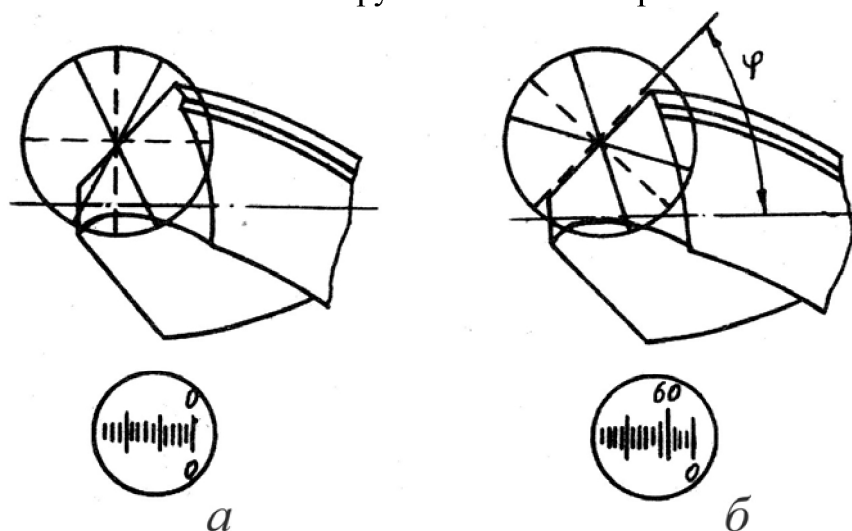


Рис. 9. Схема измерения главного угла в плане φ :
а – исходное положение; б – при измерении угла φ

Для измерения угла наклона винтовой канавки ω совмещают перекрестие линий в поле зрения окуляра 9 с изображением винтовой кромки направляющей ленточки в точке, проекция которой лежит примерно на оси сверла (рис.10а).

Затем поворачивают горизонтальную пунктирную линию так, чтобы она заняла положение касательной к винтовой кромке (рис.10б). Отсчет по угловым шкалам даст величину угла ω .

Угол при вершине сверла 2ϕ может быть также измерен с помощью универсального угломера, а угол наклона винтовой канавки ω - путем прокатывания сверла по копировальной бумаге [8].

С учетом найденного значения угла ω рассчитывается шаг режущей спирали $H = \pi d / \tan \omega$, где d – диаметр сверла.

Значения передних углов для различных точек режущих кромок γ_i также находятся расчетным путем. Расчет производится по формуле 3 (раздел 3) для двух точек режущей кромки: периферийной и отстоящей от поперечной кромки на 1-2 мм. Результаты расчетов заносятся в табл.1 бланка отчета и дается заключение о характере изменения переднего угла.

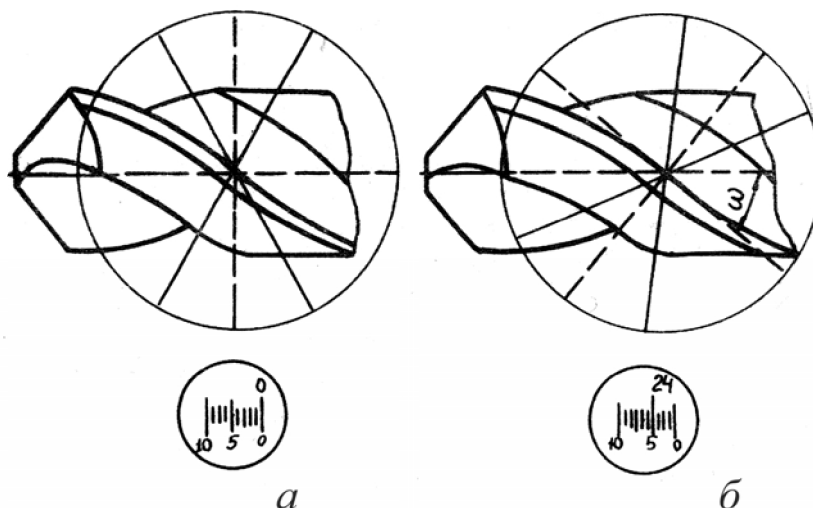


Рис. 10. Схема измерения угла наклона винтовой канавки ω :
а- исходное положение; б – при измерении угла ω

Значения угла наклона поперечной кромки ψ , заднего угла α и ряда других параметров находятся по стандартам (табл.П2) и также указываются в отчете.

2. В соответствии с полученным от преподавателя заданием, в котором указаны: номинальный размер отверстия, его поле допуска, параметр шероховатости поверхности и материал детали, - необходимо разработать операцию обработки отверстия. Порядок разработки операции изложен в разделе 6.

Выбранный маршрут обработки, размеры и поля допусков отверстий, глубины резания, подачи, скорости резания и частоты вращения шпинделя,

согласованные с паспортными данными станка, заносятся в технологическую карту (табл.2 бланка отчета в приложении).

3. Прежде чем приступить к выполнению операции обработки отверстий, необходимо изучить конструкцию и кинематику станка. Ознакомиться с назначением станка, его рабочими органами и основными движениями, с органами управления, основными звеньями, обеспечивающими передачу и преобразование движений. Соответствующие материалы изложены в разделе 5.

4. С помощью учебного мастера установить на станке инструмент и обрабатываемую заготовку, настроить станок на выполнение различных переходов и произвести обработку отверстий в 3 образцах: в первом только сверлом, во втором сверлом и зенкером, в третьем сверлом, зенкером и разверткой.

После обработки измерить с помощью нутромера действительные размеры отверстий, занести их в табл.3 отчета и отметить на схемах полей допусков.

С помощью профилометра измерить среднее арифметическое отклонение профиля R_a для всех трех образцов и полученные результаты также занести в табл.3. отчета.

Дать заключение о характере изменения размеров и шероховатости поверхности (параметра R_a) для выполненных переходов. Сопоставив результаты, полученные при окончательной обработке, с требованиями чертежа (с заданием преподавателя), дать оценку годности обработанной детали.

Полностью оформленный отчет по лабораторной работе предъявить преподавателю. Бланк отчета приведен в приложении.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие методы используются для обработки отверстий и каковы их технологические характеристики?
2. При каких движениях осуществляется обработка отверстий на сверлильных и токарных станках?
3. Охарактеризуйте элементы режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании.

Что представляет собой сечение среза при сверлении, зенкеровании и развертывании и какими параметрами оно характеризуется?

4. В чем состоит общая конструктивная особенность сверл, зенкеров и разверток и каковы их основные конструктивные и геометрические параметры?

Назовите поверхности и углы, характеризующие геометрию режущих лезвий сверла. Поясните, что они собой представляют.

5. В чем состоят особенности геометрии режущей части сверла и какое влияние они оказывают на условия резания и работоспособность сверла?
6. В чем заключаются недостатки конструкции и геометрии сверл по сравнению с резцами и как они могут быть частично устранены?
7. В чем смысл подточки поперечной кромки сверла?

8. За счет чего можно уменьшить момент трения по ленточкам и устранить защемление сверла в обрабатываемом отверстии?
9. Какие инструментальные материалы используются для изготовления сверл, зенкеров и разверток?
10. Как измеряются диаметральные и линейные размеры сверла?
11. Как могут быть измерены: угол при вершине сверла 2ϕ и угол наклона винтовой канавки ω ?
12. За счет чего обработка отверстий зенкерами и развертками обеспечивает высокую точность размеров и низкую шероховатость поверхности?
13. В чем состоит назначение и как обозначаются модели сверлильных станков?
14. Какие движения на станке 2Н135 являются основными?
15. Что представляют собой рабочие органы станка, какие движения они совершают и как осуществляется регулирование скоростей этих движений?
16. Как осуществляется преобразование вращательного движения шпинделя в поступательное движение подачи?
17. Из чего складывается процесс разработки операций обработки отверстий?
18. Исходя из каких данных, устанавливается маршрут обработки отверстий?
19. Как определяются диаметральные размеры инструментов, если операция обработки отверстий включает несколько переходов?
20. В каком порядке осуществляется выбор элементов режима резания и чем это обусловлено?
21. Как осуществляется контроль размеров отверстий и параметров шероховатости после обработки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Допуски и посадки: Справочник. Ч.1. /Под ред .В.Д. Мягкова. - Л.: Машиностроение, 1982. – 543с.
2. Сазонов М.Б. Изучение процесса точения. - Самара: СГАУ, 2006. – 26с.
3. Технология обработки конструкционных материалов. /Под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. школа, 1991. – 512с.
4. Бурмистров Е.В., Воронов Е.Н. Изучение конструкции и геометрии спиральных сверл. – Самара: СГАУ, 1993. – 24с.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Т.1. /А.Д. Локтев, И.Ф.Гущин, В.А.Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640с.
6. Справочник технолога – машиностроителя. Т.2 /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 496с.
7. Лепилин В.И. Режимы резания авиационных материалов при сверлении, зенкероании и развертывании. – Самара: СГАУ, 1993. – 80с.
8. Сазонов М.Б. Изучение конструкции и геометрии зенкеров. – Самара: СГАУ, 2002. – 24с.

Таблица П1

d*, мм	Основные размеры и конструктивные элементы сверл				B*, мм	f*, мм	K*, мм	q, мм	ω	
	с цилиндрич. хвостовиком		с коническим хвостовиком							Конус Морзе
	Средняя серия (ГОСТ 10902- 77)		Нормальной длины (ГОСТ 10903- 77)							
	L, мм	λ, мм	L, мм	λ, мм						
15	160	108	189	108	1	8,30	1,40	2,02	13,0 0	29°
16	169	114	212	120	2	8,90	1,50	2,15	13,9 0	29°
17	178	120	218	120	2	9,40	1,55	2,30	14,8 0	30°
18	185	125	223	125	2	10,00	1,65	2,45	15,8 0	30°
19	195	130	228	130	2	10,60	1,70	2,60	16,6 0	31°
20	200	135	233	135	2	11,20	1,75	2,75	17,5 0	30°
21	205	140	238	140	2	11,80	1,85	2,85	18,5 0	30°
22	-	-	243	145	2	12,40	1,90	3,00	19,5 0	30°
23	-	-	248	150	2	13,00	1,95	3,12	20,5 0	30°
24	-	-	253	155	2	13,60	2,00	3,28	21,5 0	31°
25	-	-	281	160	3	14,20	2,05	3,40	22,4 0	31°

* Размеры даны у начала сверла

Таблица П2

Геометрические параметры режущих элементов сверл (формы заточки: Н, НП)					
Диаметры сверл	Угол при вершине 2φ	Задний угол α	Угол наклона поперечной кромки ψ	Подточка поперечной кромки	
				Длина подточенной поперечной кромки A, мм	Длина подточки λ _п , мм
Св. 11,8 до 16,0	118°	11°	40-60°	1,5	2,5
Св. 16,0 до 20,0				2,0	3,5
Св. 20,0 до 25,0				2,5	4,5
Св. 25,0 до 31,5				3,0	5,5

Кафедра
«Механическая обработка материалов»

Группа _____ Дата _____
Студент _____

Лабораторная работа

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ**

1. Изучение конструкции и геометрии спиральных сверл.
- 1.1. Эскиз сверла

1.2. Конструктивные и геометрические параметры сверла.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Обозначение	Значения параметров	
			измеренные	согласно стандарту или по расчетам
1	2	3	4	5
1	Диаметр сверла	d		
2	Общая длина	L		
3	Длина рабочей части	λ		
4	Длина режущей части	λ_p		
5	Длина направляющей части	λ_n		
6	Длина хвостовика	λ_x		
7	Диаметр хвостовика (цилиндрического)	dx		
8	Наибольший и наименьший диаметры конического хвостовика, номер конуса Морзе	dk.нб., dk.нм.		
9	Длина лапки			
10	Толщина лапки	λ_l		
11	Длина шейки	c		
12	Диаметр шейки	$\lambda_{ш}$		
13	Диаметр спинки	dш		
14	Ширина пера	q		
15	Ширина направляющих ленточек	B		
16	Толщина сердцевины сверла	f		
17	Угол наклона поперечной кромки	K		
18	Длина поперечной кромки без подточки или с подточкой	Ψ		
19	Длина подточки			
20	Угол при вершине сверла	$\lambda_{п.к}, a$		
21	Угол наклона винтовой канавки	λ_p		
22	Шаг винтовой канавки	2φ		
23	Обратная конусность (угол обратного конуса на рабочей части сверла)	ω		
24	Передние углы сверла в различных точках режущей кромки: вблизи перемычки и на периферии	H		
25	Задний угол	Δd $\rho=\varphi_1$ γ_i α		

2. Разработка операции обработки отверстий.

2.1. Исходные данные:

2.2. Выбор маршрута обработки.

2.3. Назначение глубин резания и определение диаметральных размеров инструментов.

2.4. Инструментальные материалы, типы и основные конструктивные и геометрические параметры инструментов.

2.5. Назначение элементов режима резания: подачи и скорости резания. Определение частот вращения инструментов и согласование их величин с паспортными данными станка.

2.6. Технологическая карта для выбранного маршрута обработки.

Таблица 2

Вид обработки (переход)	Размер отверстий	Глубина резания t , мм	Подача s_0 , мм/об	Частота вращения n , об/мин	Скорость резания v_f , м/мин

3. Изучение конструкции и кинематики вертикально-сверлильного станка 2Н135.

3.1. Назначение и технические характеристики станка.

3.2. Рабочие органы, их движения и приводы.

Регулирование скоростей движения рабочих органов станка.

4. Настройка станка и выполнение операции обработки отверстий.

Контроль действительных размеров отверстий и шероховатости поверхности (параметра R_a). Сопоставление полученных результатов с заданными значениями.

Таблица 3

Переход	Сверление	Зенкерование	Развертывание
Диаметр отверстия			
Схема полей допуска			
Действительный диаметр d_o			
R_a			

Заключение:

5. Индивидуальное задание.

Руководитель _____

Лабораторная работа №4

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Процесс фрезерования является весьма распространенной операцией в технологии машиностроения. Фрезерованием обрабатывают плоские, криволинейные и угловые поверхности, пазы и уступы. Точность обработки находится в пределах 14-6 квалитетов, шероховатость поверхности составляет от R_z 80 до R_a 0,32 мкм.

Цель работы: изучение конструкций и геометрии фрез;

- ознакомление с конструкцией фрезерного станка;
- определение параметров режима резания;
- подготовка и проведение операции фрезерования поверхности детали на станке.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Обмер и эскизирование концевых фрез.
2. Ознакомление с устройством фрезерного станка 6Т82Г-1.
3. Расчет параметров режима резания.
4. Определение способов установки фрез и заготовок на станке.
5. Фрезерование заготовки.
6. Измерение шероховатости обработанной поверхности.
7. Подготовка ответов на контрольные вопросы.
8. Отчет по лабораторной работе.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ФРЕЗ

Различают фрезы цилиндрические, торцовые, концевые, дисковые, угловые, фасонные. Эти фрезы можно отнести к группе фрез общего назначения. По способу крепления на станке выделяют фрезы насадные и концевые, закрепляемые с помощью хвостовиков. Фрезы могут быть цельные и сборные. Сборные фрезы имеют корпус и режущие элементы из разных материалов. Аналогично различают фрезы быстрорежущие и твердосплавные в зависимости от инструментального материала режущей части.

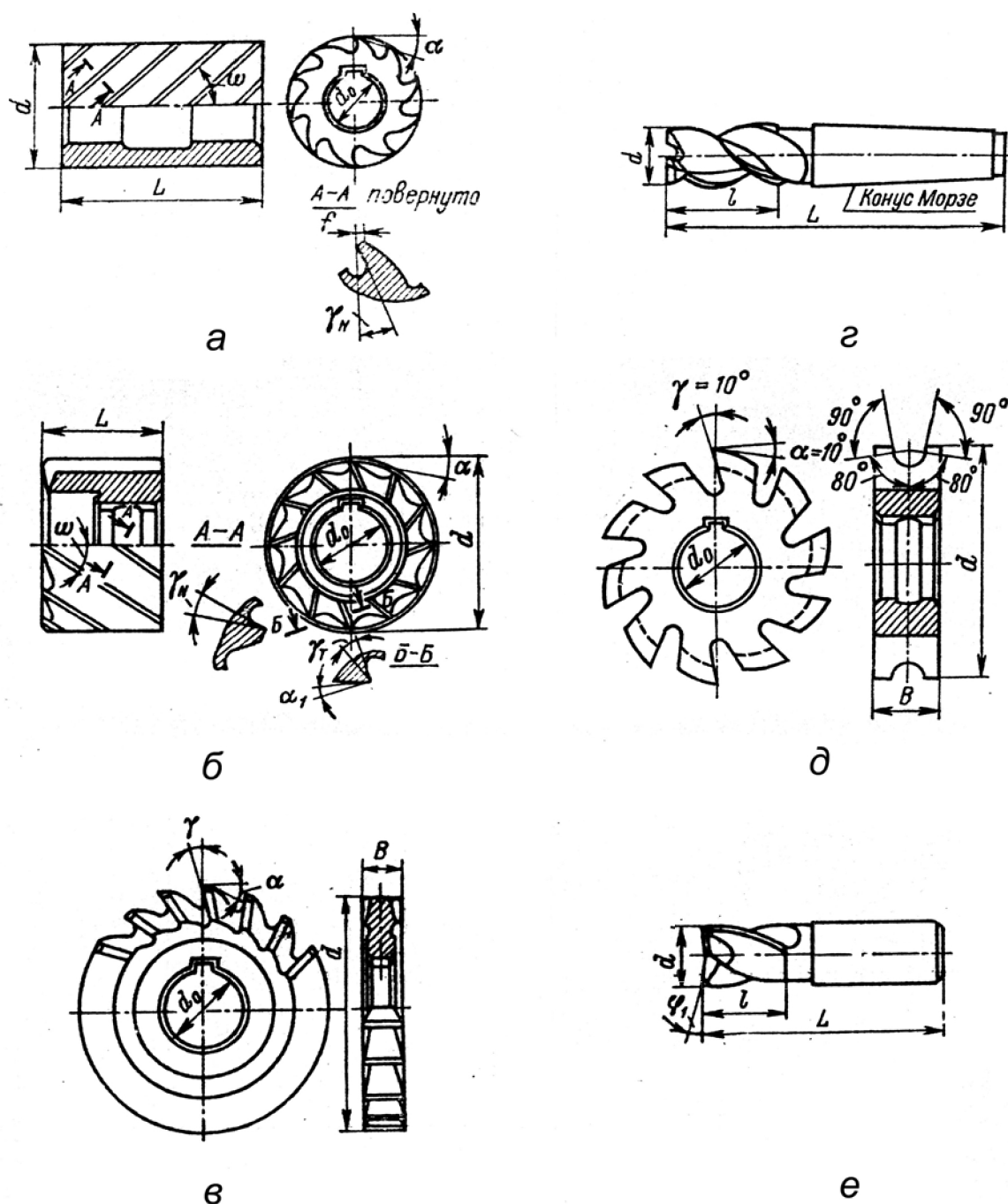


Рис.1. Некоторые виды конструкций фрез: а - цилиндрическая; б - торцовая; в - дисковая; г - концевая; д - фасонная; е - шпоночная

Наиболее распространенные конструкции фрез стандартизованы. Кроме вышеперечисленных можно встретить и другие виды фрез: прорезные, отрезные, шпоночные, пазовые, сегментные и другие, которые по существу являются модификациями основных фрез общего назначения.

Общие виды некоторых фрез приведены на рис.1. Спиральные цилиндрические фрезы применяют для обработки плоских поверхностей. Фасонные фрезы назначают для обработки различных фасонных профилей. Концевые фрезы являются основным инструментом для фрезерования сложных контуров деталей на станках с числовым программным управлением. Они также служат для обработки уступов и пазов. Концевые фрезы в отличие от цилиндрических имеют зубья на торце фрезы. Дисковые трехсторонние фрезы предназначены для обработки пазов, двухсторонние – уступов. Торцовые фрезы служат для обработки пазов, уступов и плоскостей. Угловыми фрезами обрабатывают сопряженные поверхности, образующие в пересечении угол.

По форме профилей зубьев фрезы подразделяют на острозаточенные и затылованные (рис.2). Острозаточенные фрезы перетачивают по задней поверхности.

