

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»**

Новомосковский институт (филиал)

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Новомосковск
2020**

УДК 621.01
ББК 34.41

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент Добровенко В.В.
ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева,

Щеколдин И.И.

Генеральный директор ООО «НовомосковскГазДеталь»

Козлов А.М, Каменский М.Н. Обработка металлов резанием. Учебное пособие по выполнению лабораторных работ. / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2020. 114 с.

Учебное пособие включает в себя краткое изложение теоретических основ дисциплины «Обработка металлов резанием», лабораторные работы, порядок их выполнения и рекомендации по оформлению протоколов.

УДК 621.01
ББК 34.41

© Козлов А.М., Каменский М.Н.
© ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университета им. Д.И.Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Геометрия токарного резца	4
Лабораторная работа № 2 Токарные работы	14
Лабораторная работа № 3 Фрезерные работы	41
Лабораторная работа № 4 Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках	52
Лабораторная работа № 5 Обработка на сверлильных и расточных станках	63
Лабораторная работа № 6 Обработка абразивным инструментом	77
Приложения	99

Лабораторная работа № 1 Геометрия токарного резца

Цель работы:

1. Изучение конструкции токарного резца и его основных плоскостей.
2. Изучение режущей части и измерение углов токарного резца.
3. Знакомство с типами токарных резцов и видами работ, выполняемых ими.
4. Исследование изменений параметров токарного резца в зависимости от времени его эксплуатации.

Принадлежности для выполнения лабораторной работы:

1. Набор типовых стержневых токарных резцов с напаянными пластинами из твёрдых сплавов, резцов из быстрорежущей стали и резцов с неперетачиваемыми пластинами, фасонные резцы и резьбовые гребёнки.
2. Угломер для измерения геометрических характеристик токарных резцов.
3. Набор резцов, изношенных в процессе эксплуатации.

Теоретическая часть

Большое разнообразие работ, выполняемых на токарном оборудовании, требует особой конструкции применяемых режущих инструментов-токарных резцов. Именно поэтому токарный резец представляет собой пространственное геометрическое тело сложной формы, состоящее из режущей части (рабочая часть и головка) и корпуса (тело, державка, стержень, хвостовик).

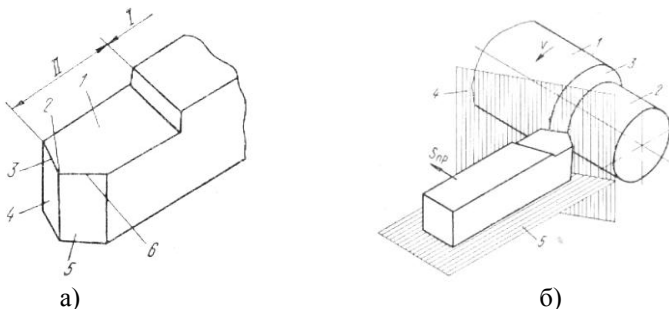


Рис. 1.1. а) части и элементы проходного резца: 1- передняя поверхность; 2-вершина резца; 3-вспомогательное режущее лезвие; 4-вспомогательная задняя поверхность; 5-главная задняя поверхность; 6-главное режущее лезвие. б) координатные плоскости и поверхности обрабатываемой заготовки: 1-обрабатываемая поверхность; 2-обработанная поверхность; 3-поверхность резания; 4-плоскость резания; 5-основная плоскость.

Передней поверхностью резца называется та поверхность, по которой сходит стружка.

Задними поверхностями резца называются поверхности, обращённые к обрабатываемой детали, причём одна из них называется главной, а другая вспомогательной.

Режущими кромками резца называются линии, образованные пересечением передней и задних поверхностей его. Режущая кромка, выполняющая основную работу резания, называется главной. Другая режущая кромка резца называется вспомогательной.

Вершиной резца называется сопряжение главной и вспомогательной кромок. Вершина может быть закруглённой, плоскосрезанной или острой.

По конструкции различают цельные резцы (когда головка и тело резца выполнены из одного материала); с приварными головками (например, режущая часть из быстрорежущей стали приварена встык к державке из малоуглеродистой стали); с припаянной или приклеенной пластинкой (к державке припаяна или приклеена пластинка из быстрорежущей стали или твёрдого сплава); резцы с механическим креплением режущих пластинок (сборные); резцы из сверхтвёрдых материалов и минералокерамики (в режущей части державки может быть закреплён кристалл алмаза или нитрида бора-эльбор, размером порядка 1 карата (0,2гр) и твёрдостью как и у алмаза $H \mu = 10^6 \text{МН/м}^2$).

Практической ценностью эльбора (боразона) является отсутствие химического сродства с железом, что позволяет выполнять отделочную обработку при больших скоростях резания. В качестве инструментальных сверхтвёрдых материалов применяют синтетические поликристаллы алмаза (СПА), синтетические поликристаллы нитрида бора (СПНБ) и композиты. Поликристаллы изготовляют преимущественно двумя способами: синтезом исходных материалов и спеканием порошков. СПА марок АСБ5 и АСБ6 получают прямым синтезом из графита (состав: алмаз, графит, металл-катализатор, его карбиды и оксиды). Поликристаллы АСБ% имеют форму шара диаметром 5-6,5 мм, а АСБ6 имеют форму цилиндра диаметром 5-6,5 мм. Поликристаллы алмаза марки СВС получают спеканием алмазных порошков. СПА рекомендуется применять для резцов при обработке твёрдых сплавов, цветных металлов и их сплавов, титановых сплавов, керамики, стеклопластики.

Поликристаллы на основе нитрида (эльбор-Р, исмит 1,2,3, белбор и др.) получают синтезом из гексагонального и других модификаций нитрида бора. Синтез поликристалла кубического нитрида бора (КНБ – эльбор-Р) с размером до 7 мм получен из порошка гексагонального нитрида боа (размер зерна 0,1 мм) при давлении свыше 10^5МН/м^2 и температуре 1670°C . Он сохраняет свою прочность до температуры 930°C , в то время как алмаз сгорает при 870°C . Эльбор-Р выпускают в виде цилиндра диаметром 3,5-4,2 мм и высоте 4 мм, освоено также и производство пластинок. Его рекомендуется

применять для резцов и фрез, используемых при финишной обработке деталей из закалённых конструкционных углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей с твёрдостью HRC 48-62, а также высокопрочных чугунов. В ряде случаев обработка эльбором-Р может заменить шлифование.

При обработке эльбором обеспечивается более высокое качество поверхности по сравнению со шлифованием, так как при этом уменьшаются структурно-фазовые изменения, шаржирование абразивом, а также микротрещины и прижоги и др. Производительность при использовании эльбора-Р значительно выше, чем при шлифовании.

Гексанит- Р получают спеканием вюрцитоподобного нитрида бора (ВНБ) и выпускают в форме цилиндров диаметром 6,5 и высотой 5 мм. Резцы и сборные фрезы из гексанита-Р предназначены для обработки закалённых сталей У8, ШХ15, Р18 (HRC 55-62), чугунов (HRC 46-48), твёрдых сплавов группы ВК. При обработке закалённых сталей и чугунов гексанит-Р имеет большую износостойкость, чем эльбор-Р.

Сверхтвёрдый материал ПНТБ получают спеканием смеси КНБ и ВНБ в виде цилиндров диаметром 3-4 и высотой 4-6 мм. При обработке прерывистых поверхностей термически необработанных сталей ПНТБ эффективнее эльбора-Р. Резцы из ПНТБ при обработке закалённых сталей не уступают эльбору-Р, но не пригодны для обработки сталей, содержащих кремний, ванадий, хром, никель.

Алмазы синтетические и природные применяют в основном для токарной обработки цветных металлов, пластмасс и керамики. Перспективными материалами для металлорежущего инструмента являются минералокерамические материалы на основе оксида алюминия. Они по сравнению с металлокерамическими материалами имеют следующие преимущества: повышенная красностойкость, обеспечивающая обработку сталей большой твёрдости; высокая износоустойчивость; пониженная склонность к слипанию с обрабатываемым материалом, меньше наростообразование; большая экономичность благодаря дешевизне материала и отсутствию или малому содержанию таких ценных компонентов, как вольфрам, титан, кобальт и др.

Недостатки минералокерамики: малое сопротивление разрушению от растягивающих напряжений, пониженная пластичность, низкая ударная вязкость. Применяют при чистовых и получистовых операциях точения, растачивания и фрезеровании. Выпускают в виде многогранных неперетачиваемых пластин с механическим креплением и в виде напаянных пластин для неразъёмного соединения с державкой.

Особый интерес представляет характер заточки режущей части токарного резца в зависимости от свойств обрабатываемого материала и, в первую очередь, его передней поверхности.

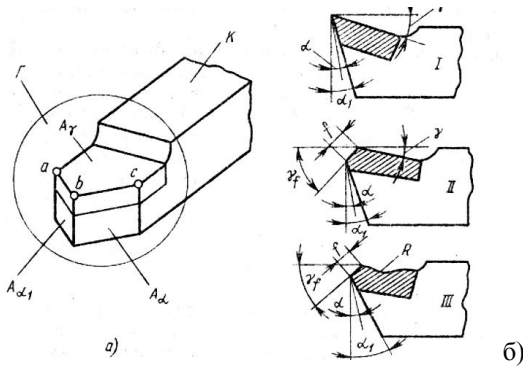


Рис. 1.2. Формы передней поверхности резцов: а) ab-вспомогательная режущая кромка; bc- главная режущая кромка; b-вершина резца; A_γ - передняя поверхность; A_{α_1} - задняя вспомогательная поверхность; A_{α_2} - главная задняя поверхность б) показаны три основные формы передней поверхности резцов: I-плоская с фаской $f=(0,8-1,0)S^*$ (подача $S^* > 0,2$ мм/об, подача для резцов из быстрорежущей стали и твёрдых сплавов) с передним углом $\gamma_1=0-5^0$, выполненным для упрочнения режущей кромки. Передний угол $\gamma=30^0$. Резцы с такой формой передней поверхности, оснащённые твёрдым сплавом типа ВК, применяют чаще всего для обработки чугуновых заготовок.

Форма II- применяется для обработки стальных заготовок. Отрицательную фаску с углом γ_1 и шириной f делают для упрочнения твёрдосплавной режущей кромки. Величины γ_1 и f выбирают в зависимости от природы и свойств стальных заготовок. Например, при резании сталей с прочностью $\sigma_b \leq 785$ МН/м² параметры $f \leq 2S$; $\gamma_1 = -5^0$; $\gamma = +5 \div +10^0$; при резании более прочных сталей ($\sigma_b > 785$ МН/м²): $f > 2S$; $\gamma_1 = -5^0 \div -15^0$; $\gamma = 0 \div +5^0$.

При обработке стальных заготовок с $\sigma_b \leq 785$ МН/м² твёрдосплавным инструментом для обеспечения завивки стружки в спираль применяют заточку передней поверхности с лункой (рис.2. форма III) радиусом R и $\gamma_1 = -5^0$; $\gamma = +20 \div +25^0$. Для токарных проходных и расточных резцов радиус лунки $R = (10 \div 15)S$; для отрезных и подрезных $R = (50 \div 60)S$. Глубина лунки $h_n = 0,1 \div 0,2$ мм. Оптимальная величина главного заднего угла α определяется по эмпирической формуле: $\sin \alpha = 0,13/a^{0,3}$; a – наибольшая толщина срезаемого слоя, в мм. Из практики известно, что при $S < 0,2$ мм/об главный задний угол $\alpha = 12^0$, а при $S > 0,2$ мм/об, $\alpha = 8^0$. Величины α_1 и α на вспомогательных поверхностях резца $\alpha_1 = \alpha$, за исключением отрезных и прорезных (канавочных) резцов, у которых $\alpha_1 = 1-2^0$.