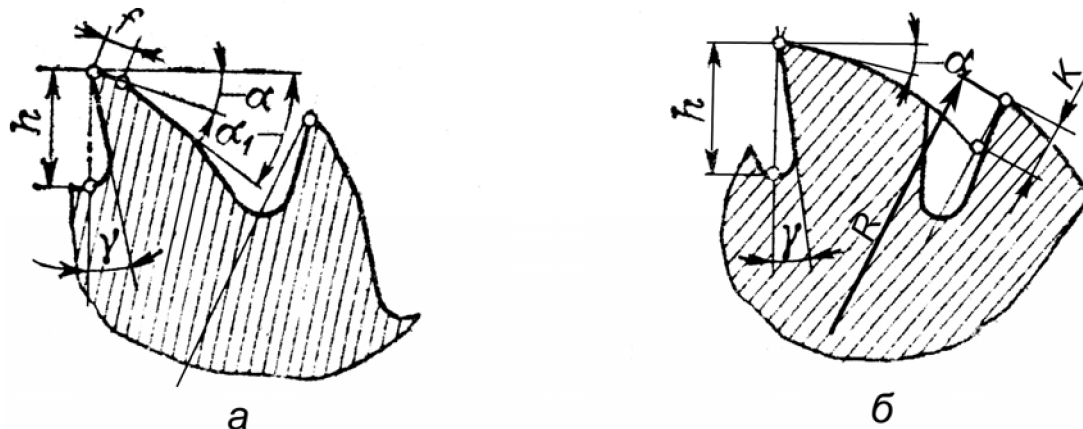


Рис.2. Формы профилей зубьев: а - острозаточенная; б - затылованная; h - высота зуба; γ - передний угол; f - фаска на задней поверхности; R - радиус фрезы; α_1 - задний угол спинки зуба

Затылованные фрезы имеют заднюю поверхность зуба, выполненную по спирали Архимеда. Эти фрезы служат для обработки фасонных поверхностей и перетачиваются по передней поверхности. Наличие задней поверхности зуба фрезы, выполненной по спирали Архимеда, позволяет сохранить почти неизменным задний угол фрезы при переточках. Падение затылка «К» определяют на центральном угле между зубьями фрезы « η »:

$$\eta = \frac{360^\circ}{z}; \quad K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где z – число зубьев фрезы;

α - задний угол.

На рис.3 приведены элементы конструкции концевой фрезы. Измеряют наружный диаметр фрезы d , длину фрезы L , длину режущей части λ , высоту зуба h , длину фаски заточки заднего угла f_2 , размеры хвостовика, по которым в

приложении находят № конуса Морзе. Определяют угловые параметры: передний угол « γ_N », задний угол « α », угол спирали зуба « ω », вспомогательные углы в плане « φ_0 » и « φ_1 », угол наклона режущей кромки на торце фрезы « λ ». Для определения угла спирали ω фрезу прокатывают по копировальной бумаге. На полученном отпечатке измеряют величину подъема зуба и делят на соответствующую длину образующей. Таким образом находят тангенс угла наклона спирали.

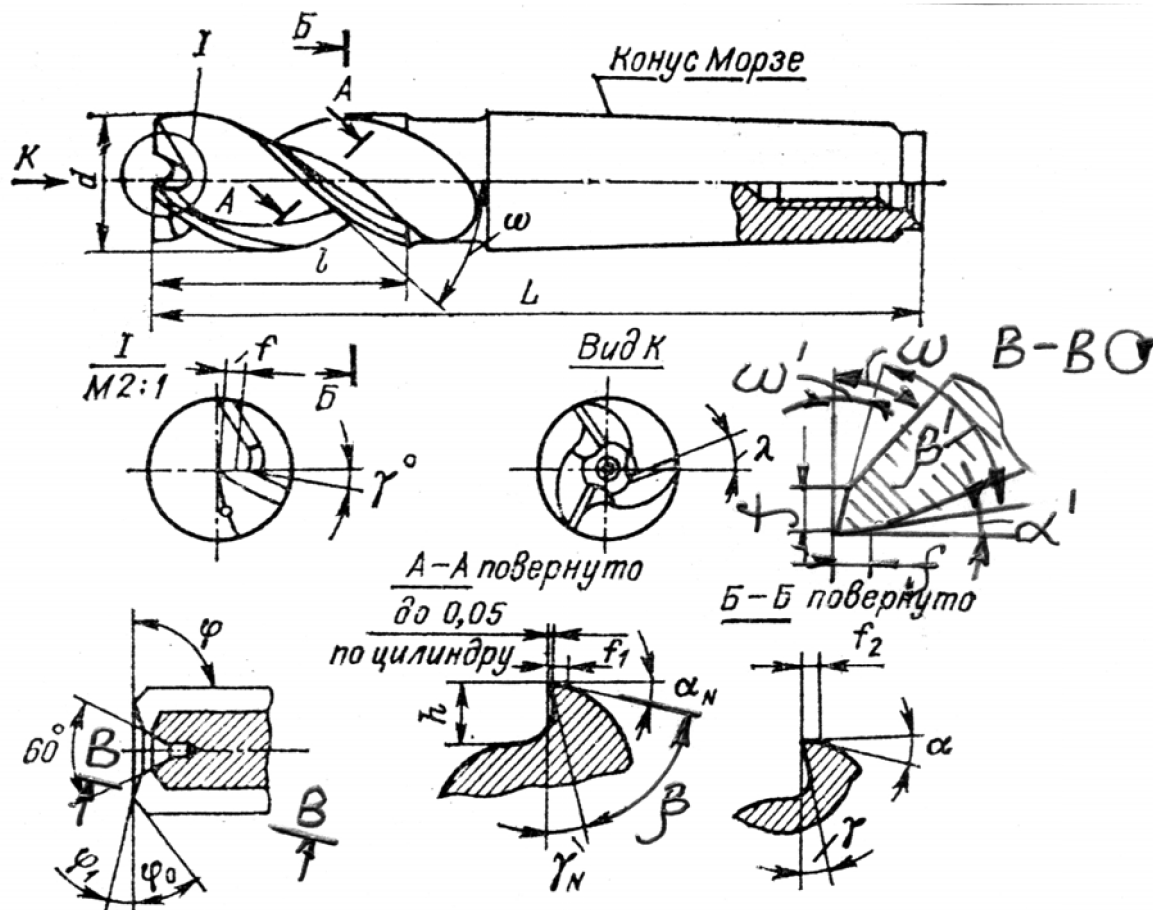


Рис. 3. Конструкция концевой фрезы

Для измерения переднего и заднего углов на цилиндрической части фрезы применяют угломер системы Бабчиничера (рис.4).

Передний угол γ_N измеряют в главной секущей плоскости, проходящей перпендикулярно режущему лезвию (сечение А-А на рис.3). Расположив соответствующим образом угломер (рис.4а), устанавливают опорный нож дуги z на соседний зуб, а измеряющий нож 4 прижимают к передней поверхности зуба так, чтобы не оставалось просвета. Против числа зубьев «z» снимают показание переднего угла « γ ».

Задний угол « α » измеряют в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Для этого, расположив нужным образом угломер (рис.4б), поворачивают сектор 2 до касания измеряющего ножа 4 задней поверхности зуба и против величины «z» снимают значение заднего угла « α ».

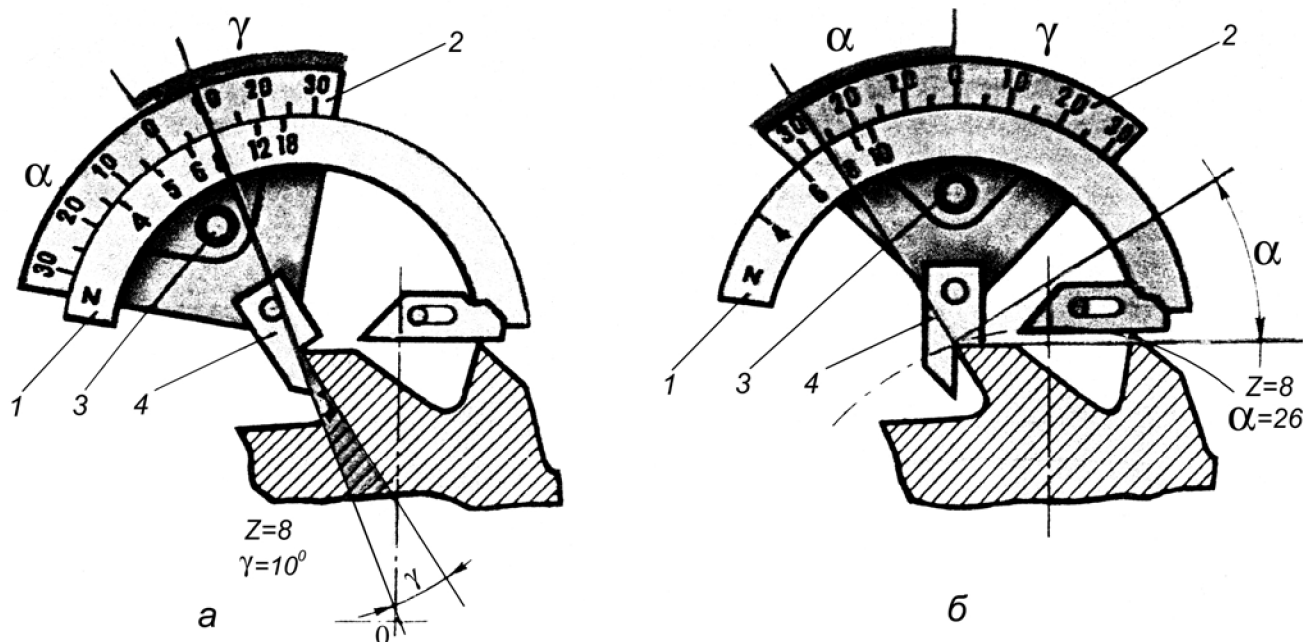


Рис. 4. Схемы измерения переднего « γ » и заднего « α » углов фрезы:
1 – сектор z ; 2 – сектор γ и α ; 3 – ось; 4 – измеряющий нож

Угол заострения « β » измеряют между передней и задней поверхностями зуба фрезы

$$\beta = 90 - (\gamma_N + \alpha_N).$$

Окружной шаг между зубьями фрезы находят по формуле

$$P_0 = \pi D / z.$$

Осевой шаг, измеряемый вдоль оси фрезы, будет

$$P_s = \pi D / z \tan \omega.$$

В качестве инструментальных материалов для фрез используют быстрорежущие стали Р6М5, Р9К5, Р9Ф5, Р18, Р9, Р6М5К5, Р9М4К8 и твердые сплавы ВК8, ВК10-ОМ, Т5К10, Т15К6 и другие. Для корпусов и хвостовиков фрез применяют стали 45, 40Х.

2. СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Наиболее распространенными поверхностями деталей, обрабатываемыми в процессе фрезерования, являются плоские поверхности, уступы, канавки, пазы, прорезы, фасонные профили. Некоторые схемы фрезерования приведены на рис.5.

Фрезерование плоских поверхностей наиболее часто выполняют цилиндрическими или торцовыми фрезами (рис.5а,б). Пазы, уступы, канавки обрабатывают дисковыми или концевыми фрезами (5в,г). Фасонные профили деталей изготавливают фасонными фрезами на универсальных фрезерных станках (рис.5д). На рис. 5е приведена схема обработки паза шпоночной фрезой.

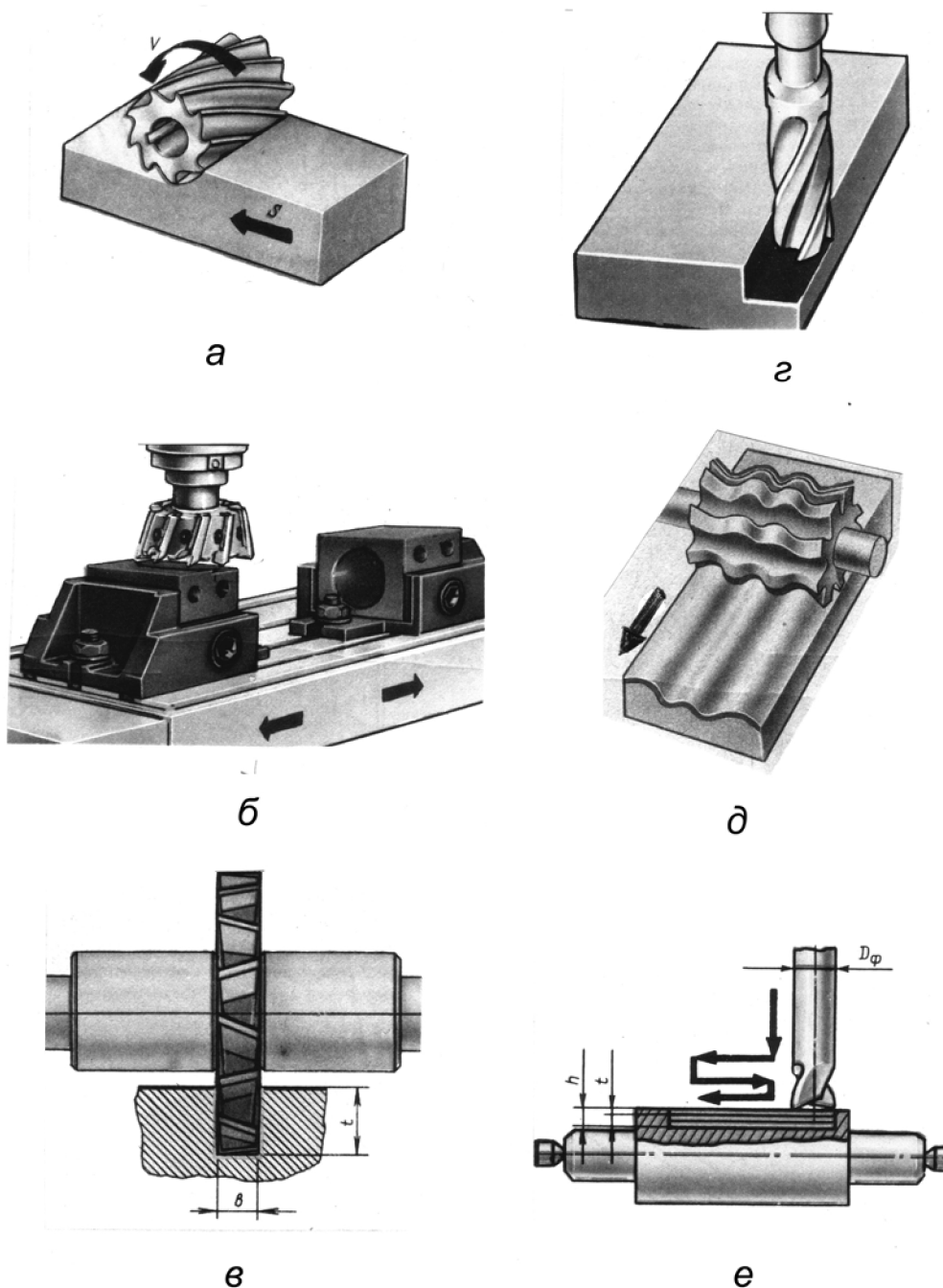


Рис. 5. Обработка типовых поверхностей разными видами фрез:
а - цилиндрической; *б* - торцовой; *в* - дисковой;
г - концевой; *д* - фасонной; *е* - шпоночной

Приведенные на рис.5 буквы означают: v - скорость резания; s - движение подачи; t - глубина резания; b - ширина фрезерования; D - диаметр фрезы; h - глубина шпоночного паза.

Различают два метода фрезерования:

- попутное (по подаче) (рис.6*а*);
- встречное (против подачи) (рис.6*б*).

При попутном фрезеровании направление вращения фрезы в зоне контакта с заготовкой совпадает с направлением ее подачи, а при встречном - противоположное.

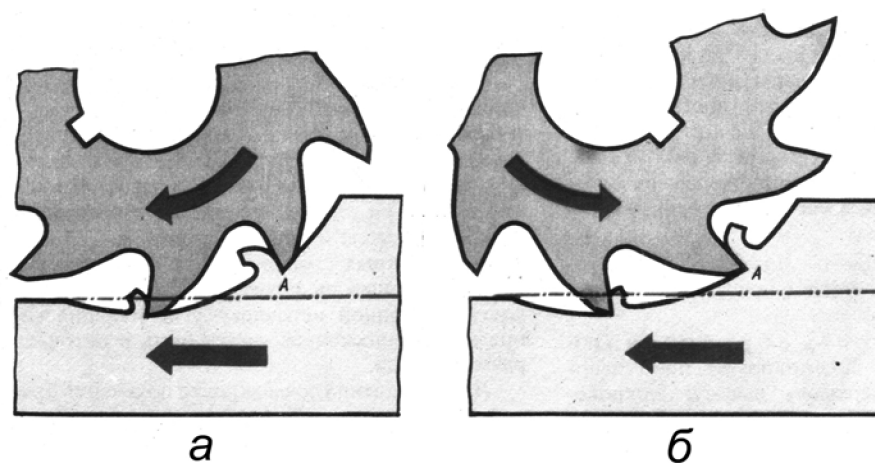


Рис. 6. Два метода фрезерования:
а - попутное; б - встречное

При попутном фрезеровании резание начинается с максимальной толщины среза, что уменьшает влияние наклепа поверхности резания на износ зубьев фрезы. Этим объясняется увеличение стойкости фрезы при попутном фрезеровании жаропрочных и титановых сплавов, склонных к получению наклепа. Также благоприятно и то, что фреза прижимает заготовку к столу станка. Однако следует иметь в виду, что фреза может потянуть заготовку вместе со столом станка в направлении подачи, выбирая при этом зазор в передаче ходовой винт-гайка механизма подачи фрезерного станка. С целью устранения люфта в передаче ходовой винт-гайка на ходовом винту фрезерного станка могут устанавливаться две гайки, регулировкой положения которых относительно друг друга можно устранить указанный выше люфт.

При встречном фрезеровании подхвата фрезой заготовки быть не может, так как в этом случае горизонтальная составляющая силы резания всегда направлена против подачи стола.

3. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Фрезерные станки относятся к 6 группе по классификации металлорежущих станков и подразделяются на 9 подгрупп, например вертикально-фрезерные (с вертикальным расположением шпинделя), горизонтально-фрезерные, универсальные и др.

В соответствии с общепринятым обозначением металлорежущих станков на первом месте ставят номер группы, на втором месте – номер подгруппы, на третьем месте (или третьем и четвертом) – характерный размер станка. Например, станок 6Т82Г-1, станок фрезерный (6 группа), горизонтально-фрезерный (с горизонтальным расположением шпинделя, (8 подгруппа), имеет стол №2 с размерами ширины и длины стола 320×1250 мм. Буква Т означает модернизацию, буква с цифрой Г-1 – модификацию станка.

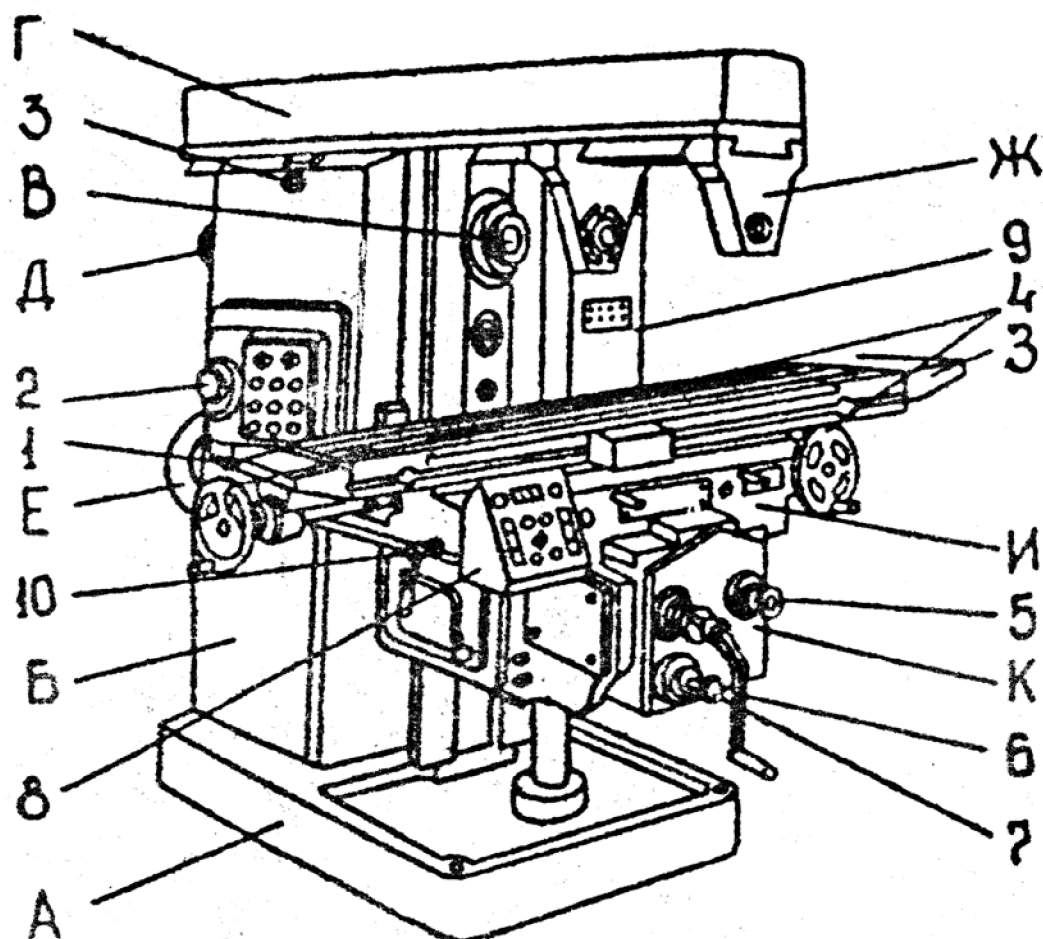


Рис.7. Общий вид горизонтального консольно - фрезерного станка 6Т82Г-1.