Выбор главных углов в плане φ производится в зависимости от условий жёсткости системы СПИД:

Главный угол в плане φ , град.	Условия работы
10 -30	Обработка при малых глубинах резания и высокой жёсткости системы СПИД. При обработке закалённых стальных заготовок
45	Обработка при нормальной жёсткости системы СПИД
60 - 75	Обработка с ударами при недостаточной жёсткости технологической системы СПИД
80 -90	При обработке нежёстких деталей. При многорезцовом точении

Величина вспомогательного угла в плане для проходных, подрезных и расточных резцов $\varphi_1 = 10 - 15^\circ$, для прорезных и отрезных $\varphi_1 = 2^\circ$.

Для высокопроизводительной работы с подачами $S > 2 - 3$ мм/об применяют резцы с обратным срезом. Если традиционные резцы обеспечивают прямой срез, то при резании по схеме обратного среза подача не зависит от толщины срезаемого слоя и может быть весьма значительной. Прямой срез осуществляется в том случае, когда $t > S$ и $\varphi_1 = 0^\circ$. При обратном срезе: $t = a$; $b = S$; $\varphi_1 = 0^\circ$ на длине $l = (1,1 - 1,5) S$.

С одной стороны при резании по схеме обратного среза подача не зависит от толщины срезаемого слоя, а с другой стороны, глубина срезаемого слоя ограничена и не может быть выше наибольшей допустимой глубины резания, величина которой лимитируется прочностью режущей кромки резца и мощностью станка.

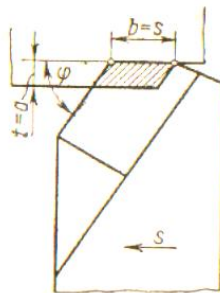


Рис.1.3. Чистовой резец с комбинированной заточкой (резец Колесова)

На рис.1.3. показан резец Колесова, оснащённый твёрдым сплавом и имеющий сложную заточку: резец имеет т.н. режущую кромку под дополнительным углом φ_0 и фаску шириной 0,5 мм на передней поверхности, которые и обеспечивают повышенную прочность режущей кромки. Наличие

дополнительной режущей кромки длиной $l = 1.25S$ обеспечивает получение малой шероховатости обработанной поверхности несмотря на резание с большими скоростями $S \gg 3$ мм/об.

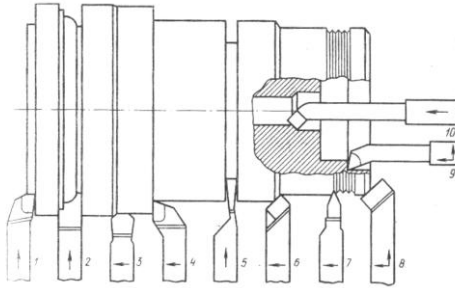


Рис.1.4. Основные типы токарных резцов

Резцы подразделяются по назначению, направлению движения, форме режущей части и по конструкции. По назначению: проходные 6,8 и проходные упорные 4, подрезные 1, отрезные и прорезные 5, расточные 9, 10, фасонные 2, резьбовые 7, резцы для чистовой обработки 3 и др. По направлению движения: правые 6 и левые, радиальные и тангенциальные. По форме головки (режущей части): прямые 3,6, отогнутые 1,4,8,9,10, оттянутые 5,7 и изогнутые. По конструкции: цельные и составные (сложной конструкции с различными способами крепления режущих пластинок)

Геометрические параметры проходного токарного резца

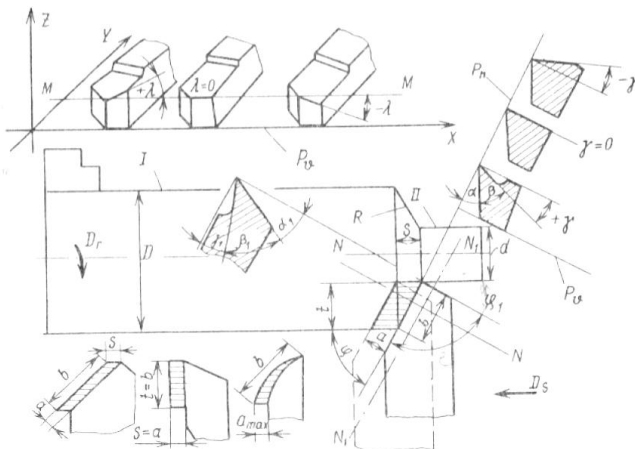


Рис.1.5. Геометрия токарного резца и сечения снимаемого слоя в зависимости от формы режущего лезвия

На рис.1.5 показаны резец и деталь в проекции на основную плоскость: P_n - след плоскости резания; P_v -след плоскости, параллельной основной плоскости; I-обрабатываемая поверхность; II-обработанная

поверхность; R-поверхность резания. Главная секущая плоскость N-N есть плоскость, перпендикулярная к главной режущей кромке и основной плоскости. Главным задним углом резца α называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания (P_n). Углом заострения β называется угол между передней и главной задней поверхностями резца. Передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью, проведённой через главную режущую кромку и плоскостью, проведённой через главную режущую кромку перпендикулярно к плоскости резания. Углом резания δ называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Вспомогательным задним углом α_1 называется угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проведённой через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости (N_1-N_1). Главным в плане ϕ называется угол между главной режущей кромкой и направлением подачи. Вспомогательным углом в плане ϕ_1 называется угол между вспомогательной режущей кромкой и направлением подачи.

Углом при вершине ϵ называется угол, образованный пересечением главной и вспомогательной режущих кромок.

Износ и стойкость токарных резцов

С возрастанием параметров режима резания (v, S, t) увеличивается объём материала, снимаемый в единицу времени, т.е. увеличивается производительность. Но наступает момент, когда дальнейшее повышение уровня режима резания приводит к быстрому износу инструментов, узлов станка и оборудования. Производительность падает, а себестоимость возрастает. Основным фактором здесь является значительный расход режущего инструмента.

Износ инструментов происходит по определённым закономерностям.

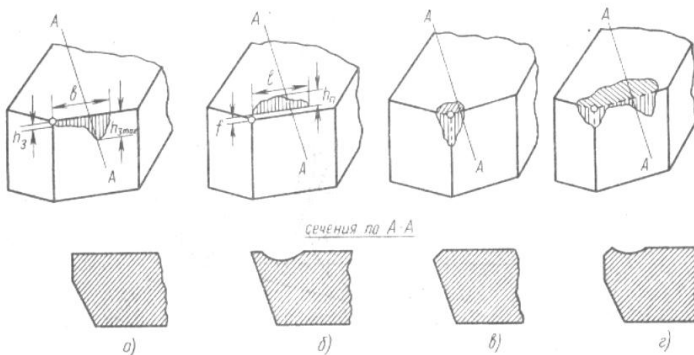


Рис.1.6. Износ режущего лезвия резца, изготовленного из быстрорежущей стали: а-неравномерный износ по задней поверхности; б- образование лунки на передней поверхности; в-износ вершины резца; г- одновременный износ по задней и передней поверхностям лезвия резца

В процессе точения возникают все виды износа: абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный, коррозионный, эрозионный и пр. Разрушение режущей части резца, оснащённой различными инструментальными материалами, может происходить путём абразивного воздействия (образование лунки на передней поверхности резца и площадки – на задней поверхности), выкрашивания (при наличии адгезионно-усталостного, а иногда и диффузионного износа) и осыпания (мгновенное лавинное разрушение пластинок из минералокерамики, кристаллов алмазов и эльбора).

В начале работы поверхность инструмента прирабатывается и несколько округляется режущая кромка. Рис.1.7. Зона I- зона начального (приработочного) износа (0,05-0,1 мм). Постепенно величина износа достигает определённого значения, допустимого без ухудшения чистоты и точности обработки(II- зона нормального износа 0,3-0,5 мм). Дальнейшая работа приводит к резкому возрастанию износа по задней и передней поверхностям и разрушению режущего лезвия (III-зона «катастрофического» износа). Если не допускать работу инструмента в зоне III, то срок его службы значительно увеличится.

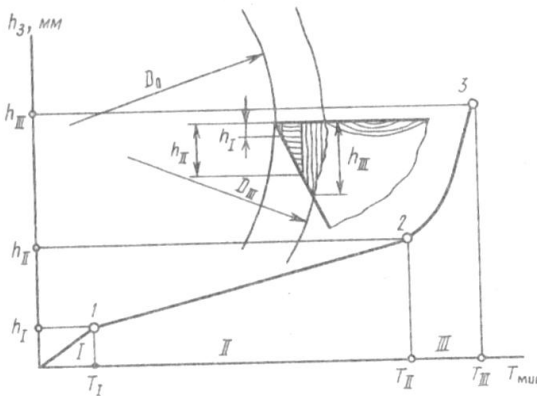


Рис.1.7. Изменение величины износа резца по его задней поверхности с увеличением времени его работы

Время работы резца до допустимой величины износа, определяемой критерием затупления, называется периодом стойкости T и выражается в минутах (секундах), в единицах длины пути режущей кромки L или по величине срезаемой площади F_c .

Для проходных резцов (при одноинструментальной обработке) выбирается $T=30; 60; 90$ мин, а для резбовых и фасонных резцов $T=90; 120$ мин. При работе на оптимальных скоростях резания резец обладает наибольшей размерной стойкостью.

Методика выполнения работы

1. Содержание работы

Ознакомиться с набором токарных резцов.

Выполнить эскизы каждого представителя из полученного набора токарных резцов и поверхности, образуемые данным режущим инструментом на заготовке.

Измерить геометрические характеристики одного из токарных резцов (в соответствии с указанием преподавателя).

Ознакомиться с набором резцов, изношенных в ходе эксплуатации, определить предполагаемые причины выхода из строя инструмента.

Замерить параметры изношенного резца (по указанию преподавателя).

Заполнить журнал наблюдений и сделать выводы по результатам выполненной лабораторной работы.

2. Указания к выполнению работы

Получить набор резцов для выполнения работы.

Порядок выполнения работы по знакомству с типовыми стандартными и фасонными резцами включает:

- а) эскизирование резца с соблюдением требований ЕСКД (3-4 вида) с нумерацией и расшифровкой основных координатных плоскостей и поверхностей резания;
- б) на эскиз нанести вид поверхности, образуемый данным резцом на заготовке;
- в) измерить геометрические характеристики одного из резцов (по указанию преподавателя);
- г) определить дефекты резца, вышедшего из строя в ходе эксплуатации;
- д) измерить геометрию резца, бывшего в эксплуатации (по указанию преподавателя).

3. Заполнить журнал наблюдений по форме 1.

Форма 1 журнала наблюдений

Наименование резца по назначению и изношенности.	Углы резания токарного резца в градусах								
	Гл. угол в плане, φ	Гл. задний, α	Угол наклона гл. реж. кромок, λ	Угол заострения, β	Передний угол, γ	Вспомогательный угол в плане, φ_1	Вспомогательный задний угол, α_1	Угол резания, δ	Угол при вершине, ε
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Сформулировать выводы по результатам выполненной работы.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Расшифруйте основные термины, связанные с процессами резания металлов: припуск, заготовка, деталь, стружка, главное и вспомогательное движения, скорость, подача, глубина резания, поверхности и плоскости резания и т.д.
2. Дайте представление об основных углах заточки токарного резца и их значении в процессе резания.
3. Влияние заточки режущего инструмента на виды формирующейся стружки в процессе резания на токарном оборудовании.
4. Виды стружек и «нарост» на резце и его влияние на процесс резания.
5. Силы, действующие на резец в процессе резания.
6. Тепловые явления в зоне резания и их влияние на качество обработки.
7. Процессы деформирования и разрушения материалов при резании.
8. Инструментальные материалы.
9. Виды токарных резцов работы, выполняемые ими.
10. Износ и стойкость режущего инструмента.
11. Методы повышения стойкости инструментов.
12. Основные типы токарных резцов и виды работ, выполняемых ими.
13. Виды инструмента для замера геометрических характеристик резцов.

Лабораторная работа № 2 Токарные работы

Цель работы: 1. Знакомство с конструкцией и управлением универсальным токарным станком и оснасткой

2. Освоение основных приёмов и навыков работы на токарном станке: обработка тел вращения, наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей (режим резания, замеры деталей)

3. Нарезание резьбы мерными инструментами и резцом

4. Контроль качества изготовления деталей

Теоретическая часть

Установка, выверка и закрепление заготовок на станке

Короткие детали устанавливают и закрепляют в патронах, как с ручным, так и пневматическим управлением.

Простые патроны изготавливают четырёх и трёх кулачковыми. В таких патронах каждый кулачок перемещается своим винтом независимо от остальных. Это позволяет установить в них различные детали, не являющиеся телами вращения, т.е. неправильной формы.

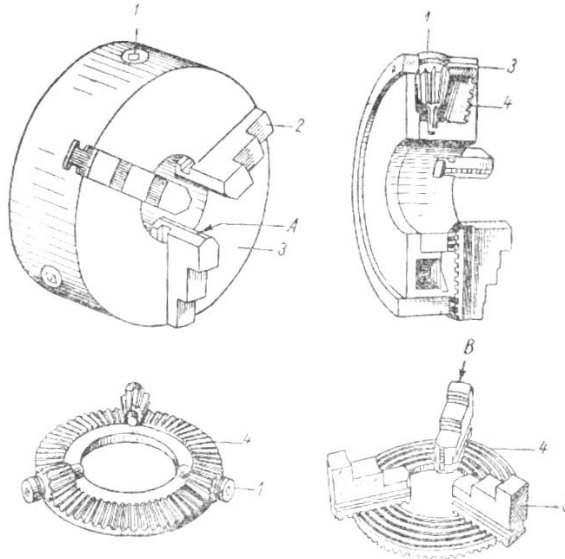


Рис. 2.1. Спиральный самоцентрирующий трёхкулачковый патрон и его детали: 1-одна из трёх конических шестерён; 2-кулачки(прямые); 3-корпус патрона; 4-спиральная шестерня (спираль Архимеда); 5-кулачки (обратные)

Самоцентрирующие трёхкулачковые патроны обеспечивают одновременное перемещение всех кулачков в радиальном направлении, благодаря чему деталь, имеющая цилиндрическую форму (наружную и внутреннюю), устанавливается и зажимается точно по оси шпинделя; кроме того, значительно сокращается время на установку и закрепление детали. Пневматические и клиновые трёхкулачковые патроны для передачи движения кулачкам снабжены пневмоцилиндрами или пневмокамерами.

Поводковые планшайбы (патроны) служат для передачи вращения обрабатываемой детали, обтачиваемой в центрах. Вращение от планшайбы передаётся водилом (поводковый палец), закреплённым в теле планшайбы, на поводок хомутика, установленного на конце заготовки прижимным винтом, либо самозажимным рычажным поводком. На рис.2.2 показаны четырёхкулачковый патрон и обработка заготовок в центрах: а) 1-кулачок, перемещаемый винтом 5 независимо от остальных кулачков;

б) вращение от поводкового патрона 4 передаётся поводковым пальцем 3 детали с помощью хомутика 2, надеваемого на конец детали и закрепляемого болтом 1.

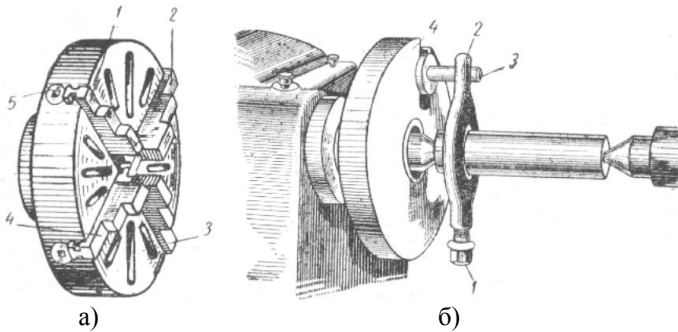


Рис.2.2. Патроны: а) четырёхкулачковый и б) поводковый

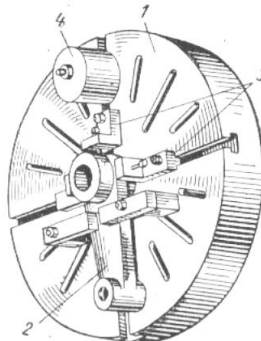


Рис.2.3. Установка и закрепление шатуна на планшайбе 1-планшайба (чугунный диск); 2-шатун(закрепляемая деталь); 3-крепёжные угольники с болтами; 4-груз-противовес.

Планшайба (фланец выходного вала коробки скоростей токарного станка-шпинделя) используется для закрепления сложных по конфигурации деталей. Представляет собой стальной или чугунный диск, снабжённый ступицей для навинчивания на конец шпинделя, передняя поверхность имеет от 4 до 6 Т-образных пазов, несколько сквозных резьбовых отверстий и простых пазов. Детали закрепляют на планшайбе планками, прижимаемыми болтами, головки которых перемещаются в Т-образных пазах или вворачиваемыми в резьбовые отверстия.

Цанговые патроны применяют для закрепления заготовок небольшого диаметра за наружную обработанную поверхность и кулачками цанговой оправки и за счёт трения обеспечивается передача крутящего момента на заготовку. Разжимная гильза или оправка (цанга) имеет 4 или 6 продольные прорезы, которые и обеспечивают упругие свойства цанги. Съёмные разжимные оправки предназначены для закрепления цилиндрических заготовок, у которых наружный диаметр на 1,5-0,5 мм меньше, чем диаметр отверстия в гильзе. При навинчивании накидной гайки, имеющей внутреннюю цилиндрическую или коническую поверхность, которая, перемещаясь по наружному концу оправки, упруго её деформирует до тех пор, пока не зажмёт заготовку и не закрепит её в оправке. При отвинчивании накидной гайки оправка, благодаря своим упругим свойствам, разжимается и освобождает обработанную деталь.

Оправки применяют для обработки деталей как с точно обработанными центрами, так и наружными цилиндрическими поверхностями, когда поверхности оправки и детали концентричны между собой, а торцовые поверхности параллельны друг другу и перпендикулярны к оси детали. Оправки бывают цельными и разжимными. Разжимные оправки работают аналогично цанговым патронам. Цельные оправки предназначены для установки и закрепления заготовки по внутренней или наружной цилиндрической поверхности и удержании от проворачивания трением, которое создаётся на её торцах при помощи зажимной гайки и шайбы.

На рис.2.4,а показана установка и закрепление заготовки 1 на цилиндрической оправке 2. При обработке заготовка удерживается от проворачивания трением, которое создаётся на её торцах при помощи шайбы 4 и гайки 3.

Для закрепления деталей, у которых колебание диаметра отверстия находится в пределах 0,5-1,5 мм, применяются разжимные оправки. Простейшая разжимная оправка с разрезной упругой гильзой показана на рис.2.4,б. Гильза 4 имеет внешнюю цилиндрическую поверхность, предназначенную для посадки заготовки, и внутреннюю коническую, которой она одевается на конический стержень 2 оправки. По образующим гильзы делается шесть прорезей 1, позволяющих ей разжиматься. При завинчивании гайки 3 гильза 1 надвигается на конус стержня и разжимается до тех пор, пока он не прижмётся к отверстию детали 5 и не закрепит его на оправке.

Для чистового обтачивания зубчатых колёс, муфт, втулок и др. деталей используется оправка, показанная на рис.2.4,в,г.

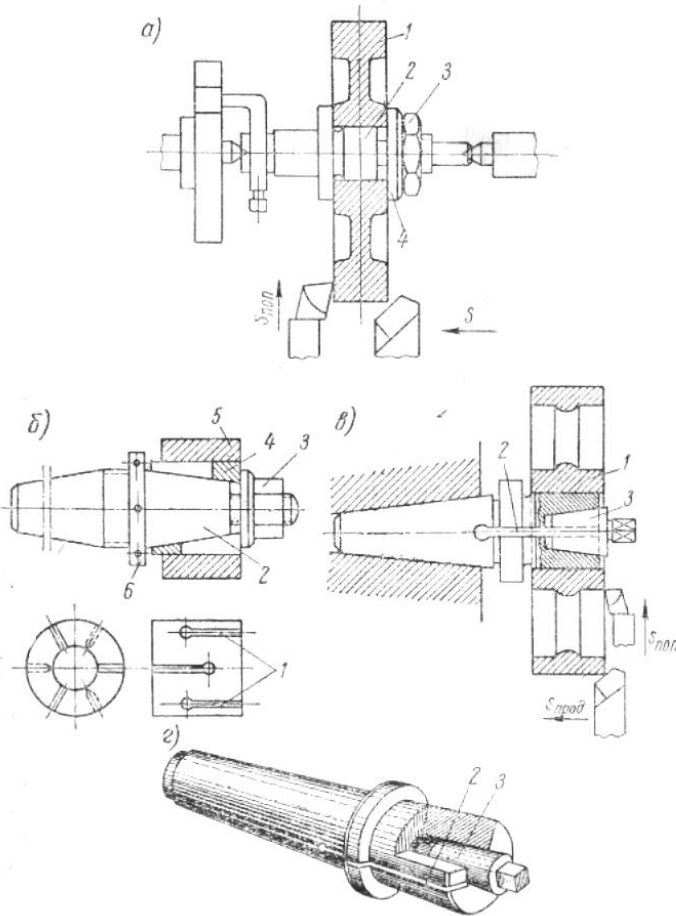


Рис.2.4. Оправки для закрепления деталей: а) – цельная цилиндрическая; б)-разжимная с разрезанной упругой гильзой; в,г.) –консольная разжимная

Обработка деталей в люнетах

При обработке заготовок, у которых отношение длины заготовки к её диаметру более 10-12, под действием сил резания происходит деформация и искажение готовой формы. Избежать этого можно при использовании дополнительной опоры – люнета. Люнеты бывают подвижные и неподвижные.

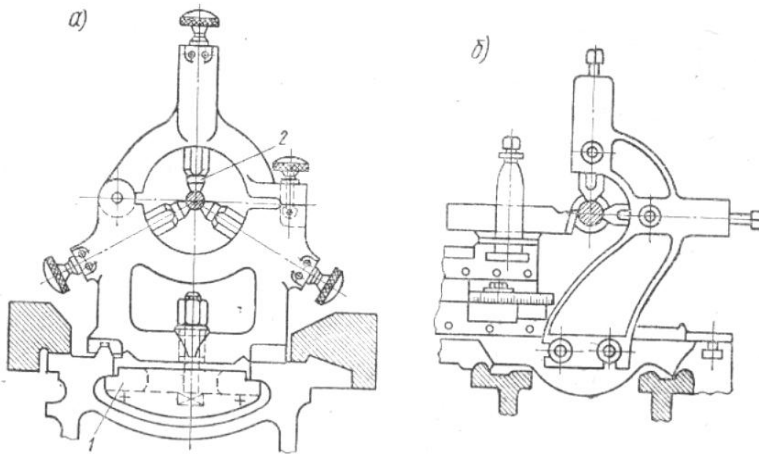


Рис.2.5. Люнеты: а) –неподвижный; б) подвижный; 1-планка крепления к направляющим станины(салазкам); 2- кулачок

Наладка и установка инструмента и заготовок. После выбора необходимых для работы **резцов** выполняется их установка в резцедержатель. При этом следует соблюдать ряд правил их установки:

- вершина резца должна находиться на одном уровне с осью вращения заготовки, что обеспечивается путём установки прокладок из тонколистовой стали между нижней опорной поверхностью тела резца и резцедержателем. Наладка осуществляется по шаблону, установленному на поперечных салазках суппорта. При его отсутствии - по вершине конуса неподвижного центра, вставленного в шпиндель или пиноль задней бабки;
- при работе с резбовыми или фасонными резцами важно выставит их строго перпендикулярно к оси вращения заготовки;
- вылет резца (длина консоли) из резцедержателя не должен быть более 1,5 высоты державки (тела) резца;
- резец должен быть надёжно закреплён в резцедержателе не менее, чем двумя винтами крепления.