Органы управления:

- 1, 2 – рукоятки включения частоты вращения шпинделя;
- 3 – квадрат для перемещения балки; 4 – маховики ручного продольного перемещения стола; 5 – квадрат для ручного перемещения салазок;
- 6 – рукоятка вертикального перемещения консоли;
- 7 – рукоятка переключения селективного механизма коробки подач;
- 8 – пульт управления; 9 – электрошкаф управления;
- 10 – рукоятка зажима салазок

Рассмотрим более подробно устройство станка 6Т82Г-1 (рис.7). Станок состоит из основания А и станины Б, отлитых из чугуна. В полости основания находится резервуар для смазывающе-охлаждающей жидкости. В нижней части станины размещается электрооборудование, в средней – коробка скоростей и селективный механизм, в верхней – горизонтальный шпиндель В, приводимый во вращение от электродвигателя Е.

Сверху на станине расположена передвижная балка Г, на которой устанавливается серья Ж для дополнительной опоры оправки с инструментом.

К передней части станины крепится консоль К, которая может перемещаться по направляющим станины вверх и вниз. В консоли размещается привод подач.

По консоли в поперечном направлении (параллельно оси шпинделя) перемещаются салазки И, на которых размещен стол 3, перемещающийся в продольном направлении (перпендикулярном перемещению салазок и оси шпинделя). Непосредственно на столе станка или в специальном приспособлении устанавливается обрабатываемая заготовка.

Технические характеристики станка

Размеры стола, мм	1250×320
Наибольшее перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях, мм	800, 320, 420
Число ступеней оборотов шпинделя	18 (в пределах от 31,5 до 1600 об/мин)
Мощность главного электродвигателя, кВт	7,5
Мощность электродвигателя привода подачи, кВт	2,2
Число ступеней продольных, поперечных и вертикальных подач стола	22
Пределы подач, мм/мин: продольных и поперечных...	12,5...1600
вертикальных	4,1...530
Скорость быстрых перемещений стола, мм/мин:	
продольного, поперечного	4000
вертикального	1330

В процессе обработки заготовки фрезерный станок реализует два движения: вращение фрезы и подачу заготовки. Вращение фрезы, определяющее скорость резания ($v=\pi Dn/1000$ м/мин), называется главным движением. Подача выражает скорость перемещения заготовки и задается в мм/мин. Обозначается буквой S_m . Подача может быть вертикальной (вертикальное перемещение консоли), поперечной (перемещение салазок) и продольной (перемещение стола).

Привод главного движения состоит из источника движения, в качестве которого служит электродвигатель, коробки скоростей, обеспечивающей 18 различных чисел оборотов в минуту шпинделя. Числа оборотов шпинделя (частоты вращения) изменяются ступенчато (ступенчатое регулирование).

При мощности электродвигателя $N=7,5$ кВт и к.п.д. привода $\eta = 0,8$ станок обеспечивает на шпинделе мощность $N_e = 6$ кВт.

Привод подачи состоит из электродвигателя $N=2,2$ кВт, коробки подач, обеспечивающей 22 различные величины подачи и ходовых винтов с гайками, преобразующих вращательное движение зубчатых колес коробки подач в поступательное перемещение консоли, салазок и стола. Скорость быстрых установочных перемещений – 4000 мм/мин. Вертикальные подачи консоли в 3 раза меньше продольных и поперечных подач стола и салазок. Наибольшее усилие резания, допустимое механизмами подачи, составляет 15 кН для продольной подачи стола.

4. ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Глубина резания t представляет собою расстояние между обрабатываемой 1 и обработанной 2 поверхностями, т.е. припуск на сторону (рис.8).

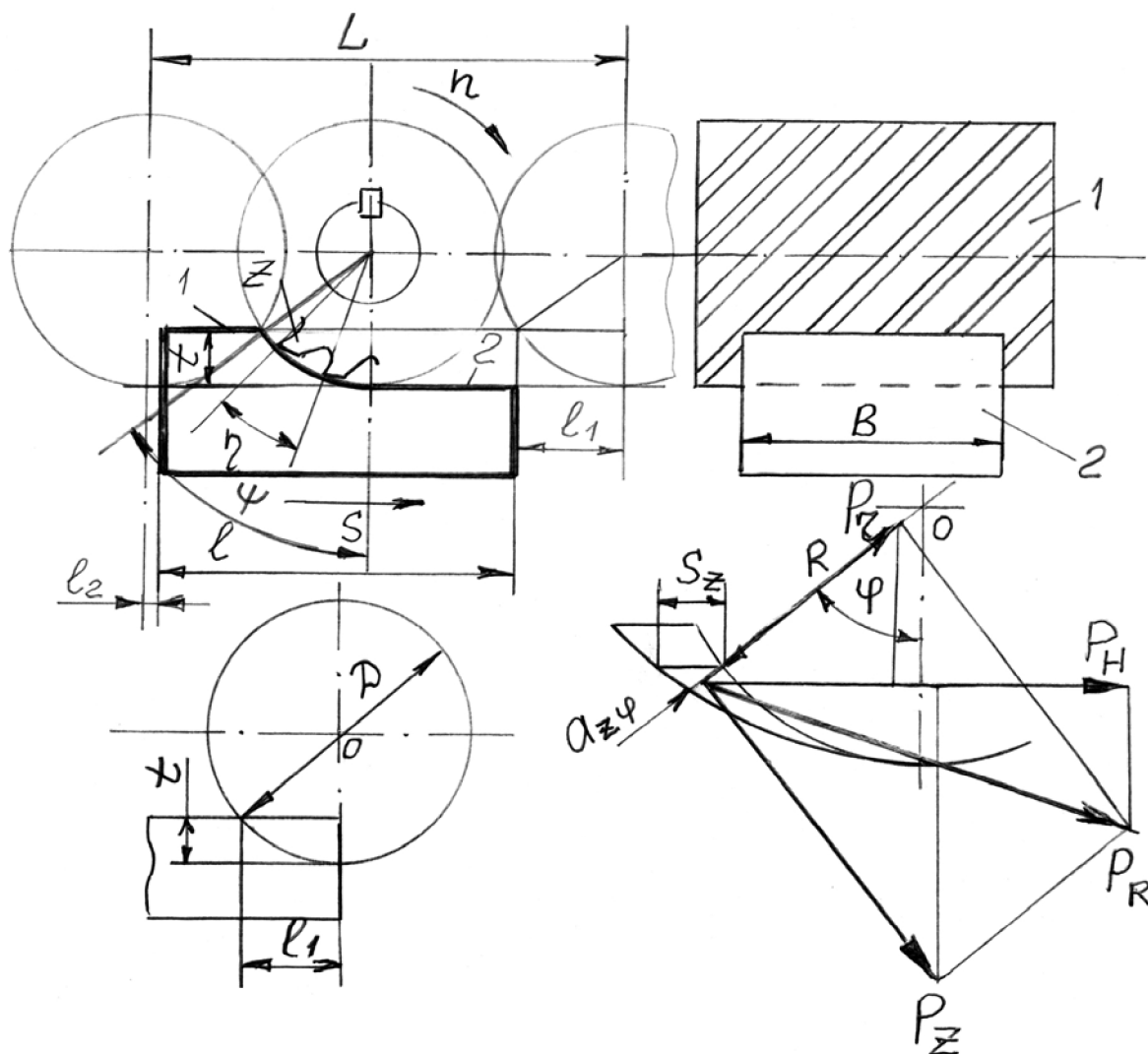


Рис. 8. Элементы режима резания при фрезеровании

Величину t принимают максимально допустимой, стараясь снять весь припуск за один проход. Ограничением здесь может быть недостаточная жесткость или прочность фрезы, оправки, заготовки, приспособления, мощность электродвигателя станка. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, глубина фрезерования t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой и измеряется в направлении, перпендикулярном оси фрезы (рис.9).

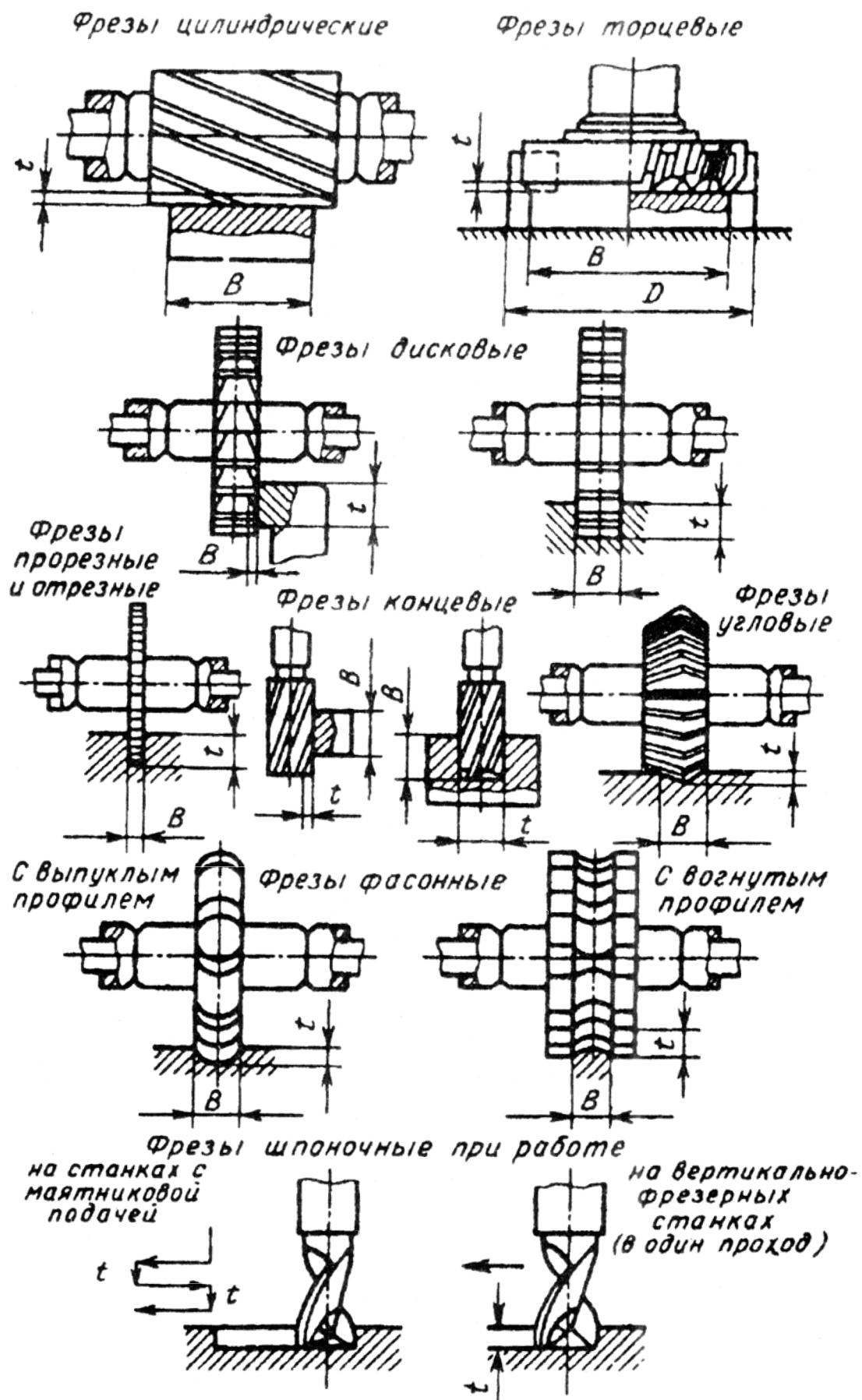


Рис. 9. Определение ширины B и глубины t резания при различных видах фрезерования

Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующего в резании. Ширину фрезерования B измеряют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами (рис.9). Ширина фрезерования B определяет один из элементов сечения среза. Другим является толщина среза $a_{z\phi}$, которая измеряется в направлении радиуса фрезы к поверхности резания. Сечение среза $F_{z\phi} = B \cdot a_{z\phi}$ (рис.8).

Подача на зуб S_z есть величина перемещения стола фрезерного станка за время поворота фрезы на центральный угол между зубьями η (рис.8), который находят по формуле $\eta = 360^\circ / z$. Величина S_z зависит от многих факторов (инструментальный и обрабатываемый материалы, диаметр фрезы, глубина и ширина фрезерования, жесткость системы станок- приспособление – инструмент – заготовка и др.) и определяется по нормативам режимов резания при фрезеровании. При этом все обрабатываемые материалы классифицируют в несколько определенных групп, выделяют виды фрезерования и материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь или твердый сплав. Далее производят расчет подачи по формулам [1], [2]

$$S_z = \frac{C_s \cdot D^\mu \cdot K_s}{t^p \cdot B^w} \text{ или } S_z = S_{zT} \cdot K_s$$

в зависимости от приведенных в нормативах данных, где

C_s – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр фрезы;

K_s – коэффициент, учитывающий дополнительные условия на обработку;

t – глубина фрезерования;

B – ширина фрезерования;

S_{zT} – табличное значение подачи;

μ , p , w – показатели степеней.

Конкретные значения коэффициентов и показателей степеней определяют по таблицам нормативов режимов резания [1].

Скорость резания при фрезеровании может быть определена по формулам [1]

$$v = v_T \cdot K_v \text{ или } v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot B^r \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z^u}$$

в зависимости от приведенных нормативных данных различных видов фрезерования, инструментальных и обрабатываемых материалов [1]. В этих формулах введены дополнительные обозначения:

v_T – табличное значение скорости резания;

K_v – поправочный коэффициент на измененные условия резания;

C_v – коэффициент пропорциональности;

T – стойкость фрезы (мин);

q , m , r , x , y , u – показатели степеней.

В таблицах нормативов могут также быть указаны непосредственные значения скорости резания для конкретных значений параметров режима фрезерования.

Фактическая линейная скорость вращения фрезы, (м/мин), определяемая по формуле

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000},$$

не должна превышать скорость резания, найденную по нормативам:

$$v_{\phi} \leq v.$$

Отсюда находим допустимую частоту вращения фрезы

$$n \leq \frac{1000 v}{\pi D}.$$

Рассчитанное значение «n» сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее меньшее число оборотов шпинделя:

$$n_{cm} \leq n.$$

Находят минутную подачу

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_{cm}$$

и принимают ее ближайшее меньшее значение по паспорту станка

$$S_{MCT} \leq S_M.$$

Определяют действительные значения параметров режима резания

$$n_{td} = n_{cm}; \quad V_d = \pi D n_d / 1000; \quad S_{Md} = S_{MCT}; \quad S_{zd} = S_{Md} / n_d \cdot z.$$

Толщина среза $a_{z\phi}$ определяется по формуле (рис.8)

$$a_{z\phi} = s_z \cdot \sin \phi,$$

где ϕ - текущее значение угла положения зуба фрезы на поверхности резания.

Толщина среза при фрезеровании – величина переменная и изменяется (при встречном фрезеровании) от нуля до некоторого максимального значения, соответствующего положению зуба на угле контакта « Ψ », определяемого радиусами фрезы, направленными в точку входа и выхода зуба из контакта с заготовкой. Величина угла контакта рассчитывается по формуле

$$\Psi = 2 \arcsin \left(\frac{t}{D} \right)^{0,5}.$$

При попутном фрезеровании толщина среза изменяется наоборот, т.е. от максимального своего значения до нуля.

Число одновременно работающих зубьев цилиндрической и концевой фрез

$$z_0 = \frac{\psi}{\eta} + \frac{B}{P_s}.$$

Машинное время обработки (рис.8)

$$T_M = \frac{L \cdot i}{S_{Md}} + \frac{L(i-1)}{S_{M\phi}},$$

где $L = \lambda + \lambda_1 + \lambda_2$ - общая длина перемещения стола;

λ - длина обрабатываемой поверхности;

λ_1 - длина врезания, $\lambda_1 = \sqrt{t(D-t)}$

$\lambda_2 = 2-2,5$ мм - длина перебега;

i - число проходов;

S_{M6} - быстрая установочная подача.

Мощность резания N_e находят по формулам

$$N_e = C_N \cdot 10^{-5} D^a t^q B^\lambda S_{z0}^i z^f n_o^e K_{N1} K_{N2}$$

$$\text{или } N_e = E \cdot \frac{VBZ}{1000} K_1,$$

где E - нормативный коэффициент, зависящий от вида фрезерования [1, с.62].

Необходимые для расчета справочные данные берут из нормативов режимов резания [1]. При этом должно выполняться условие $N_e \leq N_{cm}$.

Мощность на шпинделе станка

$N_{cm} = N_{эд} \cdot \eta$, где $N_{эд}$ - мощность главного электродвигателя, кВт;

η - коэффициент полезного действия главного привода, $\eta = 0,8$.

Среднее суммарное значение окружной (тангенциальной) составляющей силы резания P_z (рис.8)

$$P_z = \frac{60000 N_e}{V_d} (H), \quad \text{где } N_e (\text{кВт}), V_d (\text{м/мин}).$$

Горизонтальная составляющая P_n при этом составляет $P_n = (0,8-1,1) P_z$, т.к. она учитывает также проекцию радиальной составляющей P_r . Сила P_n не должна превышать допустимое усилие механизма подачи станка Q_{cm} :

$$P_n \leq Q_{cm}.$$

Коэффициент использования инструмента

$$K_u = S_{z0} n_d / S_z \cdot n.$$

Коэффициент использования станка

$$K_c = N_e / N_{cm}.$$

По своей природе фрезерование является неравномерным процессом, так как сечение среза непрерывно меняется. Однако для цилиндрических и концевых фрез при условии

$$\frac{B}{P_s} = c, \quad \text{где } c = 1, 2, \dots - \text{целое число, суммарное сечение среза от всех}$$

одновременно режущих зубьев является величиной постоянной. Такое фрезерование называется равномерным. Оно характеризуется увеличением стойкости фрезы в 2-3 раза.

Реальное значение коэффициента равномерности

$$C = \frac{BZ \cdot \operatorname{tg} \omega}{\pi D}.$$

Процесс фрезерования всегда сопровождается вибрациями. Для уменьшения вибраций рекомендуется располагать зубья концевых фрез неравномерно по окружности. Для практического определения центральных углов методом зубьями достаточно измерить расстояния между отпечатками зубьев на развертке фрезы λ_i в направлении, перпендикулярном оси фрезы, и выполнить расчеты:

$$\eta_i = \frac{360\lambda_i}{\pi D}.$$

Стремление к повышению равномерности фрезерования заставляет увеличивать угол спирали фрезы до $\omega = 45-50^\circ$. Это ведет к неоправданному возрастанию переднего угла γ' на торцевом лезвии фрезы, т.к. в этом случае $\gamma' = \omega'$. Угол заострения $\beta = 90 - (\gamma' + \alpha')$ резко уменьшается, что ведет к заметному снижению прочности зуба и стойкости фрезы. Поэтому вблизи торца рекомендуется затачивать вторую спираль с меньшим углом подъема $\omega' = 20^\circ$ на длине 2-3 мм.

5. УСТАНОВКА ФРЕЗ И ЗАГотовок НА СТАНКЕ

Фрезы устанавливают на оправках, которые затем вставляют в коническое отверстие шпинделя и затягивают шомполом 7 (рис.10), проходящим внутри полого шпинделя. Так создается момент трения, противодействующий моменту резания.