Кроме резцов на токарном станке используются свёрла, зенкеры, развёртки и метчики, которые закрепляются в пиноли задней бабки как непосредственно с помощью конического хвостовика и переходных конусов, так и в съёмном специальном патроне.

Установка **заготовки** выполняется с учётом особенностей обработки соответствующей поверхности, конфигурации и размера самой заготовки, требований точности при условии обеспечения требуемой жёсткости и надёжности закрепления.

Установка заготовки в 3-х кулачковый самоцентрирующий патрон осуществляется для обработки наружных и внутренних поверхностей тел вращения и подрезке их торца, когда отношение длины заготовки к её

исходному диаметру не превышает 4. Для повышения точности центрирования патроном можно пользоваться чугушной разрезной втулкой. Эту втулку, обработанную начерно, разрезают вдоль образующей, зажимают в кулачки патрона и растачивают по диаметру детали, которая будет в ней обрабатываться. На время растачивания в место разреза кладут медную прокладку, которая после растачивания убирается. Кроме повышения точности установки разрезная втулка предохраняет поверхность детали от повреждений кулачками патрона и повышает жёсткость закрепляемой детали типа втулки или кольца.

При значении этого отношения более 4, установка предполагает использование помимо патрона ещё и упорного центра задней бабки, либо точение в центрах, когда применяется поводковый патрон и два гладких неподвижных центра, установленных в шпинделе и пиноли.

При отношении длины заготовки к её диаметру более 8-10 для обработки наружных поверхностей следует использовать неподвижный или подвижный люнет (промежуточная опора, предотвращающая потерю жёсткости заготовки под действием сил резания). Люнеты неподвижные, закрепляются на направляющих станины станка, а подвижные - на суппорте станка со стороны задней части обрабатываемой заготовки, напротив резца и перемещаются вместе с суппортом.

Установка режима резания. Выбранные частоту вращения заготовки и подачу следует устанавливать на токарных станках в соответствии с рекомендациями в паспорте и в зависимости от особенностей их конструкции.

Установка глубины резания осуществляется маховиком (рукояткой) поперечной подачи по лимбу, нанесённому на её барабане. Для чего включается вращение заготовки, вершина резца подводится до касания с обрабатываемой поверхностью вращающейся заготовки со стороны её правого торца. Маховиком продольной подачи суппорт отводится вправо, обеспечивая свободное пространство резцу порядка 5-7 мм от торца. В этом положении подвижная шкала барабана поперечной подачи устанавливается в нулевое положение без изменения положения вершины резца. Вращением маховика поперечной подачи по часовой стрелке и в соответствии с числом делений лимба, резец перемещается в требуемое положение, соответствующее устанавливаемой глубине резания. Количество делений лимба поперечной подачи рассчитывается исходя из разности диаметров заготовки и детали, отнесённых к цене деления лимба.

Например, диаметр заготовки 20мм, диаметр обработки – 18 мм, а цена деления лимба 0,05 мм (значит, при установке резца на одно деление диаметр уменьшится на 0,05 мм). Следовательно, необходимо уменьшить диаметр на 2 мм, тогда требуемая глубина резания составит 1 мм. Число делений лимба поперечной подачи определяем так: 2 мм делим на 0,05мм и получим 40 делений шкалы. Именно в этом случае глубина резания (толщина срезаемого слоя металла) составит 1мм.

Особенности обработки деталей на токарных станках

На токарных станках выполняют следующие основные виды работ: подрезку торцов; центровку; обточку наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, в том числе и эксцентричных; обработку сквозных и глухих отверстий, точение конусов и фасонных поверхностей; нарезание резьбы.

Центрование. Операция центрования состоит в получении на торцах заготовок центровых отверстий (гнезд) для установки в них токарных центров, которые применяют для крепления длинных деталей при их изготовлении или правке. Для уменьшения трения между неподвижным центром и обрабатываемой деталью необходимо обильно смазывать центровое отверстие или применять вращающиеся центры, закрепляемые в подшипниках. Центровка производится при помощи свёрл и конических зенковок или специальными комбинированными центровочными свёрлами.

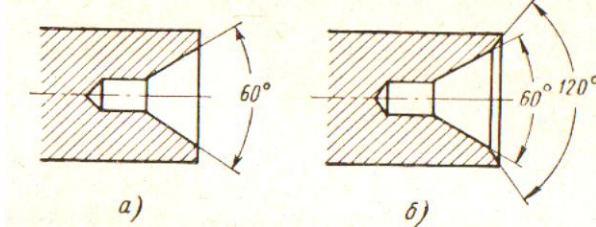


Рис.2.6. Центровые гнезда (отверстия): а) простое без предохранительного конуса; б) с предохранительным конусом

Обработка торцовых плоскостей и уступов осуществляется подрезными резцами (планирование торца), а **отрезка** – отрезными. Подрезание торца может осуществляться при закреплении заготовки с короткой консольностью в 3-х кулачковом патроне или при закреплении в центрах с использованием так называемого полуцентра (неподвижный конус с лыской на конической части) или при условии формирования 3-х конусного центрового отверстия - специальным комбинированным центровым сверлом.

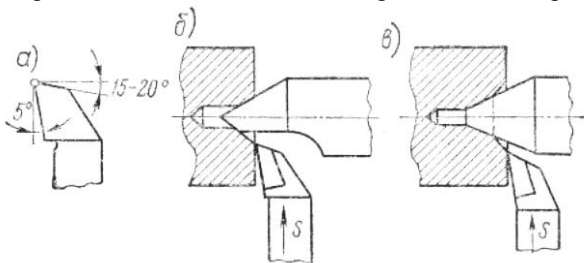


Рис.2.7. Геометрия подрезного резца и способы формирования торца при использовании полуцентра и 3-х конусного центрового отверстия

Торцовые поверхности небольших диаметров (10-12 мм) подрезаются в один проход резца продольной подачей. При большем диаметре-подрезные резцы с глубиной резания 0,3-0,5 мм при небольшой поперечной подаче, обычно направленной от центра к периферии. Повторяя этот приём несколько раз получают правильный и чистый торец .

Подрезание уступов небольшой высоты (5-6 мм) производится проходными упорными резцами продольной подачей. Обработка более высоких уступов осуществляется ступенями. Для этого используют подрезной резец. При этих работах длина прохода небольшая, поэтому скорости резания могут выбираться несколько большие, чем при продольном точении.

Прорезание канавок осуществляется отрезными резцами, длина рабочей части должна быть на 2-3 мм больше глубины канавки. Если канавка формируется за один проход, то ширина резца берётся равной ширине канавки. Когда ширина большая, то ширина режущей кромки выбирается несколько больше половины ширины канавки и осуществляется прорезание двумя проходами. Подача при прорезании канавок обычно ручная от 0,05 мм/об при ширине резца 2 мм и до 0,2 мм/об при ширине резца близка к 10 мм. Скорости резания при этом небольшие.

Обработка поверхностей в оправках

Существует много разнообразных конструкций оправок, они могут быть цельными и разжимными, цанговыми и упругими, шпиндельными и для закрепления деталей за резьбовые отверстия и т.п.

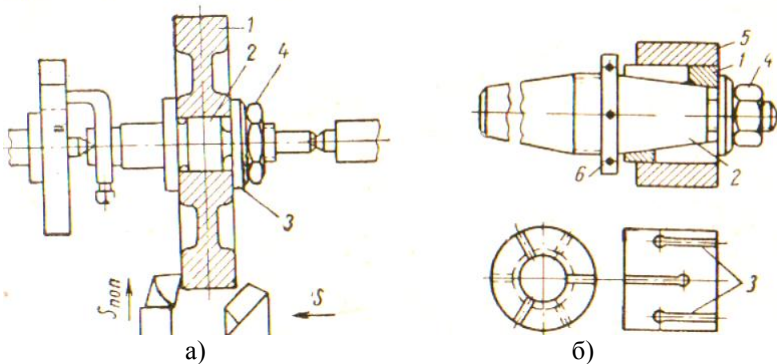


Рис.2.8. примеры использования оправок а) обработка диска на цельной цилиндрической оправке; б) обработка втулки на разжимной оправке

Обточка наружных цилиндрических поверхностей заготовок осуществляется при закреплении их в патроне; на планшайбе; в патроне и центрах; в центрах; на оправке.

Способ закрепления детали при черновой обработке выбирается в зависимости от формы, размеров, назначения и т.д. При черновом обтачивании заготовок снимаются стружки больших сечений, вследствие чего возникают

значительные силы резания, под действием которых деталь может быть вырвана из патрона. Поэтому закрепление детали должно быть особенно прочным.

Чтобы резец во время работы не вибрировал, вследствие чего возможно выкрашивание его режущей кромки, длина вылета резца должна составлять 1,5-2 высоты тела резца и надёжно закреплён тремя винтами резцедержателя.

Глубина резания при черновом обтачивании обычно выбирается несколько меньше полного припуска на обработку. Подача выбирается с учётом сечения резца и диаметра обрабатываемой заготовки в пределах 0,3-0,9 мм/об (с увеличением сечения резца и роста глубины резания).

Определение скорости резания зависит от природы обрабатываемого материала, состояния его поверхности и материала режущей части и сечения тела резца, его геометрических характеристик. При этом необходимо пользоваться справочными данными.

Чистовая обработка заключается в получении поверхности с малой шероховатостью, точных по форме и размерам. При невысоких требованиях к чистоте поверхности чистовую обработку часто ведут обычными проходными резцами, руководствуясь общими правилами выбора инструментальных материалов, углов резания и доводки режущей кромки. Для более чистой и точной обработки применяют чистовые резцы (например, с широкой режущей кромкой).

Припуски при чистовом обтачивании назначаются в зависимости от диаметра и длины детали.

Глубина резания должна быть небольшой и обычно равна половине припуска. Чем выше требования точности и шероховатости, тем меньше глубина резания, в особо ответственных случаях – до 0,1 мм.

Поддачи выбираются в зависимости от требуемой чистоты обработанной поверхности, материала резца, вспомогательного угла, величины подачи и скорости резания в пределах от 110 до 300 м/мин.

Применение охлаждающей жидкости облегчает отделение стружки, поверхность более чистая, без раковин. Повышение чистоты поверхности можно достигать опиливанием с последующим полированием абразивным полотном (шкуркой).

Более производительными способами отделки является обкатывание роликом или шариком.