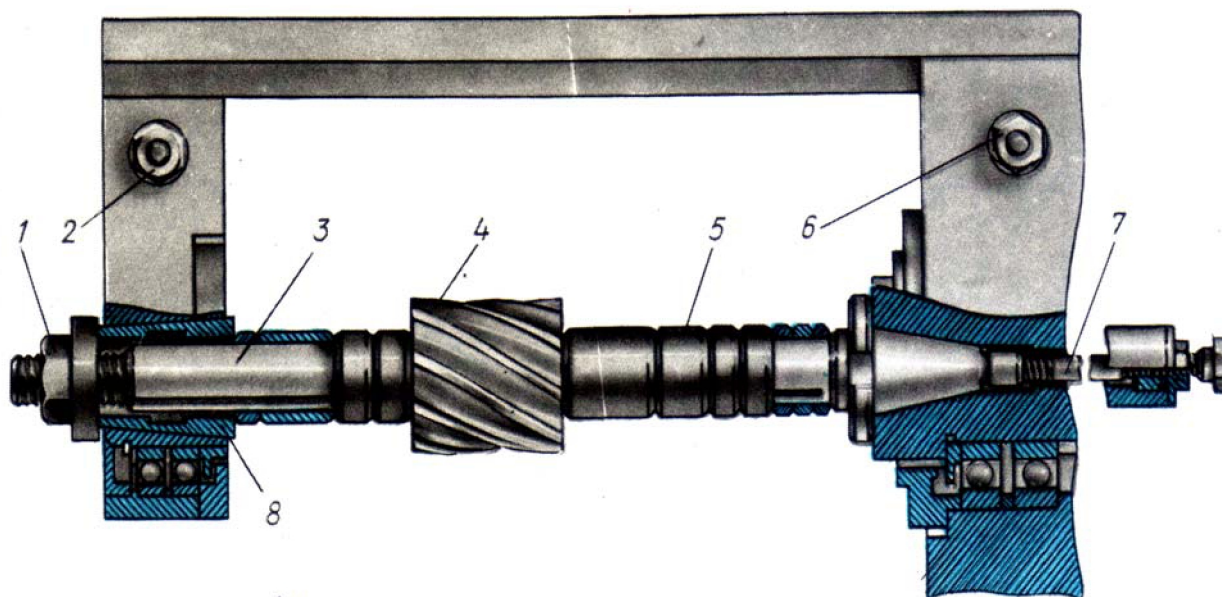


Рис. 10. Схема установки цилиндрической фрезы на горизонтально – фрезерном станке: 1, 2, 6 – гайки; 3 – оправка; 4 – фреза; 5 – кольца; 7 – шомпол

Надежность закрепления обеспечивается установкой дополнительных торцевых шпонок. Другой конец оправки может быть консольным или иметь вторую опору в серьге, устанавливаемой на хоботе (балке) станка. На оправку 3 устанавливают кольца 5, фрезу 4, конусную втулку 8 под серьгу и все затягивается гайкой 1. Серьга и хобот стопорятся гайками 2 и 6.

На станке 6Т82Г-1 имеется специальное устройство для электромеханического зажима инструмента.

После закрепления оправки с фрезой в шпинделе станка проверяют биение зубьев фрезы с помощью магнитной стойки с индикатором. Для этого медленно вращают шпиндель, предварительно отсоединив его от коробки скоростей, снимая показания индикатора. Ножка индикатора должна быть направлена по радиусу фрезы и упираться в заднюю поверхность зуба с небольшим натягом. Биение зубьев фрезы не должно превышать 0,05 мм.

Для закрепления заготовок на фрезерных станках применяют машинные тиски, угловые плиты, прихваты и пр.

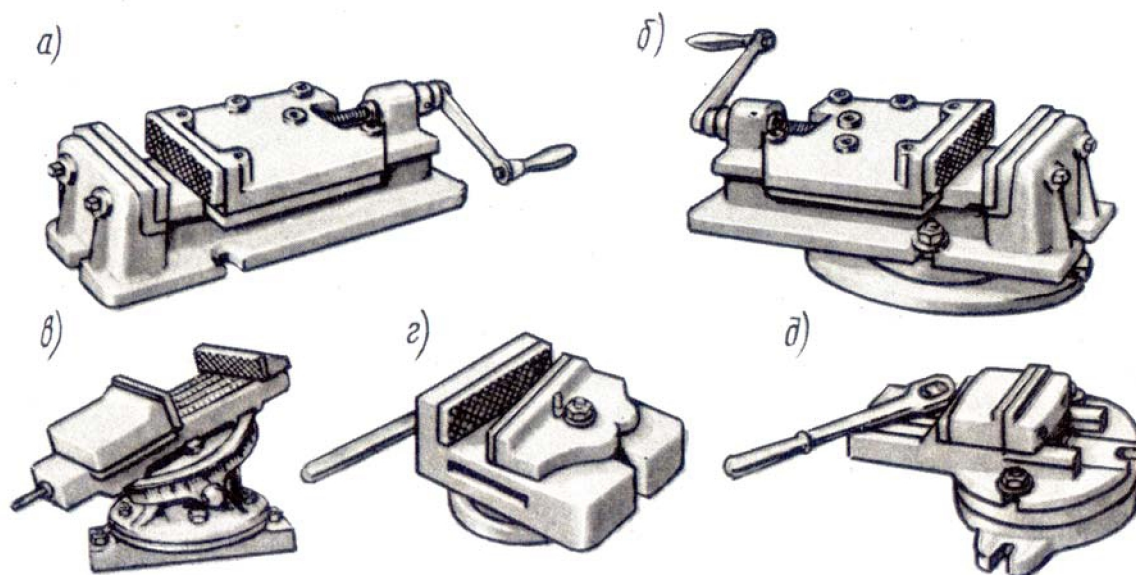


Рис. 11. Некоторые типы машинных тисков:

а - простые; *б* - поворотные; *в* - универсальные;
г - с поворотной подвижной губкой; *д* - с быстродействующим
эксцентриковым зажимом

Машинные тиски подразделяют на простые (рис.11*а*), поворотные, верхняя часть которых может поворачиваться относительно вертикальной оси (рис.11*б*), универсальные, которые могут поворачиваться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях (рис.11*в*), с поворотной подвижной губкой (рис.11*г*), с быстродействующим эксцентриковым зажимом (рис.11*д*).

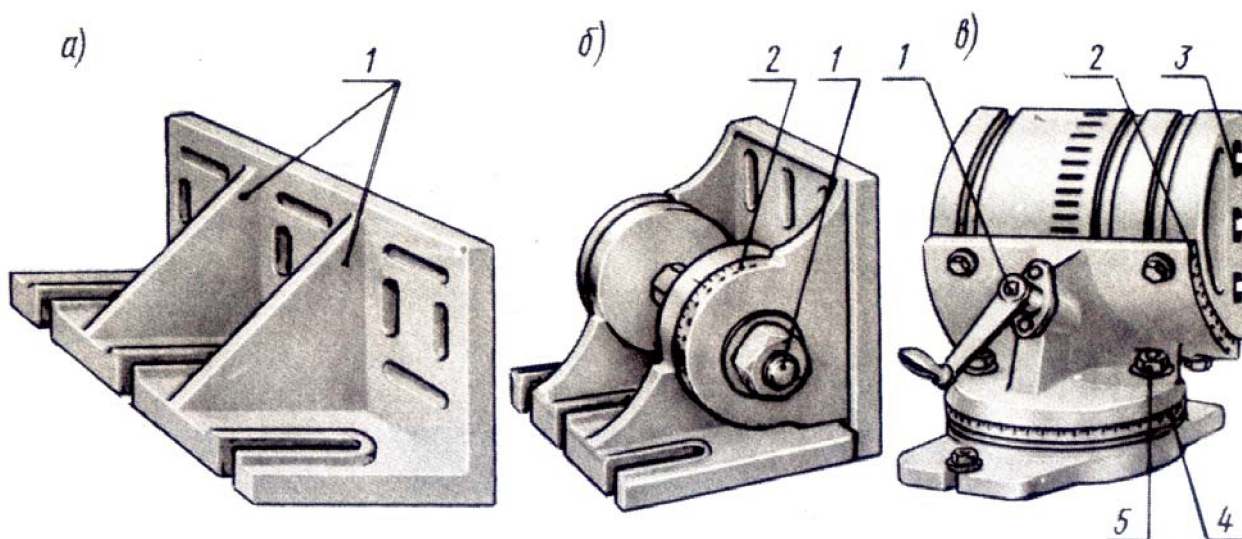
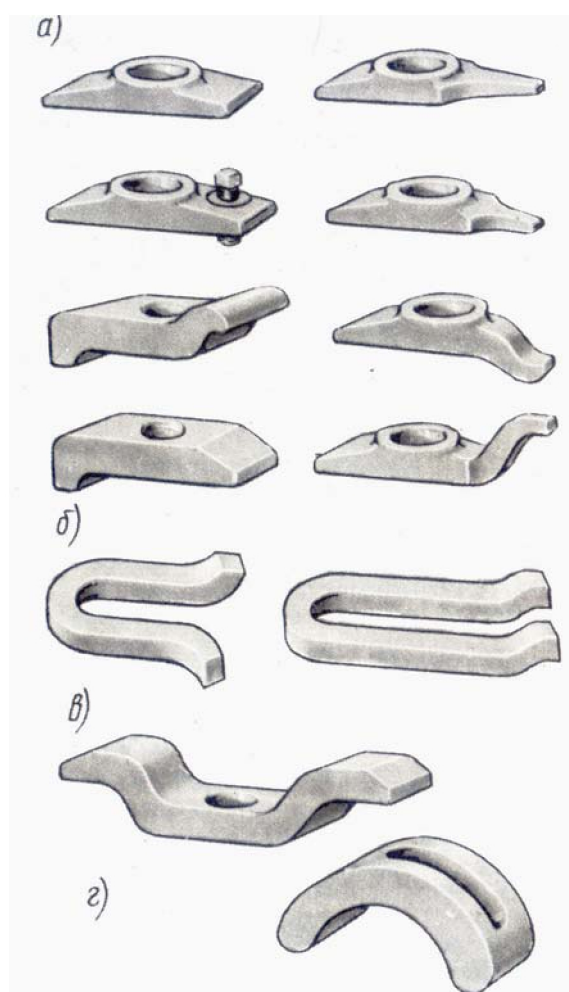


Рис. 12. Угловые плиты: а - простая; б - поворотная; в - универсальная

Угловые плиты также могут быть простые, поворотные и универсальные. Простая угловая плита (рис.12а) имеет две полки, укрепленные двумя ребрами жесткости 1.

Поворотная угловая плита (рис.12б) позволяет поворачивать полку вокруг оси 1 после освобождения гайки и устанавливать ее на требуемый угол по шкале 2. Универсальная угловая плита (рис.12в) представляет собой поворотный стол 3 с тремя Т-образными пазами. Поворот стола вокруг горизонтальной оси производится рукояткой 1 и отсчитывается по шкале 2. Поворот корпуса головки вокруг вертикальной оси выполняют после ослабления гаек 5 по шкале 4.



Прихваты используют для закрепления заготовок сложной формы или больших размеров непосредственно на столе станка. Некоторые типы прихватов показаны на рис.13.

Рис.13. Некоторые типы прихватов: а - плиточные, б - вилкообразные, в - корытообразные, г - изогнутые

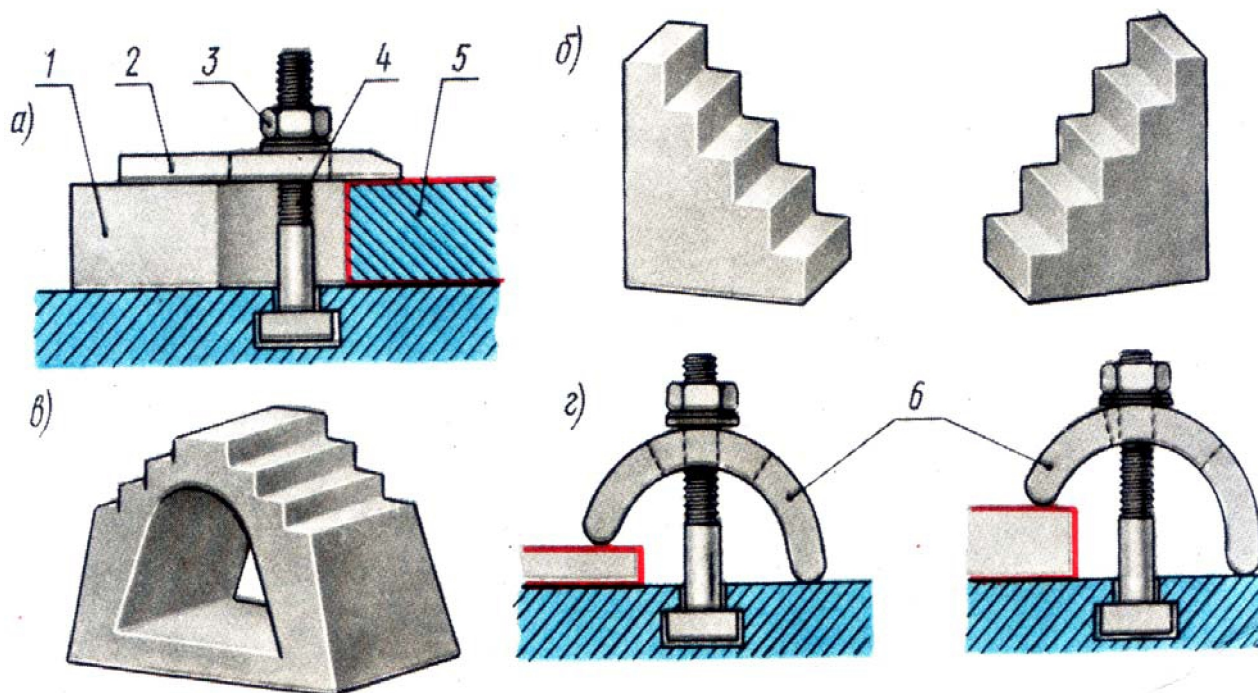


Рис. 14. Крепление заготовки прихватами

На рис.14а показано закрепление обрабатываемой заготовки 5 на столе станка плиточным прихватом 2, который одним концом опирается на заготовку 5, а другим -на подкладку 1. Головка болта 4 заводится в Т- образный паз стола через отверстие прихвата. Заворачивая ключом гайку 3, тем самым прижимают прихват к заготовке, а заготовку, соответственно, к столу станка. В качестве подкладки под прихваты используют ступенчатые подставки (рис.14б, в). Весьма удобным в работе является регулируемый по высоте изогнутый универсальный прихват 6 (рис.14г). Таким прихватом можно прижимать разные по высоте заготовки.

Одновременно с закреплением обрабатываемой заготовки производят проверку правильности ее положения относительно координатных осей перемещений в станке: x – продольная подача стола; y - поперечная подача салазок; z – вертикальная подача консоли. Так, например, горизонтальность заготовки в тисках по отношению к столу станка может быть проверена стойкой с индикатором (рис.15).

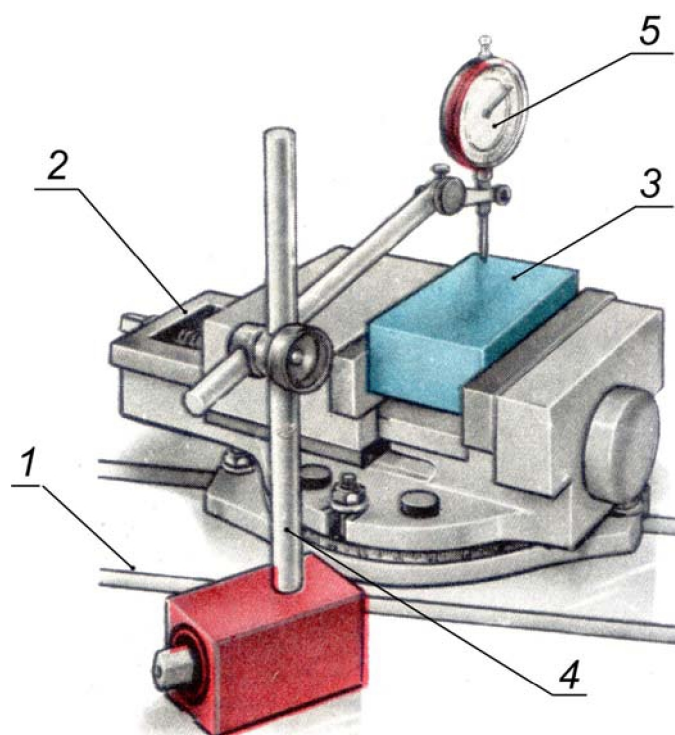


Рис. 15. Контроль горизонтальности установки заготовки в тисках:

1 – стол станка; 2 – тиски; 3 – заготовка; 4 – магнитная стойка; 5 - индикатор

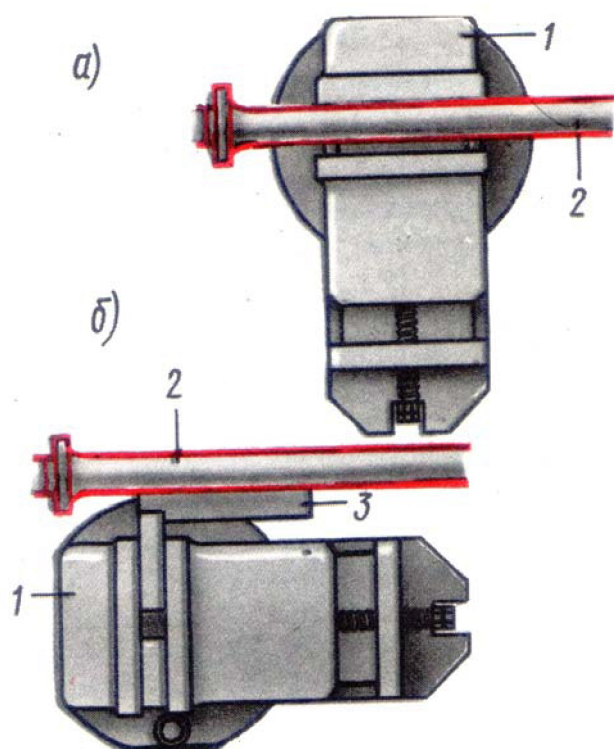


Рис. 16. Выверка установки тисков на столе станка:

1 – неподвижная губка тисков; 2 – фрезерная оправка; 3 – угольник

Параллельность или перпендикулярность губок тисков оси фрезерной оправки 2 устанавливают соответственно соприкосновением оправки с неподвижной губкой тисков 1 или со стороной угольника 3 (рис.16а, б).

6. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ

Производительность обработки является важнейшим показателем совершенства технологического процесса. Существенное влияние на повышение производительности оказывает сокращение машинного времени, затрачиваемого на обработку поверхности детали.

Число зубьев фрезы z зависит от диаметра фрезы, глубины резания и подачи, т.к. должно обеспечить необходимые размеры стружечных канавок фрез, форму и размеры зубьев.

Частота вращения фрезы n зависит от инструментального материала, т.к. допустимые температуры резания для твердых сплавов ($\theta = 850^{\circ}\text{C}$) выше допускаемых быстрорежущими фрезами ($\theta = 620^{\circ}\text{C}$). Поэтому твердосплавные фрезы позволяют применить скорости резания в два раза большие по сравнению с быстрорежущими фрезами и, соответственно, увеличить производительность обработки.

Качество обработанной поверхности при фрезеровании обычно оценивается по ее шероховатости. Среди режимных параметров наибольшее влияние на высоту остающихся гребешков оказывает подача на зуб S_z . Высота неровностей на обработанной поверхности при фрезеровании зависит также от вида фрезерования, физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрии зубьев фрезы, их заточки, износа, виброустойчивости системы станок – заготовка – инструмент, применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и др. В ходе выполнения лабораторной работы проводится фрезерование заготовки на различных подачах, измерение параметра R_a шероховатости на профилометре и построение графиков зависимости R_a от S_z .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные виды фрез и их параметры.
2. Назовите формы профилей зубьев фрез.
3. Укажите типовые поверхности деталей, обрабатываемые фрезерованием.
4. В чем заключается различие двух методов фрезерования?
5. Как обозначают фрезерные станки?
6. Назовите основные узлы станка 6Т82Г-1.
7. Назовите параметры режима фрезерования и формулы для их расчета.

8. Приведите схемы установки и закрепления фрез на станке.
9. Перечислите способы закрепления заготовок.
10. Как проверяют биение зубьев фрезы?
11. Как производят выверку установки заготовки?
12. Перечислите углы заточки концевых фрез.
13. Как производится измерение переднего и заднего углов концевой фрезы?
14. Как определить частоту вращения шпинделя?
15. Что такое угол контакта?
16. Как определить число одновременно работающих зубьев?
17. Как определить мощность резания при фрезеровании?
18. Как определить толщину среза?
19. Что такое затылование фрез?
20. Какие факторы влияют на величину подачи на зуб?
21. Какие факторы влияют на шероховатость обработанной поверхности?
22. Как определяют машинное время обработки?
23. От каких параметров зависит коэффициент равномерности фрезерования?
24. Как уменьшить вибрации концевых фрез?
25. Как увеличивают прочность зуба концевой фрезы на торце?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков А.Н. Режимы резания авиационных материалов при фрезеровании. - Самара, 1994 – 90с.
2. Справочник технолога – машиностроителя. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2003 – 943с.

Кафедра
'Механической обработки материалов'

Студент _____

Группа _____ Дата _____

Лабораторная работа

«Фрезерование типовых поверхностей деталей»

1. Обмер и эскизирование концевой фрезы

2. Таблица результатов обмера фрезы

[illegible]

3. Расчет параметров режима резания.

4. Результаты измерения шероховатости обработанной поверхности при фрезеровании на разных режимах.

№ п/п	t, мм	B, мм	n, об/мин	v, м/мин	S_z, мм/зуб	R_a, мкм
1	2	3	4	5	6	7

5. Ответы на контрольные вопросы по лабораторной работе.

*Руководитель*_____

ПРИМЕР РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Задание. Рассчитать режим фрезерования контура детали концевой фрезой из P6M5. Материал детали – АК8. $B=50\text{мм}$; $t=5\text{мм}$; $R_a=2,5\text{мкм}$; $\lambda_k = 400\text{мм}$.

По приложению 4 выбираем фрезу с параметрами: $D=40\text{мм}$, $L=188\text{мм}$; $\lambda=63\text{мм}$; $Z=6$; К.М.4.

По [1] выбираем подачу на зуб (разд.8). Обрабатываемый материал АК8 относится ко II группе. Находим $S_{ZT}=0,24\text{мм/зуб}$.

Расчетная формула для подачи

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_S.$$

Величина K_S определяется по формуле

$$K_S = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4} \quad (\text{раздел 8.1}).$$

$$K_{S1}=1,2; \quad K_{S2}=1,0; \quad K_{S3}=0,6; \quad K_{S4}=1,0; \quad K_S=0,72,$$

$$S_Z = 0,24 \cdot 0,72 = 0,18 \text{мм/зуб}.$$

Расчет скорости резания V .

По табл. 42 находим $V_T=120\text{м/мин}$,

$$V = V_T \cdot K_V,$$

$$K_V = K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} \cdot$$

$$K_{V7}=1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 =$$

$$= V = 120 \cdot 0,66 = 79,2 \text{ м/мин}.$$

Находим частоту вращения шпинделя

$$n \leq \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 79,2}{\pi \cdot 40} = 630,25.$$

Принимаем паспортное значение « n » по данным станка 6Т82Г-1 1 (см. далее)

$$n_{cm} \leq n, \quad n_{cm} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Минутная подача

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_{CT} = 0,18 \cdot 6 \cdot 630 = 680,4 \text{ мм/мин}.$$

По паспорту 6Т82Г-1

$$S_{MCT} \leq S_M, \quad S_{MCT} = 630 \text{ мм/мин}.$$

Действительные значения параметров режима фрезерования: $B=50\text{мм}$;

$$t=5\text{мм}; \quad n_\partial=630\text{мин}^{-1}; \quad S_{M\partial}=630\text{мм/мин}; \quad S_{z\partial}=0,167\text{мм/зуб};$$

$$V_\partial=79\text{м/мин}.$$

Угол контакта ψ

$$\psi = 2 \arcsin \left(\frac{t}{D} \right)^{0,5} = 41^{\circ}.$$

Центральный угол между зубьями фрезы

$$\eta = \frac{360^{\circ}}{z} = 60^{\circ}.$$

Осевой шаг между зубьями фрезы

$$P_S = \frac{\pi D}{z \operatorname{tg} \omega} = \frac{\pi \cdot 40}{6 \cdot 0,84} = 24,9 \text{ мм.}$$

Число одновременно работающих зубьев

$$Z_0 = \frac{\psi}{\eta} + \frac{B}{P_S} = \frac{41}{60} + \frac{50}{24,9} = 2,7.$$

Машинное время обработки

$$T_M = \frac{L \cdot i}{S_{Mq}} + \frac{L(i-1)}{S_{Mб}} = \frac{415}{630} = 0,658 \text{ мин.}$$

Мощность резания [1, с.62]

$$N_e = E \frac{VBZ}{1000} K_1 = 0,5 \frac{79 \cdot 50 \cdot 6}{1000} \cdot 0,4 = 4,7 \text{ кВт},$$
$$N_e \leq N_{эл.} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт.}$$

Среднее значение суммарной тангенциальной силы резания

$$P_Z = \frac{60000 N_e}{V_{\partial}} = \frac{60000 \cdot 4,7}{79} = 3569 \text{ Н.}$$

$P_H = 1,1 \cdot P_Z = 3926 \text{ Н} < 15 \text{ кН}$ для станка 6Т82Г-1.

Коэффициент использования инструмента

$$K_u = \frac{S_{z\partial} n_{\partial}}{S_z n} = \frac{0,167 \cdot 630}{0,18 \cdot 630} = 0,92,$$
$$K_u = 92\%.$$

Коэффициент использования станка

$$K_c = \frac{N_e}{N_{СТ}} = \frac{4,7}{6} = 0,78,$$
$$K_c = 78\%.$$

Паспортные данные станка 6Т82Г-1.

Частоты вращения шпинделя, мин⁻¹

31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Продольные подачи стола, мм/мин

12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125
160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Лабораторная работа №5

АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

И ВИДЫ ШЛИФОВАНИЯ

Цель работы: Изучение основных принципов шлифования, конструкций абразивных кругов, схем обработки деталей, влияния режимов шлифования на шероховатость обработанной поверхности и производительность процесса

1. ОБЩИЕ СВОЙСТВА АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

1.1 Схема работы абразивного зерна

Шлифованием называют абразивную обработку, при которой инструмент (шлифовальный круг, головка и др.) совершает только вращательное движение, которое является главным, а заготовка – любое движение.

Обработка шлифованием является одним из самых универсальных методов обработки различных поверхностей деталей машин, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров, геометрической формы и шероховатости поверхности. По сравнению с методами обработки лезвийным инструментом, снятие слоя материала с обрабатываемой поверхности абразивным инструментом представляет собой процесс высокоскоростного резания мельчайшими режущими кромками абразивных зёрен (рис.1).

Снятие материала происходит условно в два этапа – сначала абразивное зерно скользит с большим трением по обрабатываемой поверхности постепенно внедряясь в неё и образуя перед собой «валик» упругопластического сдеформированного металла, а затем по достижении критического напряжения в деформированном слое металла происходит его отделение от основной массы заготовки.

При этом работу резания осуществляют как микровыступы “М”, так и субмикровыступы “N”. Они имеют значение самостоятельно царапающих элементов, снимающих стружки.

Из-за наличия округленного режущего элемента в зоне тонких стружек создаются тем более «тупые» углы резания, чем меньше толщина снимаемого слоя, т.е. чем ближе данный слой деформируемого материала расположен к режущему элементу инструмента (к линии среза СВ).

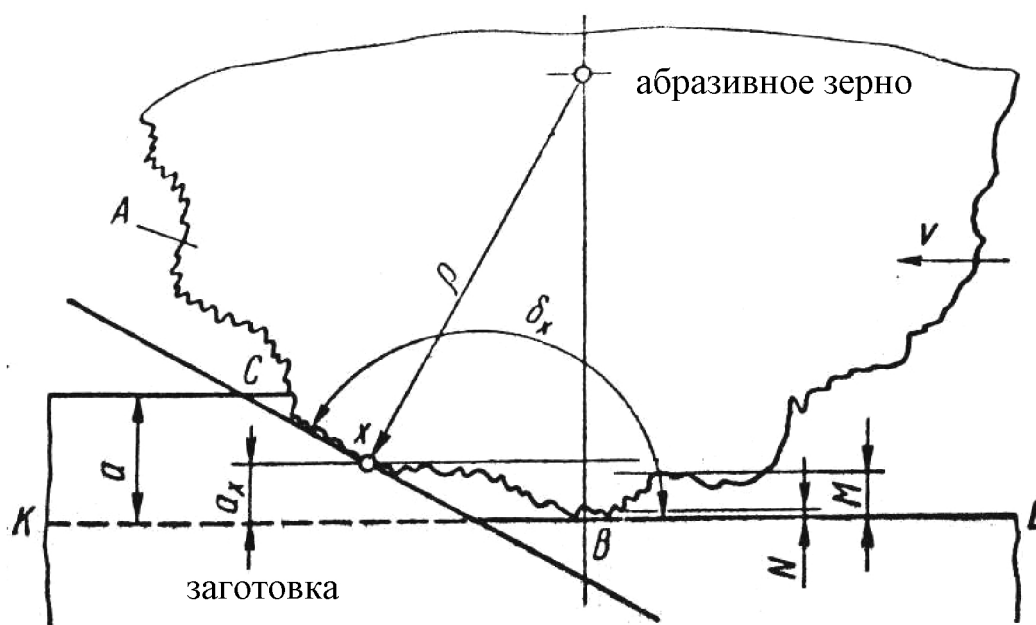


Рис.1. Схема шлифующего зерна при микрорезании:

A – основной царапающий элемент; M – микровыступ;
 N – субмикровыступ; KL – линия среза

В результате округления режущего элемента фактический передний угол в некоторой точке x

$$\gamma_x = \arcsin \frac{\rho - a_x}{\rho}.$$

Фактический угол резания в точке x

$$\delta_x = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{\rho - a_x}{\rho},$$

где a_x - толщина снимаемого слоя в точке x ; ρ - радиус округления режущего элемента (зерна).

Шлифование осуществляется большим количеством зёрен, одновременно участвующих в процессе обработки. При этом не все выступающие из связки круга зёрна выполняют работу резания. Часть зёрен, врезаясь в металл, снимает стружку, другая часть из-за малой глубины резания осуществляет только упруго-пластическое отеснение металла, а третья часть зёрен, имеющих малую высоту выступания над уровнем связки, вообще не контактирует с обрабатываемой поверхностью заготовки (рис.2,3).

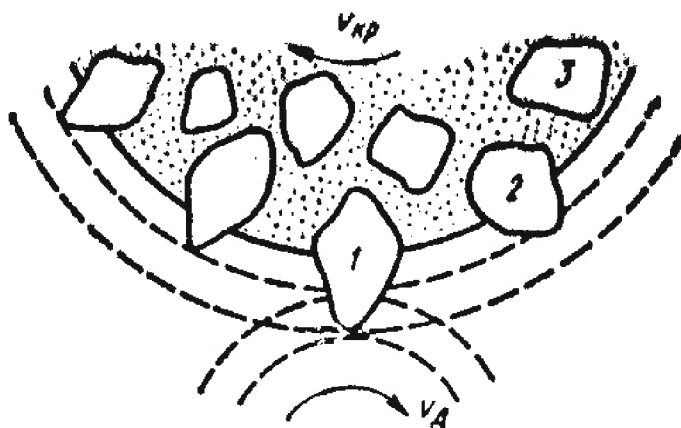


Рис.2. Различные зерна круга:

1 — режущие; 2 — давящие; 3 — не работающие;
 $V_{кр}$ - скорость вращения круга, V_d - скорость вращения детали

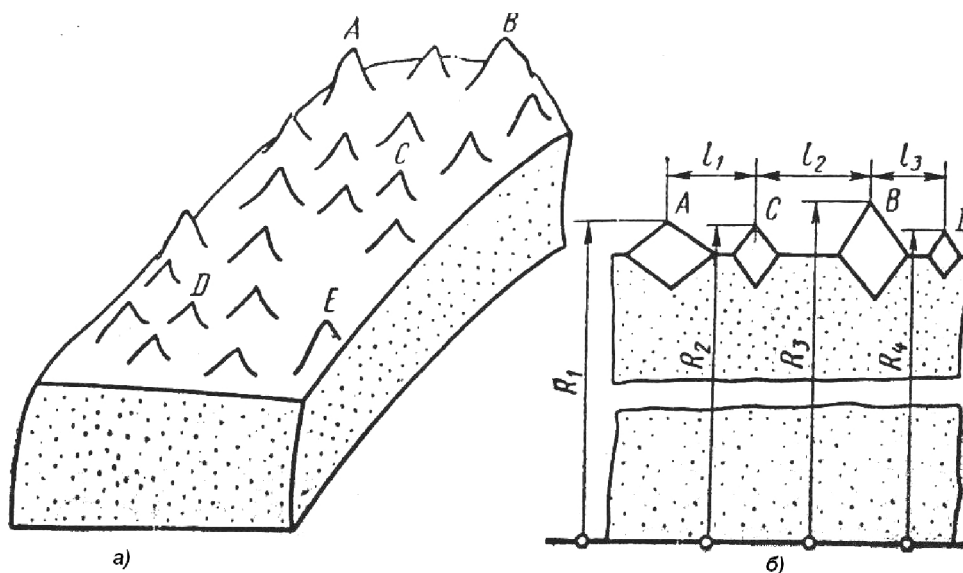


Рис. 3. Схема расположения шлифующих зерен на рабочей поверхности шлифовального круга: а – беспорядочное ($l_1 \neq l_2 \neq l_3 \neq \dots \neq l_n$);
 б – разновысотное ($R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq \dots \neq R_n$)

Установлено, что в отделении снимаемого припуска реально участвуют лишь 10-15% зёрен, выступающих над поверхностью связки.

Особенностями процесса шлифования являются:

- скорости резания значительно превышают наиболее часто применяемые скорости резания при лезвийной обработке. Так, при обычных режимах обработки скорость резания при шлифовании составляет 25-50м/с, а при скоростном – 80-120м/с;
- шлифовальный инструмент не имеет сплошной режущей кромки. Поскольку зёрна имеют различную величину и случайное расположение на рабочей поверхности, то резание чаще всего производится при неоптимальной геометрии режущей части зёрен;

- процесс шлифования производится при высокой температуре в зоне резания вплоть до температуры плавления обрабатываемого материала.

В качестве инструмента при шлифовании чаще всего применяют серийно выпускаемые абразивной промышленностью круги. Формы некоторые из них представлены на рисунке 4.

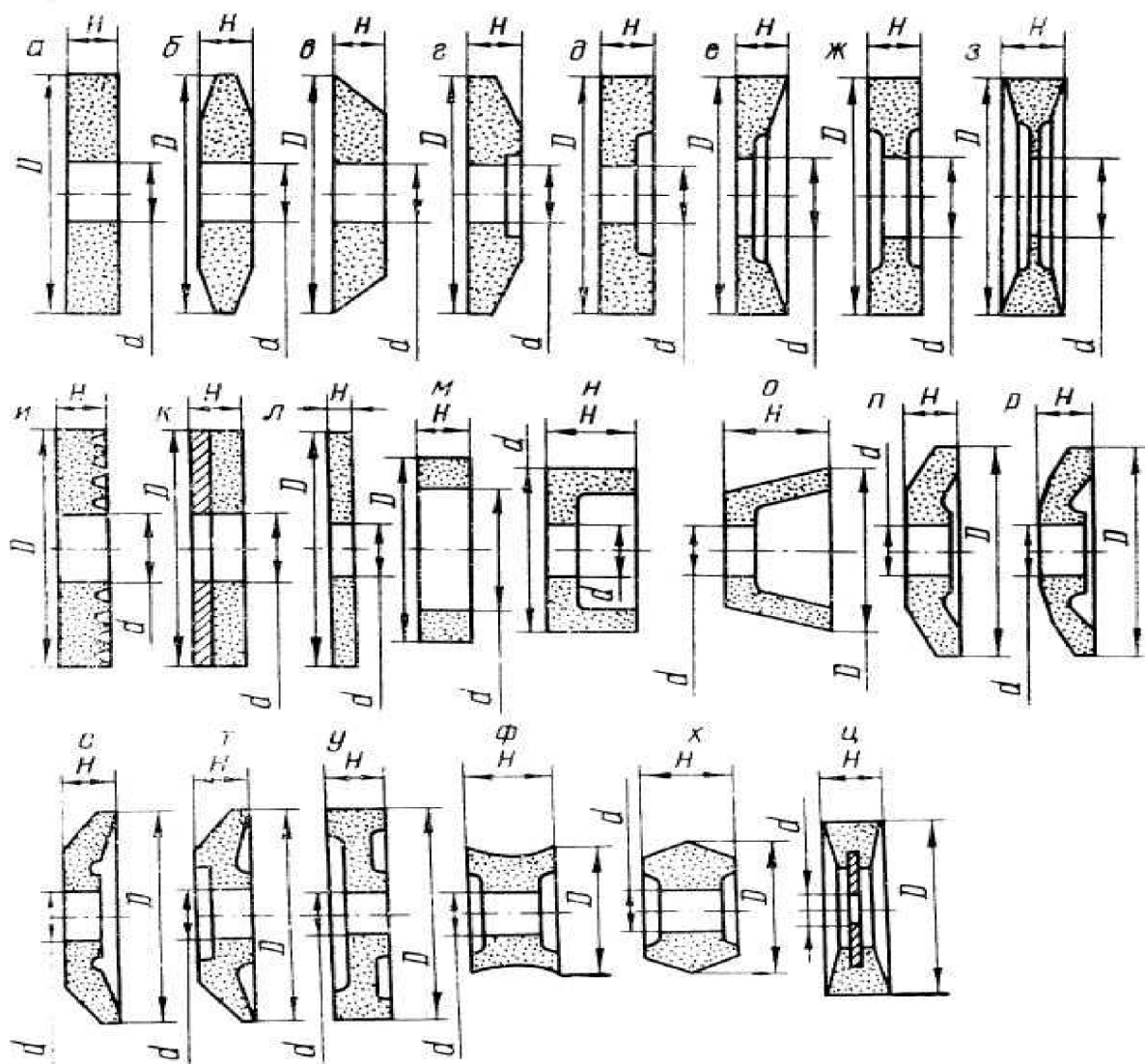


Рис. 4. Форма сечения абразивных кругов:

а — прямого профиля ПП; б — с двусторонним коническим профилем 2П; в — 45°-го конического профиля 3П; г — с малым углом конического профиля 4П; д — с выточкой ПВ; е — с конической выточкой ПВК; ж — с двусторонней выточкой ПВД; з — с двусторонней конической выточкой ПВДК; и — плоские рифленные ПР; к — плоские наращенные ПН; л — диски Д; м — кольца К; н — чашки цилиндрические ЧЦ; о — чашки конические ЧК; я, р, с, т — тарелки 1Т, 2Т, 3Т и 4Т; у — для шлифования калибровых скоб С; ф — для заточки иглолок И; х — для заточки ножей косилок КС; ц — для резания минералов М; Н-высота круга; D-наружный диаметр; d-посадочный диаметр

Абразивный инструмент характеризуется формой, геометрическими размерами, видом и маркой абразива, зернистостью абразива, связкой, твёрдостью, структурой.

1.2 Абразивные материалы

Под абразивными понимают материалы естественного или искусственного происхождения, зёрна которых имеют острые вершины и обладают высокой твёрдостью и способностью резания.

В промышленности для изготовления абразивных инструментов используют главным образом искусственные абразивные материалы: электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, кубический нитрид бора, синтетические алмазы, различные соединения на их основе.

Их состав и некоторые физико-механические свойства приведены в таблице 1.

Абразивная масса электрокорунда и карбида кремния проходит следующие операции: дробление, измельчение, магнитное обогащение (отделение металла), химическое обогащение (растворение вредных примесей), сушку и прокаливание, рассев по мерам зернистости (на ситах или «виброрассев», отгонкой в восходящем потоке воды).

Электрокорунд. Из этого абразива изготавливают около 70% всего абразивного инструмента. Получается он при плавке (Al_2O_3) в электрических (дуговых) печах. В зависимости от процентного содержания Al_2O_3 и примесей электрокорунд имеет различные цвета, структуру и свойства.

Электрокорунд нормальный – получил наибольшее распространение. Он содержит 91-96% кристаллического оксида алюминия (Al_2O_3), остальное оксиды железа, титана и др.. В зависимости от содержания оксида алюминия его подразделяют на несколько марок: 12А, 13А, 14А, 16А. Основная масса зёрен выпускается марки 15А. Цвет зёрен от розового до тёмно-коричневого.

Таблица 1

Физико-механические свойства абразивных материалов

Свойства	Абразивный материал и его обозначение									
	Электрокорунд (Al ₂ O ₃)				Моно– корунд 45А... ...43А	Карбид кремния (SiC)		Карбид бора (В ₄ С)	Куби- чес- кий нит- рид бора (BN)	Алмаз (С)
	Нормаль- ный белый 16А...25А... 12А...22А	Хромис- тый 34А...32А	Тита- Нис- тый 37А	Чёр- ный 55С... ...53С		Зелё- ный 64С... ...63С				
Содержание основного вещества , %	92-95	98-99	Добавка 2% CrO2	Добавка до 50% TiO2	>99%	95-97	98-99	93	-56N 44В	99.5
Микротвёрдость, ×10 ⁹ н/м ²	18.6...19.6	19.6...20.6	19.6...21.6	21.6...22.6	22.6...23.5	32.4...35.3	32.4...35.3	39.2...44.1	78.5	98.7
Температуро- устойчивость, °С	1700...1800	1700...1800	1700...1800	1700...1800	1700...1800	1300...1400	1300...1400	900	1200...1400	700...850
Теплопровод- ность, Вт/(м·К)	19.7				-	15.5		10.5	-	146.5
Плотность , ρ·10 ³ , кг/м ³	2.0...2.1				-	3.12...3.20		2.48...2.52	3.44...3.49	3.48...3.56
Предел прочности при сжатии /изгибе, σ·10 ⁷ , Н/м ²	80/8				-	150/12		180/25	100	200/30

Электрокорунд белый – содержит оксид алюминия в пределах 98-99%. Имеет маркировку следующих градаций: 22А, 23А, 24А, 25А. Чаще всего выпускаются марки 24А и 25А с содержанием Al_2O_3 99% и выше. Цвет зёрен – белый или бело-розовый.