Короткие детали с отношением длины к диаметру менее 4 ($l/D < 4$) при точении закрепляют в патроне. При отношении $4 < l/D < 10$ деталь закрепляют в центрах или патроне и центром задней бабки, а при $l/D > 10$ обрабатываемые детали крепят в центрах (или патроне и центре) и поддерживают люнетом. При использовании неподвижного центра для уменьшения трения и нагревания следует заполнять центровое отверстие густой (консистентной) смазкой. Детали типа втулок, заготовок зубчатых колёс и др., имеющие уже

обработанные отверстия для получения концентричности наружных и внутренних поверхностей, а также для перпендикулярности торцевой поверхности к оси детали, целесообразно обрабатывать на оправке. Точение на оправках применяют обычно при чистовой обработке.

Обработку отверстий производят при помощи свёрл, зенкеров, развёрток и расточных резцов. Свёрла, зенкеры и развёртки закрепляют в патронах, установленных в пиноли задней бабки. Иногда свёрла крепят в специальных державках на суппорте станка.

Свёрла с коническим хвостовиком вставляются в гнездо пиноли задней бабки. Свёрла с цилиндрическим хвостовиком закрепляются в сверлильном патроне, вставляемом в гнездо пиноли задней бабки. Перед сверлением заготовку следует зацентрировать коротким спиральным сверлом большего диаметра или специальным центровочным сверлом. При этом условии поперечная режущая кромка сверла не работает и сверло не уходит от правильного положения.

Подача сверла осуществляется вручную, поворотом маховика пиноли задней бабки.

Для общего представления о величинах режима резания можно считать, что при сверлении отверстий диаметром 5-30 мм подача принимается 0,1-0,3 мм/об, скорость резания при этом около 30 м/мин. Сверление отверстий в чугуне производится без охлаждения, а стальные детали-с водной эмульсией.

Рассверливание отверстий возникает тогда, когда их диаметр значительный. На практике принято диаметр первого сверла брать около половины второго. Более чистые и точные отверстия будут при использовании для рассверливания зенкеров и последовательно за зенкерованием-развёртыванием.

Для увеличения размеров отверстия может быть применено растачивание резцами аналогично процессам формирования наружных поверхностей. Причём, при чистовом растачивании отверстий резец следует устанавливать несколько выше линии центров станка. Припуски на черновое растачивание определяются характером заготовки и снимаются за несколько рабочих ходов или несколькими резцами.

Обработка конических поверхностей. Конические поверхности могут быть получены смещением задней бабки в поперечном направлении, поворотом верхней части суппорта, при помощи конусной (копировальной) линейки и применением резца с широким режущим лезвием. Получение конических поверхностей путём поперечного смещения задней бабки позволяет обработать поверхность с углом конуса не более 8-10°. Смещение задней бабки на величину h производят, используя деления на торце опорной плиты и риску на корпусе задней бабки по формуле: $h = L \sin \alpha$, где $Tg \alpha = D-d / 2 l$, откуда $\sin \alpha = D-d / 2 l$, при малых угла $\sin \alpha \sim tg \alpha$, тогда $h = L (D-d) / 2 l$; при $L=l$, $h = D-d / 2$.

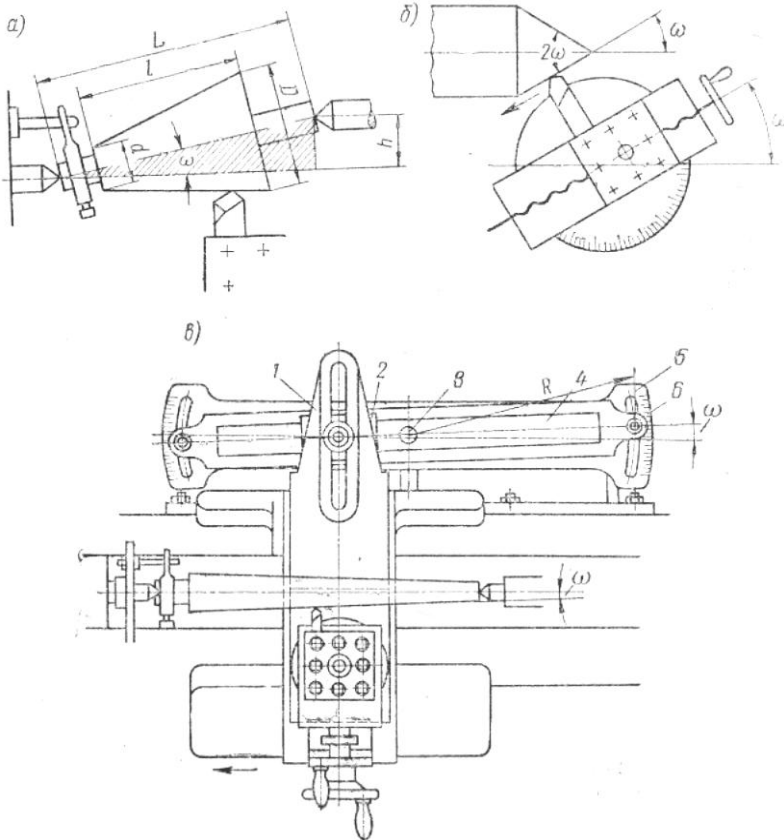


Рис.2.9. Схема формирования конической поверхности: а) смещением задней бабки в поперечном направлении; б) формирование конической поверхности поворотом верхних салазок суппорта; в) схема формирования конической поверхности по копировальной линейке.

Достоинством метода а) является возможность обработки длинных конических поверхностей. К недостаткам – невозможность растачивания конических внутренних поверхностей отверстий; сильное затираение в центрах и большая разработка центровых отверстий заготовки; ограничения по режиму обработки. Для улучшения положения центров в центровых отверстиях их выполняют с шаровыми, а не коническими наконечниками.

Обработка конических поверхностей поворотом верхней части суппорта. Этот способ применяется при обработке конических наружных и внутренних поверхностей с большим углом конуса. Для чего верхняя часть суппорта поворачивается так, чтобы перемещение вершины резца происходило вдоль образующей обтачиваемого конуса.

При этом верхние салазки суппорта поворачиваются на угол α , равный углу конуса и 2α при вершине. Подачу резца при этом производят от руки, вращая маховик винта перемещения верхней части суппорта.

Обработка конических поверхностей с применением конусной (копировальной) линейки. Этот способ можно применять при наличии оснащения токарного станка специальным приспособлением – конической линейкой и возможностью отсоединения винта поперечной подачи от ходовой гайки.

К станине станка прикрепляется жёстко плита, на которой устанавливается линейка. Линейка настраивается на требуемый угол к оси обрабатываемой детали и фиксируется в этом положении крепёжными винтами. По линейке свободно перемещается ползун, жёстко соединённый с суппортом при помощи тяги и зажима. При продольном перемещении суппорта резец совершает два движения (наклонная подача): продольное и поперечное принудительно от конусной линейки, что и обеспечивает его перемещение вдоль образующей конуса. Применение конусной линейки имеет ряд преимуществ:

- простота настройки;
- возможность растачивания внутренних конических поверхностей;
- применение при точении как ручной, так и механической подачи.

Для обработки фасонных поверхностей устанавливают вместо линейки фасонный копир (копировальная линейка) с профилем, соответствующим профилю детали.

Обработка конусов можно производить при помощи **гидросуппорта**, устанавливаемого на специальных поперечных салазках позади станка. Гидросуппорт перемещает резец аналогично способу точения конусов поворотом верхних салазок.

Обработку конических поверхностей со сравнительно небольшой длиной (высотой) конуса (до 50 мм) можно производить резцами с **широким режущим лезвием** и с углом в плане φ , соответствующим углу наклона конуса обрабатываемой детали. В этом случае резцу сообщают подачу в поперечном или продольном направлении.

Обработка эксцентрических поверхностей. Для обработки эксцентричных поверхностей необходимо сместить ось вращения обрабатываемой заготовки на величину эксцентриситета – e . Это можно осуществлять применением специальных оправок или патронов с независимым перемещением кулачков: 3-х и 4-х кулачковые, путём установки подкладок соответствующей толщины на один из 3-х кулачков самоцентрирующего патрона, либо самоцентрирующих патронов с регулируемыми кулачками.

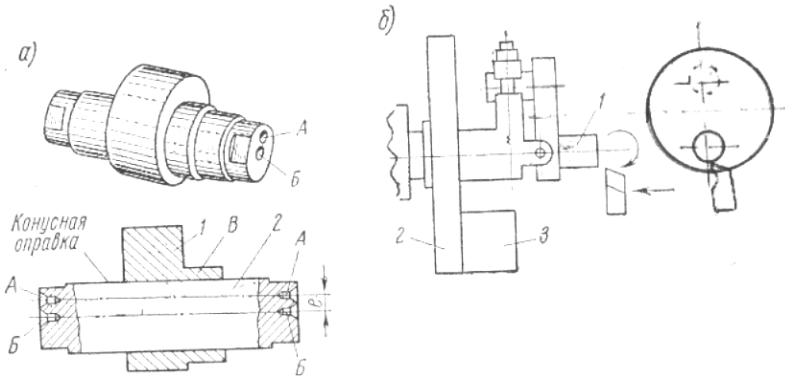


Рис.2.10.Схемы обработки эксцентрических поверхностей

а) схема обработки эксцентричной поверхности с использованием оправки, снабжённой двумя центровыми отверстиями, со смещением оси эксцентриситета на величину e , 1 можно обточить при помощи оправки 2, имеющей центровые углубления А и Б, эксцентрично расположенные по отношению к поверхности, на которую одевается заготовка. Эксцентриситет оправки e должен быть равен половине эксцентриситета детали; б) при обточке шейки 1 колёчатого вала заготовка устанавливается так, чтобы ось этой шейки совпала с осью вращения. Планшайба 2, предназначенная для обработки кривошипных шеек, снабжается противовесом 3, уравнивающим при вращении эксцентрично расположенную массу патрона и заготовки.

Обработка конических отверстий может производиться расточным резцом, при повёрнутых верхних салазках суппорта, с помощью конусной копировальной линейки и развёртыванием. При формировании конического отверстия в сплошном материале его предварительно просверливают сверлом на 2-3мм меньшего диаметра, чем малый диаметр конуса.

Развёртывание конических отверстий нормализованных размеров (конус Морзе) осуществляется комплектом конических развёрток, состоящим из 3 шт.

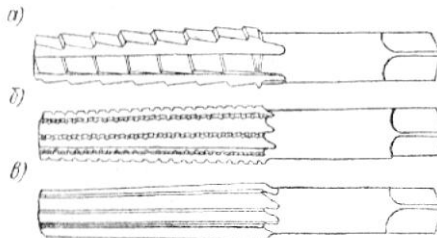


Рис.2.11. Конические развёртки: а) обдирочная; б) промежуточная; в) чистовая

Каждая из таких развёрток имеет коническую часть, соответствующего размера отверстия, для обработки которого оно предназначается, и цилиндрический хвостовик, заканчивающийся квадратом. Первая развёртка- обдирочная имеет порядка 6 зубьев, они сделаны ступенчатыми с расположением ступеней по винтовой линии. Вторая развёртка имеет значительно большее число зубьев, но также ступенчатых (для разделения снимаемой стружки на части). Третья – чистовая развёртка имеет прямые ровные зубья и их число больше, чем у второй. Сверление исходного отверстия выполняется на 0,5-1,0 мм меньше малого диаметра первой развёртки. Комплект предназначен для обработки конических отверстий со сравнительно малыми уклонами раскрытия конуса.