Электрокорунд хромистый - содержит не менее 97% Al_2O_3 и (0.4-1.2)% Cr_2O_3 . Зёрна хромистого электрокорунда по цвету сходны с рубином, розовой или тёмно-вишнёвой окраски. Имеют значительное количество монокристаллов. Выпускаются следующих марок: 32А, 33А, 34А.

Электрокорунд титанистый (технический сапфир) – форма зёрен более изометрична по сравнению с электрокорундом белым, что повышает режущую способность инструментов. Выпускается под маркой 37А.

Монокорунд – содержит 97-98% оксида алюминия и до 0,3% оксида железа. Обладает более высокой прочностью и применяется в основном для выполнения ответственных операций. Почти весь оксид алюминия представлен в виде монокристаллов, размер которых можно регулировать режимами плавки.

Карбид кремния. Химическое соединение кремния с углеродом. Получают его в электрических печах сопротивления силицированием частиц углерода парами кремниевой кислоты. Сырьём служат кварцевые пески, кварциты и углеродистые материалы – нефтяной кокс, антрацит. Образование карбида кремния происходит при температуре 1800-2100⁰С. Для абразивной обработки промышленность производит два вида карбида кремния – зелёный и чёрный. Карбид кремния зелёный имеет повышенную по сравнению с чёрным хрупкость. Его цвет – от светло-зелёного до зелёного с отдельными прозрачными кристаллами. Карбид кремния чёрный имеет чёрный или светло-синий цвет.

Условные обозначения марок карбида чёрного – 52С....54С, карбида кремния зелёного – 62С....64С

Кубический нитрид бора (КНБ). Сверхтвёрдый материал, получаемый в результате синтеза гексагонального нитрида бора при давлении порядка 300....980 МПа и температуре $\approx 2000^0$ С.

Кристаллическая решётка нитрида бора является алмазоподобной, но содержит атомы бора и азота, её параметры несколько больше. Этим, а также меньшей валентностью атомов, образующих КНБ, объясняется его меньшая твёрдость по сравнению с алмазом. В отличие от алмаза КНБ нейтрален к железу и не вступает с ним в химическое взаимодействие.

Алмаз – одна из кристаллических модификаций углерода. Синтетический алмаз получается из алмазообразующего кристалла, содержащего углерод, с применением катализатора. В качестве алмазообразующего материала наиболее часто применяют графит (реже сажу или древесный уголь). Под действием высокого давления (10000...20000 МПа) и температуры (1800....2500⁰С) при выдержке от нескольких секунд до нескольких часов синтезируются кристаллы алмаза массой 0,2...0,8 карата размером в поперечнике не более 1 мм. Прочность и качество кристаллов синтетического алмаза определяются составом алмазосодержащего материала и режимом синтеза.

Рекомендуемые области применения шлифовальных инструментов с использованием различных абразивных материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Области применения абразивных материалов

Абразивный материал	Области применения инструментов на практике
Электрокорунд нормальный	При грубой обработке — обдирке стальных поковок, проката, высокопрочного чугуна; при чистовой и получистовой обработке деталей из углеродистых и легированных сталей, никелевых сплавов
Электрокорунд белый и хромистый	Обработка закаленных углеродистых, быстрорежущих, нержавеющей сталей; хромированных и нитрированных поверхностей при обработке тонких деталей зубчатых колёс, резьбового инструмента, резцов, сверл и т.п. ; при обработке деталей с большой площадью контакта между кругом и обрабатываемой поверхностью
Монокорунд	Обладает высокой режущей способностью из-за скалывания мельчайших участков зерен в процессе шлифования. Это особенно проявляется на операциях получистового и чистового шлифования, при заточке инструмента, шлифовании тонких и длинных резьб, зубошлифовании, шлифовании колец подшипников
Карбид кремния черный и зеленый	Для обработки твердых малопластичных материалов (титановых сплавов, чугуна, бронзовых отливок, твердых сплавов, драгоценных камней; стекла и т.д.)
Кубический нитрид бора	При чистовом шлифовании высоколегированных конструкционных, инструментальных, быстрорежущих, нержавеющей и жаропрочных сталей
Алмазы синтетические	Обработка твёрдых сплавов, чугунов, керамики, ферритов, ситаллов, фарфора, кремния, стекла, пластиков, бетона и железобетона, кварца, гранита и др.

1.3. Зернистость абразивных материалов

Производительность процесса и качество обрабатываемых поверхностей во многом определяются величиной зерна абразивного материала в инструменте. Крупнозернистый абразив, как правило, используется в технологических процессах, где требуется высокая производительность, а чем выше требуемое качество поверхностей, тем размер зерна должен быть меньше (табл.3).

Таблица 3

Области применения кругов различной зернистости.

Зернистость	Области применения (для кругов)
125...80	При обдирочных операциях (зачистка заготовок, отливок и т.д.)
80...50	При плоском шлифовании торцом круга, заточке средних и крупных резцов» правке инструментов, отрезке
40...25	При предварительном шлифовании, заточке режущего инструмента
25...12	При чистовом шлифовании, обработке профильных поверхностей, заточке мелкого инструмента, шлифовании хрупких материалов
12...6	Отделочное шлифование, доводка твердых, сплавов, заточка тонких режущих кромок
6...4	Отделочное шлифование металлов, резбошлифование, доводка тонких режущих кромок
M40 и мельче	Шлифование резьб с мелким шагом, доводка тонких режущих кромок и измерительных поверхностей калибров

Размер абразивного зерна - величина, выраженная через линейные размеры ячейки сита, через которое проходит абразивное зерно. Зернистость (номер зернистости) выражается через размеры основной фракции. Фракцией называется совокупность зерен в заданном интервале размеров. Основная фракция - преобладающая в материале по массе, объему и числу зерен. В зависимости от номера зернистости различают шлифзерно следующих номеров: 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шлифпорошки: 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3; микропорошки M63, M50, M40,

M28, M20, M14 и тонкие микропорошки M10, M7, M5, M3. Номер зернистости соответствует размеру зерен, например, № 200 - 2500...2000 мкм; № 125 - 1600...1250 мкм; № 80 - 1000...800 мкм; № 25 - 315...250 мкм; № 12 - 160...125 мкм; № 6 - 80...63 мкм.

Зернистость алмазов и КНБ обозначают дробью, у которой числитель соответствует наибольшему, а знаменатель наименьшему размерам зерен основной фракции.. Размер зерен шлифпорошков (от 630/500 до 50/40) определяют размерами сторон ячеек двух контрольных сит, из которых через верхнее сито зерна должны проходить, а на нижнем задерживаться.

За размер зерна микропорошков (от 60/40 до 1/0) и субмикропорошков (1/0,5; 0,5/0,3; 0,3/0; 0,1/0) принимают полусумму длины и ширины прямоугольника, условно описанного вокруг проекции зерна. Рекомендуемые области применения абразивных кругов из шлифпорошков различной зернистости представлены в таблице 3.

1.4 Связки

Абразивные зёрна в инструменте закрепляются при помощи связки. От связки зависит прочность удержания зёрен и прочность самого круга. Все связки делятся на 3 группы: органические, неорганические и металлические.

Органические связки – бакелитовая (Б1,Б2,Б3), глифталевая (Г) и вулканитовая (В1,В2,В3). Наиболее распространена среди них – бакелитовая. Основу её составляет фенолформальдегидная смола. В бакелитовую связку добавляют наполнители. Как правило, это вещества, которые активизируют процессы шлифования за счёт химического воздействия на обрабатываемый материал, уменьшают нагрев шлифуемой поверхности, повышают прочность удержания абразивных зёрен в связке. Инструмент на такой связке прочен, эластичен и допускает большие окружные скорости, но разрушается от действия щёлочной охлаждающей жидкости. Поэтому для него рекомендуется пропитка парафином. Следует также учитывать, что при нагреве свыше 180°С бакелитовая связка теряет прочность.

Для уменьшения шероховатости обработанной поверхности и увеличения теплоотводящих свойств инструмента в связку добавляют графит. Армированные круги на бакелитовой связке могут работать со скоростям резания до 80 м/с.

Глифталевая связка (на основе смолы, полученной из глицерина и фталевого ангидрида) позволяет получить инструмент с повышенной упругостью, который применяется на чистовых и доводочных операциях, позволяющих обеспечить шероховатость обработанной поверхности до Rz 0.05.

Вулканитовая связка состоит из каучука, серы, сажи и других добавок. При вулканизации смесь превращается в резину, которая прочно

удерживает зерна абразива. Круги обладают высокой прочностью и эластичностью. Вулканитовая связка используется для изготовления тонких кругов (до 0,5 мм) относительно большого диаметра (до 150 мм). Инструмент на этой связке допускает скорость резания до 75 м/с.

Из **неорганических связок** практическое применение получила только керамическая. Она изготавливается из огнеупорной глины, полевого шпата, кварца, талька, мела и жидкого стекла. Эта связка огнеупорна и химически стойкая. Особенностью этой связки является малая прочность на растяжение и хрупкость. Инструменты, изготовленные на ее основе, хорошо сохраняют профиль рабочей кромки и не боятся влаги.

Наиболее часто для инструментов на основе электрокорундов нормального и белого используются плавящиеся связки на основе борного стекла марок К4 и К5. Для кругов, изготовленных из легированного электрокорунда, применяют связку К6 на основе бариевого стекла. Для кругов из карбида кремния применяются спекающиеся связки К3 и К10. Технологический процесс изготовления кругов на спекающейся связке содержит смешивание абразива со связкой, прессование, сушку, обжиг (1250...1300°С), механическую обработку, испытание (на прочность, предельную окружную скорость, дисбаланс), маркировку и упаковку.

Металлические связки, состоящие из металлической основы и наполнителя, применяют в основном для изготовления алмазного инструмента. Эти связки более прочно удерживают зерна алмаза, допускают эксплуатацию с большими усилиями, более теплопроводны и стойкие к охлаждающим жидкостям, поэтому часто применяются при электроабразивном шлифовании. Металлические связки изготавливают на основе меди, олова, алюминия, никеля и т.п. Состав связки должен обеспечивать спекание до начала графитизации алмазов.

Круги на металлических связках получают тремя основными способами: прессованием, литьем и гальванопокрытием. Наиболее часто используют способ прессования в специальных пресс-формах. Как правило, это медно-оловянные связки (М1, МК, М4). Центробежным литьем изготавливают алмазные круги со связками на основе алюминия (М5, МВ1, МО16 и др.). Гальванический способ применяют главным образом для закрепления зерна при изготовлении мелкого алмазно-абразивного инструмента (головок, надфилей и др.), а также алмазных роликов для правки шлифовальных кругов. В этом случае широко используют никелевую, а также комбинированную никель-хромовую гальваническую связку.

Рекомендуемые области применения абразивных кругов на рассмотренных связках представлены в таблице 4.

Таблица 4

Область применения кругов с различными связками

Связка	Применение на практике
Керамическая К	Для всех видов шлифования, кроме разрезки и прорезки узких пазов
Бакелитовая Б	Плоское шлифование торцом круга; для обдирочных работ, выполняемых вручную, отрезки и прорезки пазов, заточки инструментов, отделочного шлифования мелкозернистыми инструментами, хонингования и резьбошлифования
Вулканитовая В	Для отрезки, прорезки и шлифования пазов, обработки сферических поверхностей, чистовых операции при фасонном шлифовании; бесцентровое шлифование (ведущие круги), отделочное шлифование и полирование гибкими кругами, обработка тонких режущих кромок и других деталей, где опасен прижег
Глифталева с графитовым наполнителем ГФ	Окончательное полирование
Металлическая	Для всех видов чернового, глубинного и получистого шлифования, для электроабразивного шлифования

1.5 Твердость абразивных инструментов

Твердость абразивных инструментов в значительной степени определяет производительность процесса обработки и качество обработанной поверхности.

Под твердостью абразивного инструмента понимается сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен под действием внешних сил. Установленная шкала твердости абразивного инструмента представлена в таблице 5.

Таблица 5

Шкала твердости абразивного инструмента

Твердость круга	Мягкий	Средне- мягкий	Средний	Средне- твердый	Твер- дый	Весьма твердый	Чрезвы- чайно твердый
Обозначения твердости	M1 M2 M3	CM1 CM2	C1 C2	CT1 CT2 CT3	T1 T2	BT	CT

Цифры 1, 2, 3 характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри степени.

Определение и контроль твердости абразивных инструментов производится по глубине лунки, получаемой при испытаниях инструментов на специальных приборах: пескоструйном, Роквелла и твердомере конусом ТНК. В инструментах класса А неравномерность твердости должна находиться в пределах одной степени, а для класса Б – в пределах двух степеней.

При выборе твердости круга необходимо руководствоваться следующими положениями:

- для обработки прочных материалов ($\sigma_b > 800$ МПа) следует применять мягкие и среднемягкие инструменты (при этом легче удаляются затупившиеся зерна и вскрываются новые);

- материалы с $\sigma_b < 800$ МПа следует обрабатывать более твердыми абразивными инструментами. Исключение составляет медь, нержавеющая сталь, жаропрочная сталь, алюминий, так как для их обработки требуются мягкие инструменты;

- при увеличении площади контакта между инструментом и деталью (уменьшается давление на инструмент и обновление режущих инструментов затрудняется) следует применять более мягкий инструмент;

- для предварительных операций шлифования применяют более твердые круги, чем для чистовых операций;

- мелкозернистый инструмент должен иметь относительно меньшую твердость, чем крупнозернистый;

- при заточке режущего инструмента, при шлифовании или заточке пластинок из твердого сплава применяют более мягкие круги.

1.6 Структура абразивного инструмента

Под структурой инструмента понимается количественное соотношение между зернами, связкой и порами в единице объема шлифовального круга.

Для любого абразивного инструмента на бакелитовой или керамической связке справедливо соотношение

$$V_{\text{зер}} + V_{\text{св}} + V_{\text{пор}} = 100\%,$$

где $V_{\text{зер}}$, $V_{\text{св}}$, $V_{\text{пор}}$ – относительные объемы зерна, связки и пор соответственно.

Следует отметить, что в абразивных инструментах на вулканической и металлической связках содержание пор очень мало. Чем больше номер структуры круга, чем больше расстояние между абразивными зернами, тем больший объем занимают поры. Инструмент, имеющий высокую пористость, менее прочен по сравнению с монолитным. Пористость абразивного инструмента может образовываться естественным путем или

при использовании выгорающих наполнителей. В последнем случае объем пор может достигать 75%.

Различают три группы структур: структуры N1...5 называют закрытыми или плотными, N5...8 – средними, N9...12 – открытыми, N13...18 – высокопористыми.

Номер структуры связывается с относительным объемом зерен. Например, структура N1 соответствует $V_{\text{зер}} = 60\%$. С повышением номера структуры на единицу $V_{\text{зер}}$ уменьшается на 2%. Это уменьшение происходит до N12, $V_{\text{зер}} = 38\%$.

Особенности применения кругов с различными структурами показаны в таблице 6.

Таблица 6

Области применения кругов различных структур

Структура круга	Особенности применения на практике
№ 0...3	Применяется редко – при профильном шлифовании
№ 3...4 плотная	Отрезка, профильное шлифование с сохранением профиля круга, шлифование прерывистых поверхностей, отрезные работы, прорезка пазов
№ 5...6 (13-15)*	Круглое наружное, бесцентровое, плоское шлифование при больших и переменных нагрузках, заточка режущего инструмента
№ 7...9 (14-16)*	Плоское шлифование торцом круга; внутреннее шлифование; шлифование твёрдосплавного инструмента (матрицы, волокна)
№ 8...10	Шлифование и заточка инструмента, отрезные работы
№ 8...12	Резьбошлифование, зубошлифование, цилиндрическое шлифование мелкозернистыми кругами

Структура алмазных и эльборовых (из кубического нитрида бора) шлифовальных кругов характеризуется концентрацией соответствующего абразивного материала. За 100%-ную концентрацию принимают содержание алмаза (эльбора) 4,39 карата в 1 см³ алмазоносного слоя. По относительному объему такая концентрация соответствует 25% объема рабочего слоя, независимо от типа связки. Шлифовальные круги с зернами из алмаза и эльбора серийно выпускаются с концентрацией от 25% до 150%.

Абразивные круги изготавливают трех классов точности: АА, А и Б. Для кругов класса точности АА используют шлифовальный материал с индексами зернистости В и П, для класса точности А – с индексами В, П и Н, а для класса Б – с любым содержанием основной фракции зерен. У кругов класса АА диаметры посадочного отверстия и наружной цилиндрической поверхности, высота круга выполняются более точно, чем у кругов класса точности А. Соответственно, у кругов класса А указанные

размеры изготавливаются более точно, чем для кругов класса Б. Индексы Н, П, В обозначают процентное содержание зёрен основной фракции, соответственно-нормальное, повышенное и высокое, то есть, по существу, определяют степень однородности зернового состава.

Маркировка абразивных кругов

Маркировка абразивных инструментов осуществляется в определённой последовательности. На круге диаметром свыше 40мм маркируется товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение круга, марка абразивного материала, зернистость, степень твёрдости, структура, марка связки (кроме кругов диаметром менее 40...60мм), допускаемая окружная скорость и класс точности. Для кругов диаметром менее 40 мм маркировка наносится на упаковочную коробку или упаковочный пакет с кругами.

Все характеристики абразивного инструмента обозначаются условными знаками в определённой последовательности.

Например на торце круга имеется обозначение:

ПП500х50х305 24А 10П С2 7 К5 35 м/с 1 кл А гост 2424-75, которое расшифровывается так: ПП – форма круга (плоский прямого профиля), 500х50х305 – размеры (наружного диаметра, высоты, внутреннего диаметра), 24А – марка абразивного материала (электрокорунд белый), 10П – номер и индекс зернистости, С2 – степень твёрдости (средняя вторая), 7 – номер структуры (средняя), К5 – вид связки (керамическая, 5-я разновидность), 35 м/с окружная скорость, при которой обеспечивается безопасная работа; 1 кл – класс неуравновешенности круга; А – класс точности круга.

2 ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

По типу обрабатываемых поверхностей схемы шлифования можно разделить на три основных вида: обработка наружных и внутренних поверхностей вращения (круглое шлифование); обработка плоских поверхностей (плоское шлифование); обработка фасонных поверхностей.

Основные схемы обработки представлены на рис. 5...11. Главным движением для всех видов шлифования является вращение шлифовального круга. Скорость круга (резания):

$$v_k = \frac{\pi D_k \cdot n}{60 \cdot 1000}, \text{ м/с,}$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, мм;

n – частота вращения круга, мин^{-1} .

Движения подачи – взаимные относительные перемещения шлифовального круга и детали.

Круглое шлифование. К процессам круглого шлифования относится обработка цилиндрических, конических и фасонных, гладких и ступенчатых, наружных и внутренних поверхностей вращения. При круглом шлифовании обрабатываемая заготовка вращается вокруг своей оси и имеет место взаимное перемещение шлифовального круга и детали вдоль ее оси (продольная подача S_{np}) и в крайних положениях нормально к оси детали (поперечная подача S_{nn}).