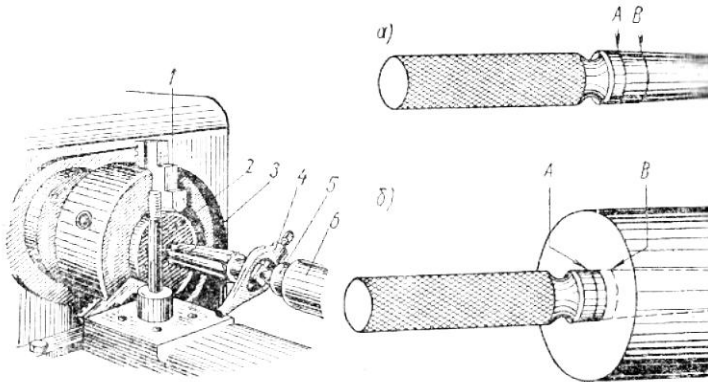


Рис.2.12. Схема установки развёртки на токарном станке и проверка конического отверстия калибром-пробкой

Нарезание резьбы на токарных станках и автоматах

Выступающая винтовая линия на цилиндрической поверхности называется **резьбой**. Винтовой выступ резьбы называется **витком**. **Профилем резьбы** является сечение её витка, проходящее через ось цилиндра.

Углом профиля называется угол между боковыми сторонами витка. **Вершиной** профиля – угол, касательный внешней образующей цилиндра, а **впадиной** - дно винтовой канавки. **Шаг резьбы** – расстояние между двумя соседними вершинами профиля резьбы.

Различают три диаметра резьбы: наружный, внутренний и средний.

В машиностроении приняты следующие системы резьбы, различающиеся прежде всего по профилю: треугольные (метрическая, дюймовая и трубные), трапецидальные, прямоугольная, упорные и круглые.

Наиболее распространёнными являются метрические резьбы с крупным (крепёжные) и мелким шагом. У всех резьб угол профиля равен 60° . Шаг метрических резьб измеряется в миллиметрах. Выступы и впадины имеют плоскую форму.

Угол профиля впадины дюймовой резьбы равен 55° , шаг выражается числом витков на 1 дюйм. Дюймовая резьба имеет зазоры по вершинам и впадинам, как в прочем и метрическая. Дюймовую резьбу имеют детали некоторых импортных машин.

Трубная резьба имеет угол профиля впадины 55° , причём вершина и впадина профиля закруглены. Шаг трубной резьбы выражается числом витков на 1 дюйм. Трубная резьба не имеет зазоров по вершинам и впадинам и обеспечивает водонепроницаемость. Этой резьбой снабжаются главным образом водо – и газопроводные трубы и различные фитинги (муфты, угольники, тройники и контргайки), применяемые для соединения труб.

Профиль трапецеидальной резьбы- равнобедренная трапеция с углом, равным 30° . шаг трапецеидальной резьбы измеряется в миллиметрах. Трапецеидальные резьбы имеют зазоры. Существуют крупная, нормальная и мелкая трапецеидальные резьбы. Применяют на винтах для преобразования вращательного движения в поступательное.

Профиль прямоугольной резьбы – в большинстве случаев квадрат со сторонами, равными половине шага, измеряемого в миллиметрах или числом витков на 1 дюйм. Эта резьба не имеет зазоров. Не стандартизована и постепенно вытесняется трапецеидальной.

Упорная резьба несимметрична имеет угол при вершине 30° . Соприкосновение винта и гайки происходит между сторонами, воспринимающими нагрузку (прямые), а также между вершинами винта и впадинами гайки. По остальным участкам профиля имеется зазор. Применяется на муфтах трубопроводов, соединяющих компрессоры с резервуарами со сжатым воздухом под сильным давлением, а также в винтах гидравлических прессов, домкратов и т.д.

Профиль круглой резьбы составлен двумя дугами окружностей, сопрягающихся непосредственно или соединённых небольшими прямолинейными участками, параллельными или расположенными под углом 30° . Круглая резьба применяется для соединения деталей, соприкасающихся с жидкими средами, имеющими в своём составе абразивные или твёрдые частицы (быстроизнашивающиеся детали).

Наружную метрическую и дюймовую резьбу на токарных станках нарезают резьбовыми резцами и плашками (лерками), а внутреннюю – резцами и метчиками. Угол профиля резьбового резца (угол при вершине) должен быть для метрической резьбы 60° , а для дюймовой и трубной – 55° .

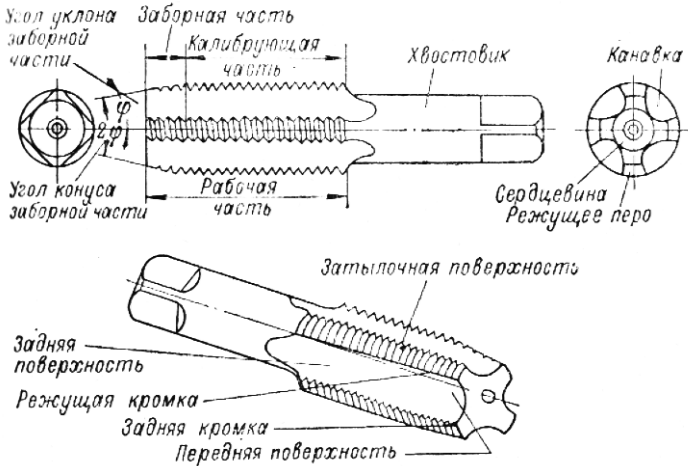


Рис.2.13. Метчик для нарезания внутренней резьбы и его элементы

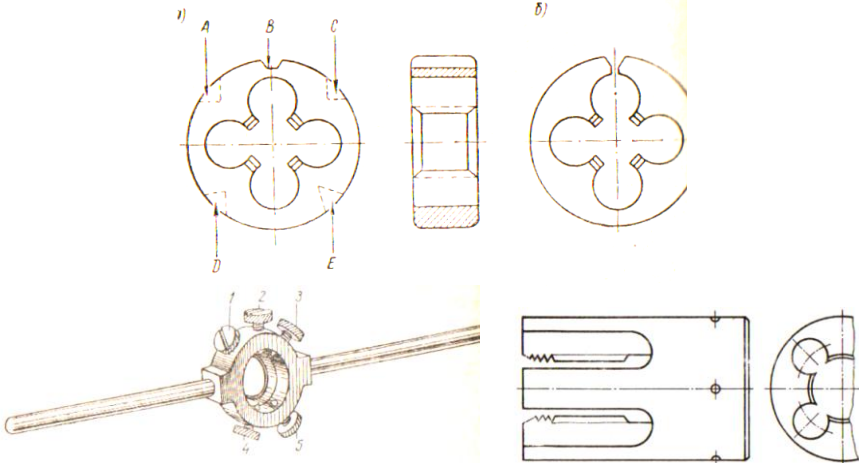


Рис.2.14. Круглые плашки и вороток для них: а – неразрезная; б-разрезна. При нарезании плашкой винт 2 входит в паз В, имеющийся на плашке, а винты 4 и 5 в отверстия D и E . Трубчатые плашки (рис.2.14,в) применяют на револьверных станках, обеспечивая высокое качество резьбы благодаря свободному выходу стружки.

Подготовка детали для нарезания на ней резьбы плашкой состоит в точении нарезаемого участка диаметром несколько меньшим, чем наружный диаметр резьбы (условно на 0,1- 0,2 мм при диаметрах стержня до 10 мм и 0.12- 0,24 при диаметрах 20-30 мм), а конец нарезаемой детали должен иметь фаску шириной 2-3 мм. Плашка закрепляется в прашкодержателе (вороток).

Вороток удерживается руками, так чтобы плашка была расположена в плоскости, перпендикулярной к оси нарезаемой резьбы.

Диаметры отверстия, подготовленного для нарезания метчиком, можно определять по правилам, относящимся к подготовке отверстия под нарезание отверстия резцом: $d_c = d - S$

Где d_c - диаметр сверла, мм; d - наружный диаметр резьбы, мм; S - шаг резьбы, мм.

Перед нарезанием резьбы в отверстии надо сделать внутреннюю выточку на торце детали диаметром, равным наружному диаметру резьбы.

При нарезании резьбы в несквозных (глухих) отверстиях в конце нарезаемого участка следует расточить канавку для выхода резьбы, диаметром на 0,2-0,3 мм больше наружного диаметра резьбы.

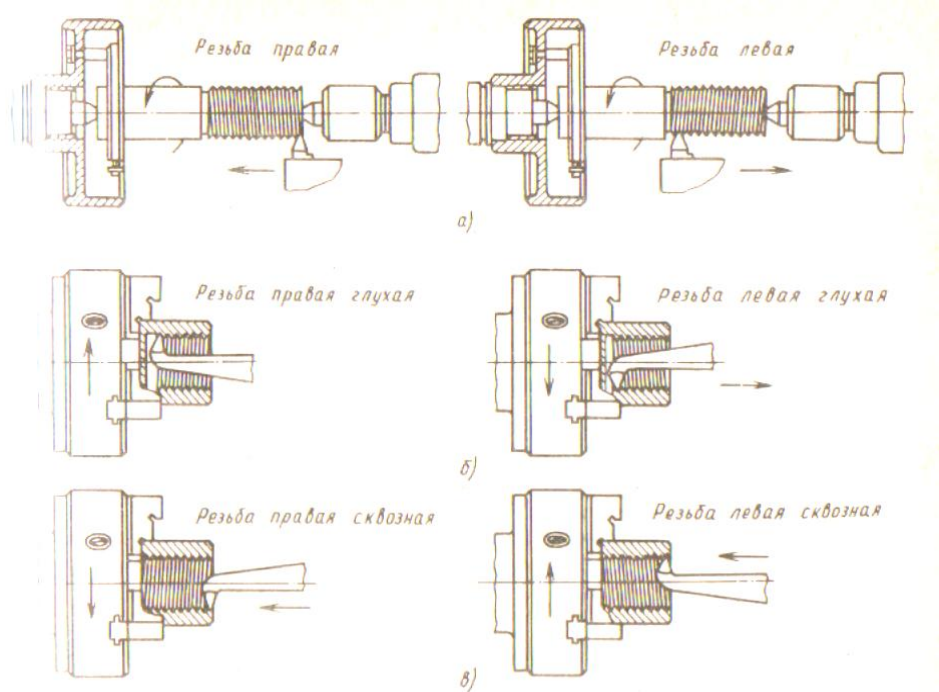


Рис.2.15. Схемы нарезания резьбы: а-правая и левая; б-правая и левая глухая; в- правая и левая сквозная

Нарезание метрической резьбы производится обычно двумя резцами – черновым и чистовым. Для облегчения рационального распределения работы резания черновой резец имеет угол профиля около 50° , а чистовой – 60° . Нарезание резьбы осуществляется за несколько проходов с глубиной резания 0,6-0,7 мм, причём последний ход – зачистной.

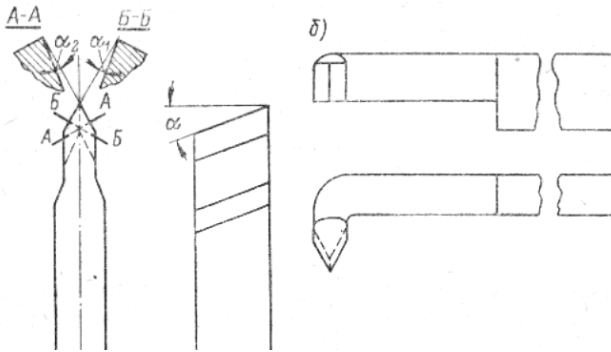


Рис.2.16. Резцы для нарезания наружной и внутренней треугольной резьбы

Резцом резьба образуется за несколько проходов. После каждого прохода резец перемещается ходовым винтом суппорта в исходное положение, затем устанавливается на требуемую глубину резания и повторяется рабочий ход, повторяя перечисленные переходы до полного формирования профиля резьбы.

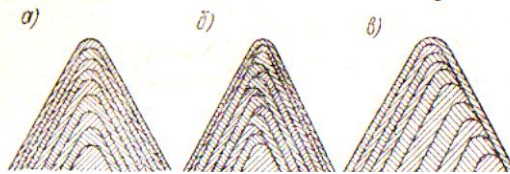


Рис.2.17. Способы углубления резца при образовании винтовых канавок резьбы

Если шаг нарезаемой резьбы не превышает 2 мм, углубление резца при каждом новом черновом проходе осуществляется поперечной подачей рис.2.17, а. Следует отметить, что стружки, снимаемые одновременно обеими режущими кромками резца, сталкиваются, вследствие чего резец рвёт поверхности профиля резьбы. Во избежание этого при каждом новом проходе резца его немного смещают вправо и влево продольной подачей верхних салазок. Резец работает при этом только одной режущей кромкой рис.2.17,б. Углубление резца при последнем проходе осуществляется только продольной подачей. Если шаг нарезаемой резьбы более 2 мм, углубление его производится перемещением верхних салазок суппорта, установленных под углом 30° к оси станка, если нарезается дюймовая или трубная резьба - то $27^\circ 30'$. Резец работает только левой режущей кромкой рис.2.17, в.

При нарезании правой резьбы шпинделю дают прямой ход и подачу от задней бабки к передней, холостой ход – обратным вращением ходового винта, а при нарезании левой – шпиндель также имеет прямой ход, но подача уже осуществляется от передней бабки – к задней путём переключения трэнзеля.

При нарезании резьбы рекомендуется применять СОЖ (суспензию, сурепное масло, сульфозреол), которые увеличивают стойкость режущего инструмента и уменьшают шероховатость поверхности.

Нарезание прямоугольной и трапецидальной резьбы. Это наиболее сложная задача, т.к. требует применения специального резца, профиль которого затачивается по специальному шаблону. У таких резцов передний угол обычно равен 0, а главный задний составляет 5-6°. На боковых поверхностях резца с обеих сторон делается поднутрение с углами 2-3°. Главное режущее лезвие устанавливают параллельно оси детали и точно по линии центра шпинделя станка. В этом случае углы на боковых поверхностях резца будут различны.

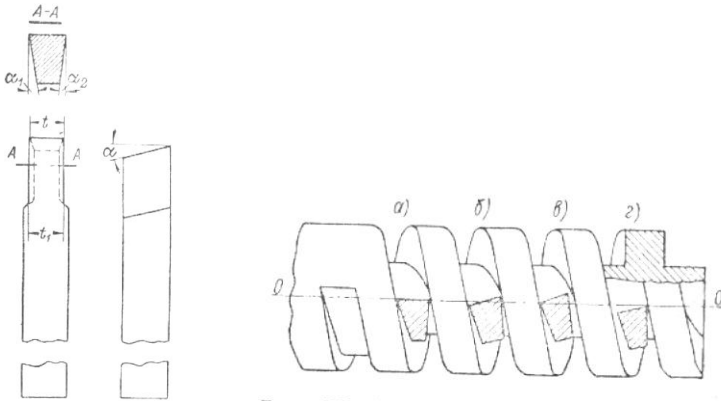


Рис.2.18. Резец для нарезания прямоугольной резьбы и способ установки резца для её формирования

Трапецидальную резьбу с большим углом подъёма нарезают аналогично прямоугольной

Высокопроизводительные способы формирования резьбы

Современные токарные станки имеют механизм подачи, обеспечивающий настройку на любой шаг резьбы без помощи сменных зубчатых колёс. Нарезание резьбовыми резцами является малопроизводительной операцией, т.к. для формирования полного профиля резьбы необходимо сделать большое число рабочих ходов.

Нарезание наружной резьбы на сверлильных, револьверных, болторезных станках и автоматах резьбонарезными головками является более совершенным, производительным и точным способом. Резьбонарезные гребёнки представляют собой как бы несколько резьбовых резцов (от 2 до 8), соединённых в ряд. Гребёнки имеют приёмную часть со срезанными зубьями (обычно 1-3 зуба) и направляющую часть – остальные зубья. Применение этого способа не требует большого числа ходов, а обеспечивает формирование

резьбы за один проход. В зависимости от размещения головок различают следующие типы схем: - с радиальным размещением головок а) для точной резьбы; с тангенциальным б) расположением гребёнок для менее точной резьбы

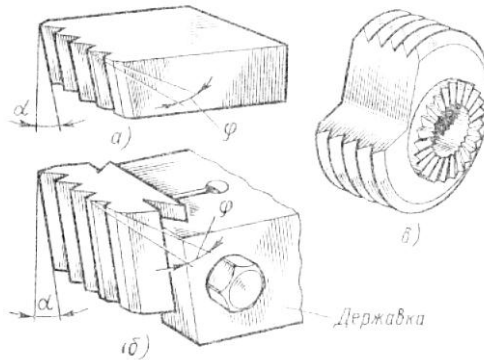


Рис.2.19. Резьбовые гребёнки: а-стержневая; б-призматическая; в-круглая

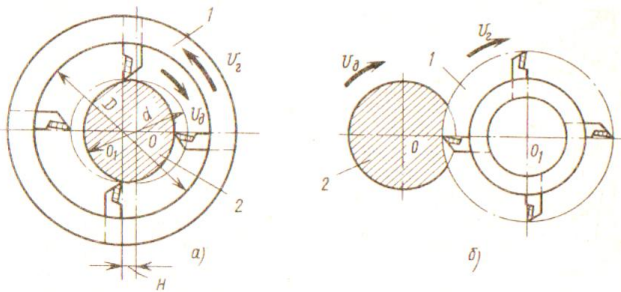


Рис. 2.20. Схема четырёхрезцовоы головки для нарезания наружной резьбы: а-с внутренним касанием; б-с наружным касанием; 1-головка; 2-деталь

Эффективным способом повышения производительности труда при нарезании резьбы является применение вращающихся резцов, т.н. вихревое нарезание резьбы. Это когда обрабатываемая заготовка вращается с частотой 30-300 об/мин (в зависимости от материала детали, её диаметра и шага нарезаемой резьбы), а один из резцов, закреплённых в резцовой головке, вращается с частотой 1000-3000 об/мин, периодически (один раз за каждый оборот головки) приходит в соприкосновение с обрабатываемой поверхностью. В головках закрепляют один, два или четыре резца. Резцовая головка закреплена на шпинделе, расположенном эксцентрично по отношению к оси обрабатываемой детали. Этим способом можно формировать как наружные, так и внутренние резьбы диаметром более 50 мм, 7-го квалитета точности, с шероховатостью $R_a = 2,5-1,6$ мкм

Вихревое нарезание резьбы

Нарезание резьбы вращающимися резцами является эффективным производительным способом. Вихревой способ даёт высокую точность и малую шероховатость поверхности. Он применим для нарезания наружных и внутренних резьб.

Обрабатываемая поверхность вращается по оси центров станка (рис.2.21) с частотой от 20 до 300 об/мин в зависимости от размеров резьбы и материала заготовки. Резцовая головка с одним, двумя или четырьмя твёрдосплавными резцами вращается вокруг собственной оси с окружной скоростью 150-400 м/мин. За один полный оборот заготовки суппорт с головкой перемещается вдоль оси на один шаг винтовой линии. Окружная подача составляет 0,2-0,4 мм на оборот одного резца. Работа ведётся без охлаждения.

Фрезерование резьбы

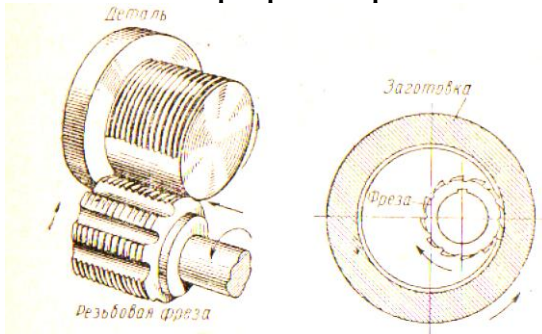


Рис.2.22. Схема работы гребенчатых резьбовых фрез при нарезании наружной и внутренней резьбы

Фрезерование наружной и внутренней резьбы проводят как на фрезерных, так и сверлильных станках дисковыми, гребёнчатыми или групповыми фрезами. Гребёнчатая резьбовая фреза представляет собой как бы несколько дисковых резьбовых фрез, соединённых вместе (групповые). Длину групповой фрезы берут на 2-3 нитки больше длины нарезаемой резьбы, а процесс формирования происходит за 1,25 оборота заготовки. Применение резьбовых гребёнчатых фрез особенно целесообразно при резании резьбы, доходящей до дна глухих отверстий, обеспечивая резьбовую нитку до буртика или дна отверстия.

Накатывание резьбы. Принцип образования наружной и внутренней резьбы накатыванием без снятия стружки. заключается в том, что заготовка прокатывается между двумя параллельно расположенными на определённом расстоянии друг от друга призматическими (плоскими) резьбовыми плашками рис.2.23,а; накатывание роликами рис.2.23,б,в,г.

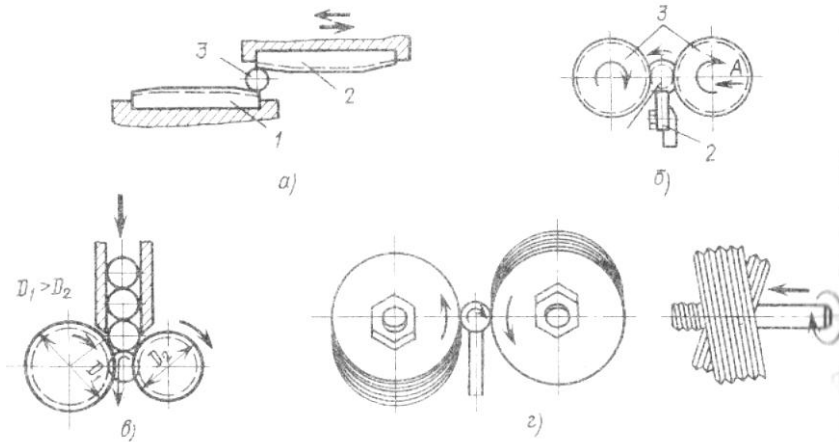


Рис.2.23. Схема накатывания резьбы: а-плоскими плашками; б-двумя роликами с радиальной подачей; в- двумя роликами с тангенциальной подачей; г- накатывание длинной резьбы

При накатывании резьбы плоскими плашками а) плашка 1 неподвижна, а плашка 2 движется возвратно-поступательно. На обращённых друг к другу сторонах плашек нанесена развёртка винтовой поверхности накатываемой резьбы на плоскость. Заготовка подаётся толкателем 3 между плашками, имеющими скошенную заборную часть, и удерживается толкателем 3 ((выполняет функцию упора). Плашка начинает двигаться, увлекая заготовку. По достижении левого конца неподвижной плашки заготовка падает в приёмник.

Накатывание можно проводить роликами Рис.2.23,б (двумя или тремя). При вращении ролик 3 имеет радиальную подачу и при достижении требуемой глубины резьбы наступает выдержка с фиксированным межцентровым расстоянием. В процессе накатывания цилиндрическую заготовку поддерживает упор (нож) 2, установленный между роликами. Профиль нарезки на периферии роликов является зеркальным отражением резьбы изделия.

Накатыванием можно получить резьбу диаметром от 0,3 до 150 мм на деталях из сталей с твёрдостью НВ 120-340, а также из цветных металлов и сплавов с точностью до 5 квалитета и шероховатостью $R_a 0,2-0,1$ мкм.

Обработка фасонных поверхностей

Резцы, режущая кромка которых совпадает с профилем обрабатываемой поверхности, называют фасонными. Если обрабатываемая поверхность детали имеет большие перепады диаметров, то при работе резцом приходится снимать много металла.