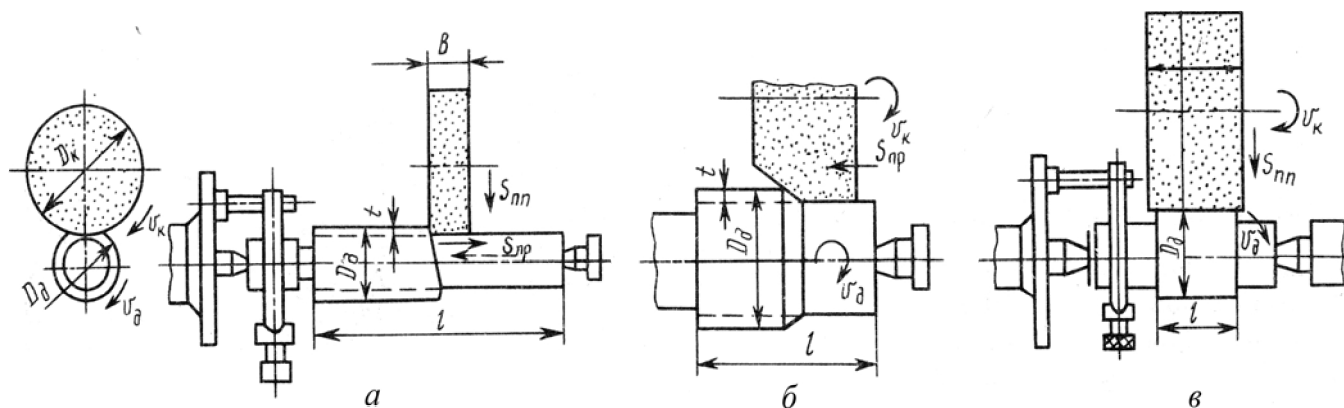


Рис. 5. Круглое шлифование в центрах периферией круга методом продольной подачи : а - Многопроходное ; б - однопроводное (глубинное); в - методом поперечной подачи

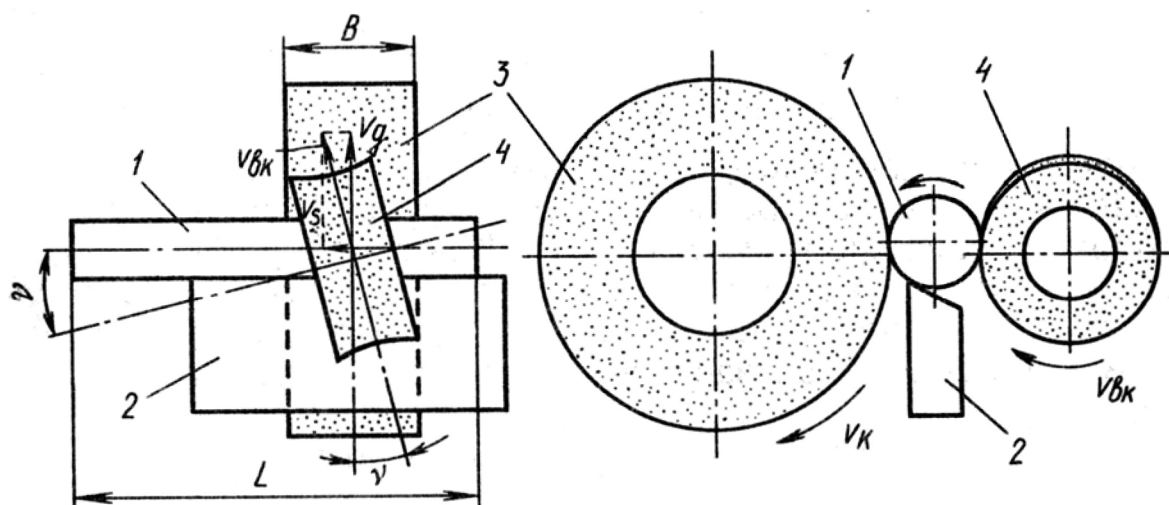


Рис .6 . Круглое наружное бесцентровое шлифование (методом продольной подачи)

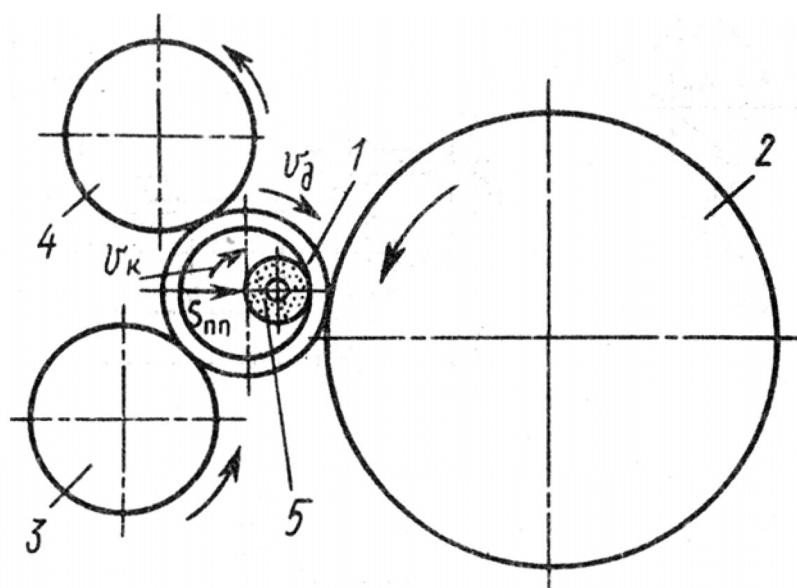


Рис 7. Внутреннее бесцентровое шлифование методом продольной подачи

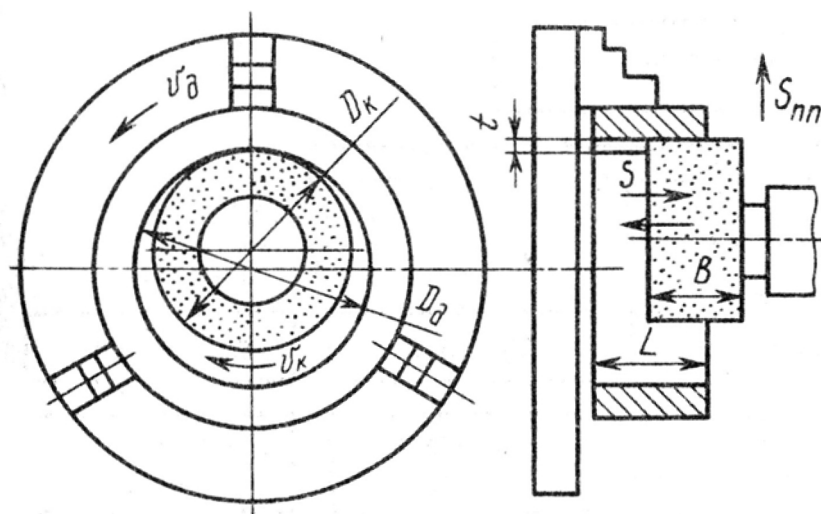


Рис 8. Внутреннее шлифование в патроне методом продольной подачи

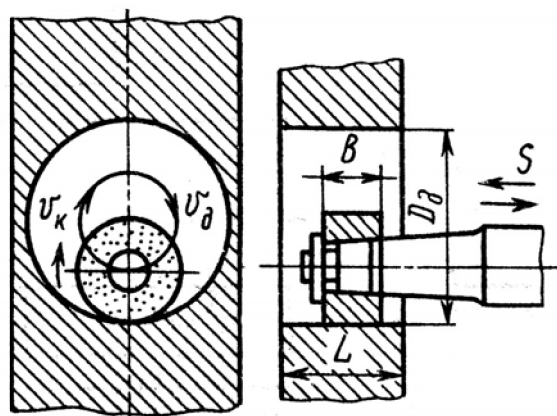


Рис.9. Планетарное внутреннее шлифование методом продольной подачи

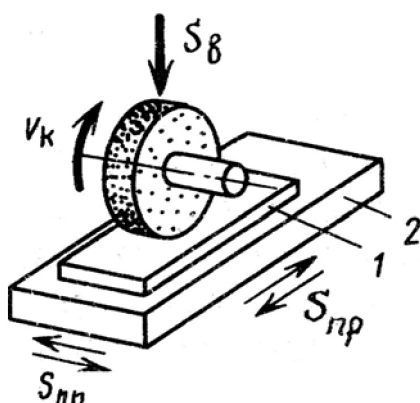


Рис.10. Плоское шлифование периферией круга с прямолинейной продольной и поперечными подачами (многопроходное)

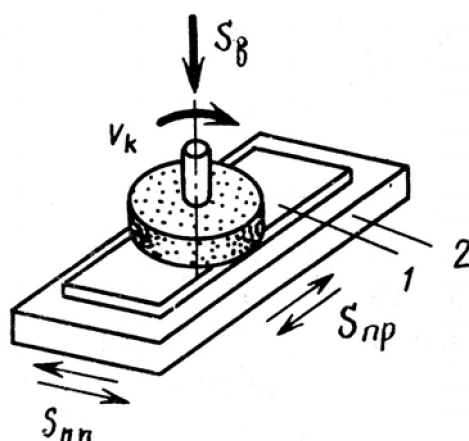


Рис.11. Плоское шлифование торцом круга с прямолинейной продольной и поперечной подачами (многопроходное)

Многопроходное шлифование методом продольной подачи производят, как правило, с частичным выходом круга из контакта после каждого хода. После каждого хода (двойного хода) детали (круга) круг подается на заготовку на величину t (глубина резания). В конце обработки несколько проходов могут быть выполнены без поперечной подачи (выхаживание) с целью достижения высокой точности и наименьшей шероховатости (см. рис. 5а). Применяется при черновой и чистовой

обработке поверхностей сравнительно большой длины (длина заготовки L больше ширины круга H), например валы, оси, сверла, протяжки.

При однократном шлифовании (глубинное шлифование) весь припуск t снимают за один ход (рис. 5б). Для улучшения работы абразивных зерен круг заправляют на конус. Однократное шлифование более производительное, чем многократное, однако не обеспечивает такой высокой точности, как многократное. Этот метод обработки применяется при черновой и получистовой обработке деталей повышенной жесткости.

При обработке методом поперечной подачи S_{nn} шлифовальный круг равномерно подается на деталь (рис. 5в). Методом поперечной подачи можно обрабатывать короткие цилиндрические, конические и фасонные поверхности повышенной жесткости кругами формы ПП (см. рис.4).

Круглое наружное бесцентровое шлифование (см. рис. 6). При этом методе обработки заготовку не закрепляют в центрах или в патроне, а базируют по обрабатываемой или по обработанной поверхности. Заготовка получает вращение от ведущего круга, окружная скорость в 60...100 раз меньше, чем скорость V_K шлифующего круга. Шлифовальный круг вращается в ту же сторону, что и деталь. Заготовку базируют по направляющей линейке, на вращающихся роликах или на неподвижных опорах. Применяется при обработке гладких цилиндрических деталей в массовом производстве (штифты, пальцы, ролики).

Внутреннее шлифование. К процессам внутреннего шлифования относятся обработка цилиндрических, конических и фасонных отверстий. При внутреннем шлифовании в патроне (см. рис.8) и бесцентровом (см. рис.7) шлифовании круговая подача осуществляется за счет вращения детали. При планетарном шлифовании деталь неподвижна, а шпиндель совершает вращение вокруг оси обрабатываемого отверстия (см. рис.9). Диаметр шлифовального круга при внутреннем шлифовании ограничен диаметром отверстия. Внутреннее шлифование в патроне применяется при черновой и чистовой обработке сквозных и глухих отверстий сравнительно большой длины ($L > H$) – посадочные отверстия зубчатых колес, фрез, долбяков; внутренних диаметров гильз, цилиндров. Обработка сквозных гладких отверстий в корпусных деталях осуществляется при планетарном внутреннем шлифовании.

Плоское шлифование. Шлифование выполняется периферией (см. рис.10) или торцом круга (см. рис.11). Шлифование периферией можно выполнять как с поперечной подачей (когда ширина обрабатываемой поверхности больше ширины круга), так и без нее. Припуск можно снимать за несколько ходов стола станка, или за один (глубинное шлифование). Шлифование торцом также можно выполнять как с поперечной подачей (когда ширина обрабатываемой поверхности больше диаметра круга), так и без нее. В обоих случаях припуск можно снимать за несколько ходов или за

один ход (глубинное шлифование). При шлифовании торцом поперечные колебания шлифовального шпинделя в меньшей мере влияют на рельеф обработанной поверхности, в связи с чем при этом способе шлифования получается более высокая точность и меньшая шероховатость.

Профильное шлифование. К процессам профильного шлифования относятся резбошлифование (метчики, гребенки, плашки и др. различные резьбы), зубошлифование, шлифование сфер и сложных фасонных поверхностей.

3. ПОДГОТОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ К РАБОТЕ

Подготовка шлифовальных кругов к работе состоит из двух основных этапов: предварительного и окончательного.

Предварительный этап заключается в осмотре шлифовальных кругов и испытании их на прочность. Окончательная подготовка круга к работе состоит в установке и закреплении круга на фланцах, балансировке, правке и профилировании рабочей поверхности круга. Перед установкой круга на станок производят испытание механической прочности шлифовального круга на специальных испытательных стендах. Подлежащие проверке круги свободно надевают на вал испытательного стенда или втулку фланца для крепления круга с зазором от 0,1 до 1,5 мм.

Крепление абразивных инструментов на станках в зависимости от формы, размеров и условий их работы производят механическими крепежными приспособлениями или наклеиванием. Некоторые из способов крепления приведены на рис.12.

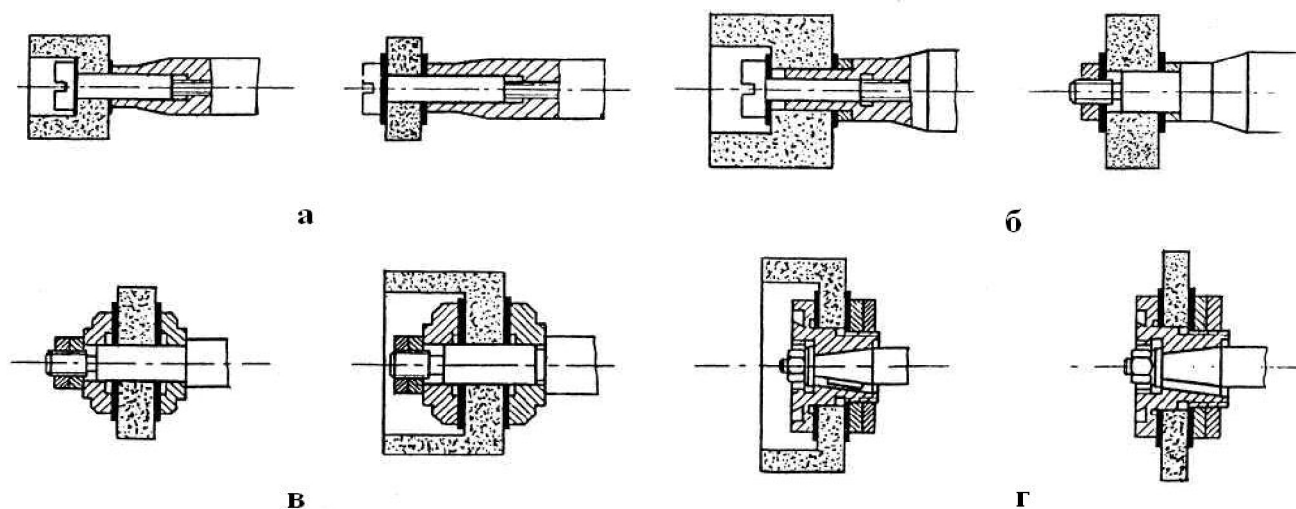


Рис.12. Способы крепления шлифовальных кругов:

а – винтом ; б – на шпинделе или оправке винтом или гайкой ; в – на шпинделе или оправке фланцами ; г – на переходных фланцах (планшайбе) гайками.

Размер посадочного места шлифовального круга (диаметр отверстия) должен превышать размер посадочного места на шпинделе или фланцах (втулке).

Приспособления, применяемые для закрепления кругов, должны обеспечивать центрированную посадку круга относительно оси вращения шпинделя станка. Это необходимо делать в целях уменьшения смещения центра тяжести круга относительно оси вращения, которое выявляется при балансировке круга. При закреплении круга по всей ширине опорной поверхности фланцев ставятся прокладки толщиной 0,5...2 мм из эластичного материала (картон, резина или плотная бумага). Применение прокладок с обеих торцовых поверхностей необходимо для компенсации отклонений размеров и неровностей торцовых поверхностей.

Балансировка кругов. Шлифовальному кругу вместе с фланцами, посредством которых он соединен со шпинделем станка, в процессе работы сообщается окружная скорость от 25 до 50 м/с. Из-за неуравновешенной массы круга возникают возмущающие силы и вибрации. Неуравновешенность круга вызывает в процессе шлифования интенсивный износ узлов станка, особенно подшипников шпинделя, увеличение волнистости и шероховатости поверхности, понижение точности обработки, возрастание напряжений в круге, приводящих к его разрыву.

Основными причинами неуравновешенности круга являются:

- 1) неравномерность распределения массы в теле круга и неравномерность ее плотности в различных секторах круга;
- 2) отклонение геометрической формы круга: непараллельность торцов, их вогнутость или выпуклость;
- 3) смещение оси отверстия относительно наружной поверхности;
- 4) смещение оси отверстия круга относительно оси вращения шпинделя из-за зазора между посадочными поверхностями фланцев и круга.

Неуравновешенность (дисбаланс) круга, таким образом, возникает при несовпадении его центра тяжести с осью вращения шпинделя. Для снижения дисбаланса шлифовальные круги диаметром больше 125 мм и высотой более 8 мм перед установкой на станок подвергают балансировке, чаще всего статической.

Сущность статической балансировки заключается в следующем: круг, закрепленный на планшайбе (фланцах), устанавливается на специальную оправку (рис. 13) и вместе с ней на две опоры балансировочного приспособления (рис. 14). В качестве опор служат ножи (рис. 14а), цилиндрические валики (рис. 14б), диски (рис. 14в).

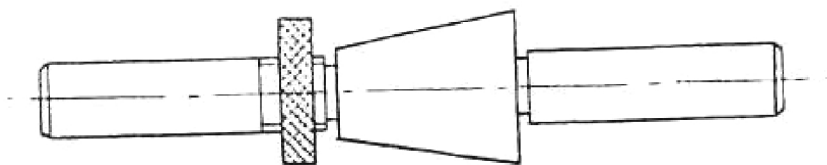


Рис.13. Оправка для балансировки шлифовальных кругов

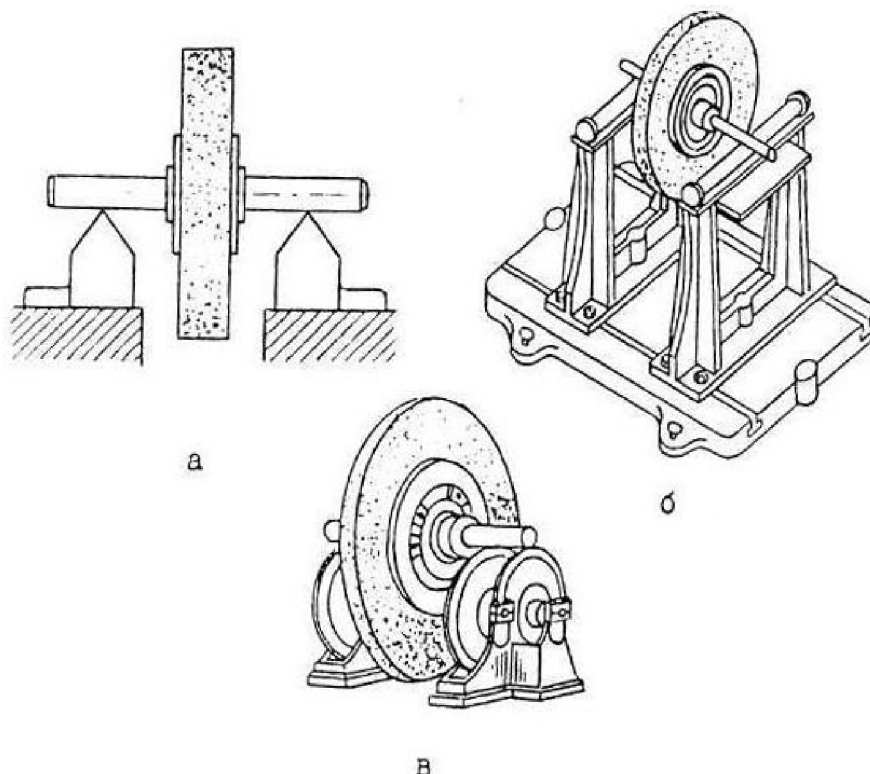


Рис 14. Балансировочные приспособления: а – с опорами в виде ножей ;
б – цилиндрических валиков ; в - дисков

Балансировка ведется в следующей последовательности:

1) планшайбу с кругом на оправке устанавливают на балансировочное приспособление так, чтобы ось оправки была перпендикулярна к опорным поверхностям, а сам круг располагался симметрично между ними. Балансировочные сухарики 5 (см. рис. 2), предназначенные для уравнивания круга, при этом должны быть в положении взаимного уравнивания (120° между сухариками) или вынуты из паза планшайбы;

2) легким поворотом заставляют круг вместе с оправкой поворачиваться вокруг оси. После остановки тяжелая часть круга займет нижнее положение;

3) отмечают мелом верхнюю, самую легкую часть круга и поворачивают его примерно на 90° то в одну, то в другую сторону. Если после каждого поворота круг будет останавливаться так, что меловая черта оказывается в одном и том же верхнем положении, то тяжелая часть круга, свидетельствующая о смещении центра тяжести, определена правильно;

4) смещают балансировочные сухарики к меловой черте в легкую часть круга так, чтобы они симметрично располагались относительно меловой черты;

5) поворачивая круг на 90° в правую и левую стороны и сближая сухарики относительно меловой черты или, наоборот, раздвигая их, добиваются уравновешенности круга относительно опор приспособления. Уравновешенный круг при повороте его на угол 90° остается неподвижным в этом положении. Статически уравновешенный круг при повороте его на опорах балансировочного приспособления должен останавливаться в любом положении.

Правка шлифовальных кругов. Рабочая поверхность кругов, как было отмечено выше, перед их эксплуатацией подвергается правке, которая приводит инструмент в работоспособное состояние, т.е. в такое состояние, при котором инструмент способен выполнять обработку в заданных условиях с установленными требованиями. Однако под действием сил резания и высоких температур, возникающих в процессе обработки, а также в результате химического взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемым материалом заготовок, в зависимости от обрабатываемого материала происходит или истирание режущих кромок зерен, появление площадок износа, или скалывание режущих кромок, вырывание целых зерен из связки круга, или же налипание частичек металла на вершинах режущих кромок и заполнение пор круга металлической стружкой. Особенность процесса шлифования в том, что шлифовальный круг может самозатачиваться (непрерывно восстанавливать способность производить обработку с заданными параметрами) при частичном разрушении или полном выкрашивании затупившихся зерен, соединенных связкой. В случае большой нагрузки на режущие зерна и применения мягких кругов процесс обычно протекает с интенсивным самозатачиванием рабочей поверхности круга. При чистовых операциях, когда нагрузка на зерно вследствие небольшой глубины шлифования сказывается меньше, происходит постепенное затупление абразивных зерен на рабочей поверхности круга.

При интенсивном самозатачивании из-за неравномерной нагрузки на зерна и неравномерного износа круг приобретает неправильную геометрическую форму. Это приводит к ухудшению качества обрабатываемой поверхности, к появлению следов вибраций и дробления. По мере затупления круга увеличивается радиус округления режущих граней абразивных зерен, на которые налипают частицы шлифуемого материала. При этом поры круга заполняются мельчайшими частичками металла и связки. При шлифовании затупленными кругами возрастает давление на заготовку в зоне резания, появляются прижоги огранка.

Все это, как правило, приводит к потере первоначальной геометрической формы и режущих свойств шлифовального круга.

Требуется периодическая правка круга в целях восстановления его режущих свойств и правильной геометрической формы.

Применяются три способа правки: обтачиванием алмазными карандашами, резцами, иглами, гребенками и т.п.; обкатыванием стальными и твердосплавными дисками и стальными звездочками; шлифованием алмазными роликами или абразивными кругами высокой твердости.

В промышленном производстве наибольшее распространение получил способ обтачиванием алмазными карандашами. Основные преимущества алмазных карандашей: простота конструкции, жесткость, возможность изменения характеристики по размерам, количеству и расположению алмазов, меньшая опасность разрушения алмазов, минимальное место установки и правки, возможность полного использования алмазов и наиболее низкая их стоимость. Основные типы алмазных карандашей и область их применения приведены в табл. 7.

При правке шлифовальных кругов алмазными карандашами последние закрепляются в специальные приспособления, устанавливаемые на столы станков. Причем карандаши типов 02 и 04 устанавливаются в радиальном направлении относительно рабочей поверхности круга, карандаши типов 01 и 03 – с наклоном в $10...15^\circ$ относительно радиального направления в сторону вращения круга.

На рис. 15 приведены схемы правки кругов на плоскошлифовальном с горизонтальным шпинделем и прямоугольным столом (рис. 15а) и круглошлифовальном (рис. 15б) станках.

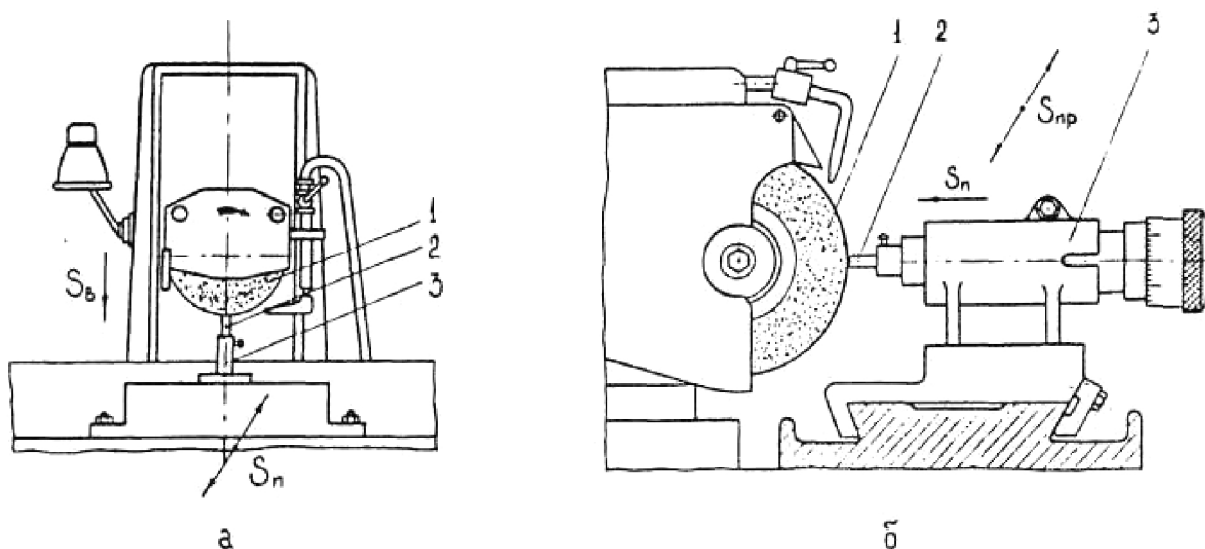
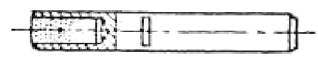


Рис.15. Схемы правки кругов на плоскошлифовальном с горизонтальным шпинделем и прямоугольным столом (а) и кругло-шлифовальном (б) станках: 1 – шлифовальный круг , 2 – алмазный карандаш, 3 – приспособление для закрепления карандаша

Таблица 7

Основные типы алмазных карандашей и область их применения

Расположение алмазов	Эскиз	Тип	Область применения
Цепочкой вдоль оси карандаша		01 (Ц)	Правка фасонного профиля по копиру. Внутреннее шлифование. Все виды шлифования кругами зернистостью 25 и крупнее (если отсутствуют карандаши типа 02)
Слоями		02 (С)	Все виды шлифования, кроме фасонной правки по копиру и резбошлифования. Наиболее эффективны при правке крупногабаритных кругов. Алмазы могут быть расположены с перекрытием слоев, чтобы по мере изнашивания одного слоя вступали в работу алмазы следующего слоя
В один слой по сферической поверхности		03 (ЦФ)	Фасонное шлифование
Неориентированное		04 (Н)	Резбошлифование односточными кругами зернистостью 16 и мельче. Прецизионное шлифование мелкозернистыми кругами с высокими требованиями к шероховатости поверхности. правка тонких кругов на вулканитовой связке, фасонных кругов с острым профилем, кругов для заточки пил

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

При шлифовании скорость резания определяется скоростью вращения абразивного круга V_K , так как она во много раз превышает скорость вращения или линейного перемещения обрабатываемой детали. Скорость резания зависит от требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности и стойкости круга.

Для достижения большей производительности при шлифовании операцию необходимо разбивать на два перехода, предварительный и окончательный.

При предварительном шлифовании обработку целесообразно вести на интенсивных режимах при повышенных скоростях резания (50...60 м/с). Как показал опыт, износ круга с увеличением скорости его вращения уменьшается, особенно при $V_K = 40...50$ м/с.

Используемые при предварительном шлифовании режимы должны обеспечить получение точности детали на 1-2 квалитета ниже точности, требуемой по чертежу.

Операции окончательного шлифования необходимо осуществлять на режимах, значительно менее напряженных по сравнению с операциями предварительного шлифования, при скоростях резания, не превышающих 35 м/с, с целью обеспечения требуемой точности и шероховатости поверхности.

Число рабочих ходов при предварительном и окончательном шлифовании зависит от снимаемого припуска. Число дополнительных рабочих ходов «выхаживания» зависит от жесткости технологической системы и технических требований, предъявляемых к обработанной поверхности, и назначается в каждом случае конкретно для обрабатываемой детали.

В таблице 8 приведены обобщенные режимы шлифования конструкционных углеродистых и легированных сталей.

Менее производительные режимы, приведенные в табл.8, необходимо использовать при обеспечении точности обработки по 6...8 квалитетам и достижения шероховатости поверхности R_a 0,63...0,32, более производительные, соответственно, при обеспечении точности по 9... 10 квалитетам и шероховатости R_a 2,5...1,25.

Важным показателем процесса шлифования является его производительность, которая определяется объемом снятого припуска в единицу времени.

Таблица 8

Режимы резания, применяемые при шлифовании конструкционных углеродистых и легированных сталей абразивными кругами

Вид и метод шлифования	Режим шлифования				
	Скорость круга, м/с	Скорость детали, м/мин	Глубина резания, мм	Продольная подача	Поперечная подача
Круглое наружное с продольной подачей: предварительное окончательное	35-50	12-25	-	(0,3-0,7) Н мм/об	0,010-0,025 мм/ход
	25-35	15-55	-	(0,2-0,4) Н мм/об	0,005-0,015 мм/ход
Круговое внутреннее с продольной подачей: предварительное окончательное	15-50	20-150	-	(0,4-0,7) Н мм/об	0,005-0,02 мм/ход
	15-35	20-150	-	(0,25-0,4) Н мм/об	0,0025-0,01 мм/ход
Плоское периферией круга на станках с прямоугольным столом: предварительное окончательное	25-35	-	0,015 - 0,040	8-30 м/мин	(0,3-0,6) Н мм/ход
	25-35	-	0,005 - 0,015	15-20 м/мин	(0,2-0,25) Н мм/ход

При круглом наружном шлифовании расчётная величина производительности определяется выражением

$$Q_p = v_{\partial} t s,$$

где Q_p - расчётная производительность [мм³/мин],

t - глубина резания [мм],

v_{∂} - окружная скорость детали [мм/мин],

S – продольная подача [мм/об].

В случае, если продольная подача выражена в [м/мин], то

$$S = \frac{S[\text{м} / \text{мин}]}{n[\text{об} / \text{мин}]} 1000.$$

Глубина резания t может задаваться как поперечная подача на ход или на двойной ход стола, соответственно S_x или S_{2x} . В этом случае $t = S_x$ или $t = \frac{1}{2} S_{2x}$.

Для плоского шлифования глубина определяется вертикальной подачей на ход или двойной ход стола.

В таком случае

$$Q_p = v_q t s_{non},$$

где S_{non} - величина поперечной подачи в мм на ход или двойной ход стола.

В случае отсутствия поперечной подачи вместо S_{non} ставится “В”-ширина шлифуемой поверхности.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ

Для осуществления процесса шлифования применяют станки шлифовальной группы. Наибольшее распространение среди них получили универсальные станки. Одним из характерных представителей которых является плоскошлифовальный станок 3Г71 (рис.16)

Технические характеристики станка

Наибольшее продольное перемещение стола, мм	700
Наибольшее поперечное перемещение крестового суппорта, мм	235
Размеры шлифующего круга, мм	250x32x76
Наибольшие размеры шлифуемых деталей, мм	630x320x200
Поперечная автоматическая подача крестового суппорта на каждый ход, мм	0.3...4.2
Скорость продольного перемещения стола, м/мин	5 - 20
Наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной бабки, мм	365
Величина автоматической вертикальной подачи, мм/2х	0.005...0.05

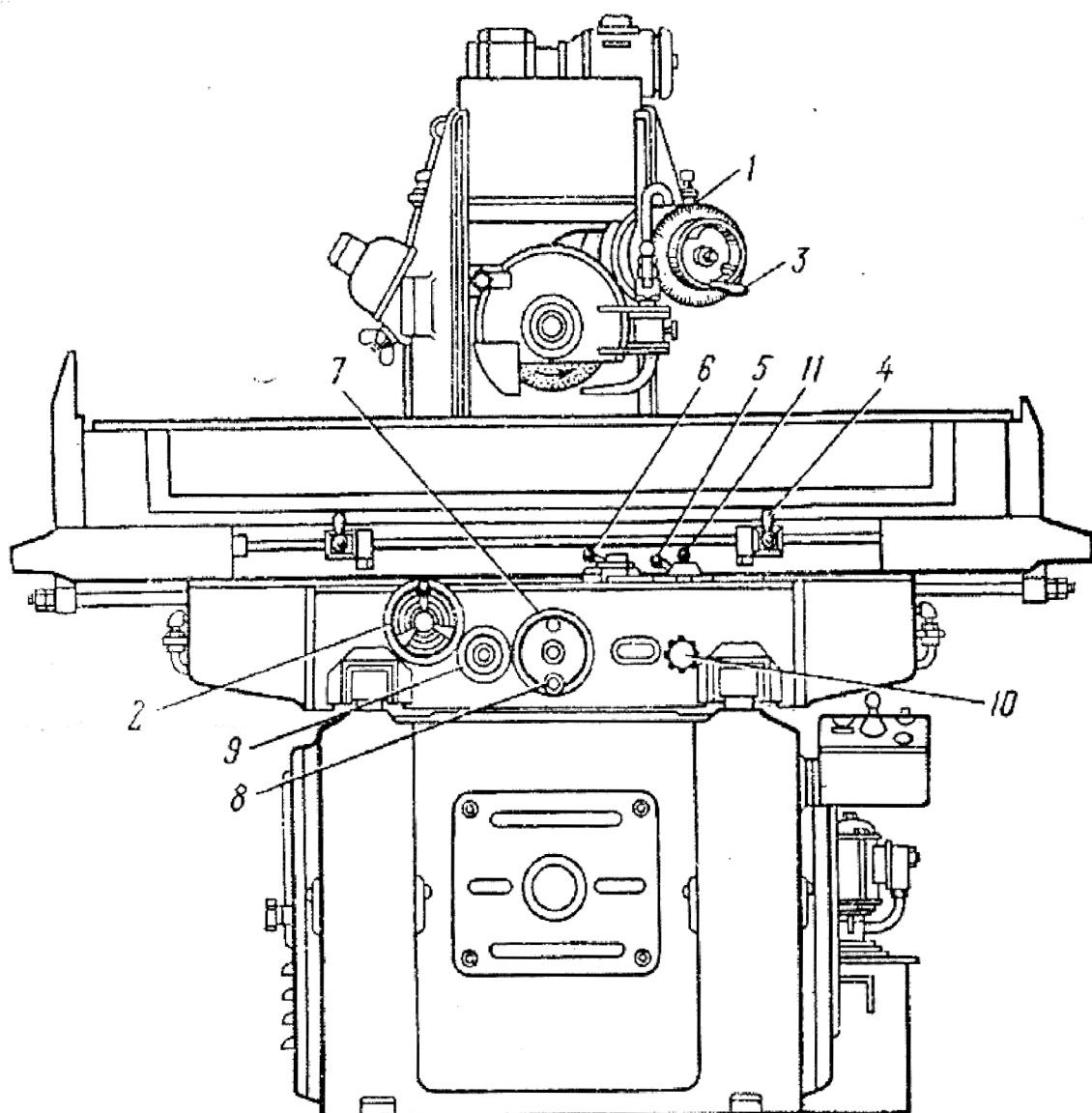


Рис. 16. Плоскошлифовальный станок 3Г71:

1 – лимб установки автоматической вертикальной подачи; 2 – маховик ручного продольного перемещения стола; 3 – маховик вертикального перемещения шлифовальной бабки; 4 – упоры реверса продольной подачи; 5 – регулятор скорости движения стола; 6 – ручной реверс продольной подачи; 7 – маховик поперечной подачи; 8 – рукоятка “тонкого” перемещения крестового суппорта; 9 – лимб установки величины поперечной подачи; 10 – кнопка включения и реверса поперечной подачи; 11 – кнопка пуска и останова стола

Станок предназначен для обработки деталей периферией круга. Обрабатываемая заготовка закрепляется на магнитной плите или в тисках, устанавливаемых на столе станка. Абразивный круг получает постоянную скорость вращения от электродвигателя.

Продольная подача стола обеспечивается с помощью гидравлического привода в автоматическом режиме или рукояткой 7 вручную. Поперечная подача может обеспечиваться вручную рукоятками 7 и 8 или автоматически с помощью гидропривода. Вертикальная подача осуществляется с помощью маховика 3 вручную или в автоматическом режиме гидроприводом.

Очень важной характеристикой процесса шлифования является шероховатость обработанной поверхности. Она, как правило, уменьшается с уменьшением зернистости круга, глубины резания, продольной подачи и увеличением скорости вращения инструмента.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить характер взаимодействия абразивного зерна с обрабатываемой поверхностью заготовки.

Ознакомиться с характеристиками шлифованных кругов, методами подготовки к работе.

Ознакомиться с видами шлифования и принципиальным устройством шлифовальных станков.

Обработать плоский образец на трёх режимах и рассчитать производительность обработки. Измерить шероховатость обработанной поверхности и построить зависимость от режима обработки.

Повторить п.4 для круглых образцов

Рассчитать производительность обработки и сравнить её с фактической.

Оформить отчёт.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать схему работы абразивного зерна при резании.
2. Каким образом условно разделяются абразивные зёрна на рабочей поверхности круга и почему?
3. На каких скоростях резанья производится шлифование?
4. Перечислить основные особенности процесса шлифования?
5. Перечислить основные абразивные материалы и указать их отличие.
6. Каким образом различаются абразивные материалы по размерам?
7. Как влияет зернистость на область применения шлифовальных кругов?
8. В чём особенность применения алмазных и эльборовых кругов?
9. Перечислить основные виды связок, применяемых для изготовления инструментов. В чём особенности их применения.?

10. Чем определяется твёрдость абразивных инструментов? Привести шкалу твёрдости.
11. Что понимают под структурой абразивного инструмента и как она различается?
12. Из каких соображений назначают твёрдость абразивного инструмента при обработке?
13. Как определяется структура алмазных и эльборовых кругов?
14. Каких классов точности изготавливают абразивные круги и их связь с характеристикой зернистости?
15. В чем заключается подготовка шлифовальных кругов к работе?
16. Способы крепления шлифовальных кругов.
17. Как производится балансировка шлифовальных кругов?
18. Для чего производится правка шлифовальных кругов?
19. Схемы правки и инструменты применяемые для этого.
20. Привести основные схемы для плоского шлифования.
21. Привести основные схемы для круглого наружного шлифования.
22. Привести основные схемы для круглого внутреннего шлифования.
23. Что представляет собой абразивный круг?
24. Назовите основные узлы и механизмы шлифовальных станков.
25. Как определяются режимы резанья при шлифовании?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козлов А.М. Повышение качества и точности цилиндрических деталей при шлифовании. – Липецк: ЛГТУ, 2004. – 181с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320с.
3. Скуратов Д.Л., Трусов В.Н. Обработка металлов шлифованием. – Самара: СГАУ, 1997. – 88с.

Кафедра
'Механической обработки материалов'

Студент _____

Группа _____ Дата _____

Лабораторная работа

Абразивный инструмент и виды шлифования

1. Абразивный инструмент и виды шлифования

2. Техническая характеристика оборудования, способы закрепления заготовок и задание движения при обработке

3. Схемы обработки (по указанию преподавателя)

4. Схема балансировки круга (по указанию преподавателя)

5. Схема правки круга (по указанию преподавателя)

6. Зависимость производительности
от режимов обработки

Зависимость шероховатости
от режимов обработки

Контрольный вопрос

Руководитель _____

Учебное издание

*Бурмистров Евгений Васильевич,
Волков Александр Николаевич
Летилин Василий Иванович
Попов Иван Григорьевич
Сазонов Михаил Борисович
Скуратов Дмитрий Леонидович
Трусов Владимир Николаевич*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРОЦЕССАМ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Учебное пособие

Научный редактор *В.И. Богданович*
Технический редактор *В.М. Опарин*
Редакторская обработка *Т.Ю. Децова*
Корректорская обработка *О.Ю. Дьяченко*
Компьютерная верстка *А.И. Рязанов, В.Д. Смолин*
Доверстка *А.А. Нечитайло*

Подписано в печать 28.12.06 Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 9,5. Усл.кр.-отт. 9,6. Печ.л. 10,25.
Тираж 50 экз. Заказ ИП-74/2006.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.