Предварительную обработку поверхности необходимо проводить обдирочным резцом. Профиль которого подобен профилю окончательного фасонного резца. Но значительно проще его. Обдирочный резец может иметь передний угол больше нуля.

Фасонная поверхность детали обрабатывается обычно в три приёма, последовательность представлена на рис.2.24, где: а- деталь; б- закрепление заготовки за поверхность и А, затем обрабатываются: В, С, D, Е; в- закрепляется за поверхность С несколькими проходами резца с заготовки снимают слои металла (заштрихованные в разные стороны); г- оставшийся припуск удаляется одновременными подачами: поперечной и продольной. Обработку фасонных поверхностей можно выполнять по шаблонам и копиркам.

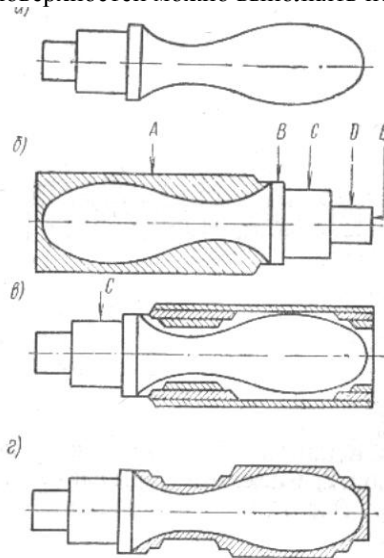


Рис.2.24. Последовательность обработки фасонной поверхности при одновременных продольной и поперечной подачах

Накатывание рифлёных поверхностей

Накатка, которая делается на поверхностях, охватываемых рукой, бывает прямая и косая – сетчатая.

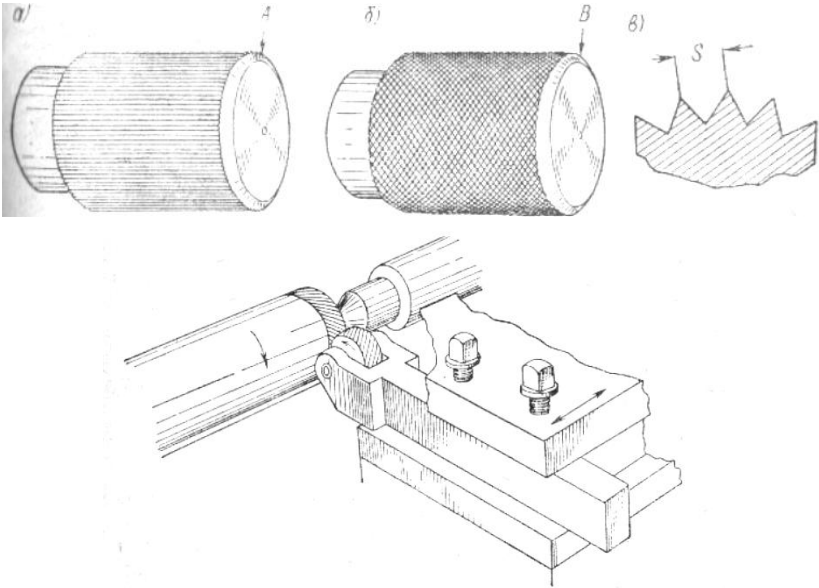


Рис. 2.25. Накатка рифлений на цилиндрических поверхностях: а-прямая; б-косая; в- шаг накатки; закрепление накатного приспособления(державки) в резцедержателе станка

Для получения прямой накатки достаточно одного ролика, а для сетчатой- два: с левой и правой насечками. Аналогичным образом можно пластически деформировать поверхность гладким роликом или шариком для её упрочнения или отделочной обработки.

На рис.2.26 показано: а,б – многороликовое обкатывание цилиндрических поверхностей; в,г –обкатывание канавки и галтели; д- обкатывание торцевой поверхности; е,з- многороликовое раскатывние сферической и конической поверхностей; ж- раскатывание отверстия; и- обкатывние наружной сферической поверхности; к- обкатывние дна шлицев. Обкатывание роликами производится после чистового точения; при обкатке незакалённых поверхностей обкатывание роликами заменяет шлифование.

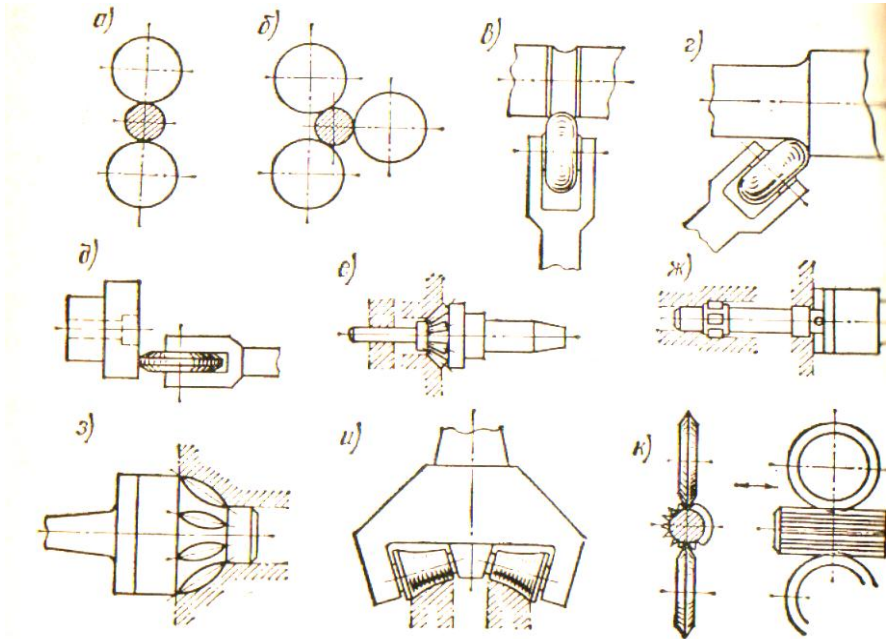


Рис.2.26.Схемы обкатки поверхностей гладкими роликами

Принадлежности для выполнения работы

1. Токарный станок, оснащённый трёхкулачковым самоцентрирующим патроном
2. Набор инструментов и оснастки:
 - 2.1.набор проходных резцов(проходной с $\varphi=45^\circ$ и проходной упорный с $\varphi=90^\circ$)
 - 2.2.резьбовой резец для нарезания метрической резьбы $\varepsilon=60^\circ$
 - 2.3.резец отрезной
 - 2.4.резец подрезной
 - 2.5.центры:-вращающийся и неподвижный
 - 2.6.люнет неподвижный
 - 2.7.патрон сверлильный
 - 2.8.сверло центровочное, спиральное
 - 2.9.метчик, плашка
 - 2.10.резец расточной проходной и канавочный
 - 2.11.обкаточный ролик
3. Заготовка из круглого проката
- 4.Измерительный инструмент

Содержание работы

1. Установить заготовку в патроне, инструмент – в резцедержателе и сверлильный патрон в пиноли
2. Подрезать торец заготовки и зацентрировать
3. Сменить установку заготовки, точить наружные цилиндрическую и коническую поверхности (разными способами согласно заданию преподавателя)
4. Обработать эксцентричные поверхности и просверлить эксцентричные отверстия в торце детали
5. Подготовить поверхности для нарезания наружной и внутренней резьбы мерным инструментом
6. Нарезать резьбу мерным инструментом (наружную и внутреннюю)
7. Провести обкатку обработанной поверхности гладким роликом
8. Провести обработку длинномерной детали с использованием люнета
9. Провести обработку фасонной поверхности вращения
10. Провести измерение выполненных поверхностей
11. Сделать операционные эскизы выполненных работ

Форма представления результатов выполнения лабораторной работы

1. Указать тему задания
2. Сведения об оборудовании, инструментах и приспособлениях (марка станка, вид инструмента, материал и вид заготовки, размеры заготовки, станочное оснащение)
3. Составить технологию выполнения операции по реализации задания (перечень и содержание технологических переходов)
4. Операционные эскизы установки заготовки на станке; эскизы обработки отдельных поверхностей (возможно совмещение на одном эскизе нескольких операционных переходов)
5. Эскиз полученной детали со всеми необходимыми размерами

Форма журнала наблюдений

№ задания	Станок(марка, высота центров, мощность эл.привода)	Режущий инструмент			Режим резания			Операционные эскизы
		Тип резца	Размеры тела	Гл.уг ол в плане	Т м	S Мм/ об	V м/мин	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

6. Выводы по результатам работы

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие виды обработки применяются при точении цилиндрических поверхностей при обработке деталей типа тел вращения?
2. Какие особенности закрепления деталей при черновой и чистовой обработке поверхностей?
3. Какова конструкция инструментов для точения цилиндрических поверхностей?
4. Каким образом и какими методами обтачиваются цилиндрические поверхности?
5. Что влияет на точность обработки валов?
6. Почему растачивание отверстий на станках токарной группы является малопроизводительным способом?
7. Какие существуют схемы растачивания сквозных и глухих отверстий?
8. Почему сверло является более сложным инструментом, чем резец, и каковы его конструктивные характеристики?
9. В чём особенности формирования конических отверстий на токарных станках?
10. Какие инструменты для нарезания резьбы являются мерными?
11. Какие Вы знаете виды резьбы и режущих инструментов для их формирования?
12. В чём состоят особенности нарезания крепёжных и силовых видов резьбы?
13. Для чего проводится накатывание и раскатывание цилиндрических поверхностей?

Лабораторная работа № 3 Фрезерные работы.

Цель работы: 1. Изучить конструкцию горизонтально-фрезерного и вертикально- фрезерного станков, освоить работу на них;

2. Познакомиться с видами движений резания и установкой режимов резания;

3.Изучить конструкцию режущего инструмента;

4. Ознакомиться с видами работ, выполняемых на станках фрезерной группы;

5.Провести обработку плоских поверхностей, пазов и отрезку.

Теоретическая часть

Фрезерование – технологический процесс обработки плоских, фасонных и винтовых поверхностей, нарезание шлицев, резьбы и зубчатых колёс при помощи вращающегося режущего инструмента, называемого фрезой. Фреза представляет собой многозубый режущий инструмент в виде тела вращения, на образующей поверхности или торце которого расположены режущие зубья. Главное движение при фрезеровании – вращение фрезы; движение подачи – поступательное перемещение заготовки или фрезы. Фрезы классифицируются по характеру выполняемых работ; по конструкции зуба; по расположению зубьев относительно оси фрезы и другим признакам.

Существуют ещё резьбовые фрезы, предназначенные для фрезерования резьбы на специальных резьбофрезерных станках.

На деталях часто приходится формировать пазы различного характера, например, под призматические или сегментные шпонки. Пазы под призматические шпонки могут быть закрытые с двух сторон (глухие) или закрытые с одной стороны, а также – сквозные. Сквозные обрабатываются дисковыми трёхсторонними фрезами на горизонтально-фрезерных станках. Фрезерование паза производится, как правило, за один ход.

Глухие шпоночные пазы фрезеруют стандартными шпоночными фрезами. Сначала фреза углубляется на полную глубину паза, а затем включается продольная подача, и паз формируется на полную длину. Чаше пазы формируются за два рабочих хода.

Пазы для сегментных шпонок обрабатывают на станках стандартными фрезами при подаче детали в направлении углубления паза.

Фрезерование шлицевых пазов выполняется дисковыми фасонными фрезами на горизонтально-фрезерных станках, обкаткой шлицевыми червячными фрезами на шлицефрезерных станках или обычных зубофрезерных станках.

По конструкции зуба различают фрезы с остrokонечными и затылованными зубьями.

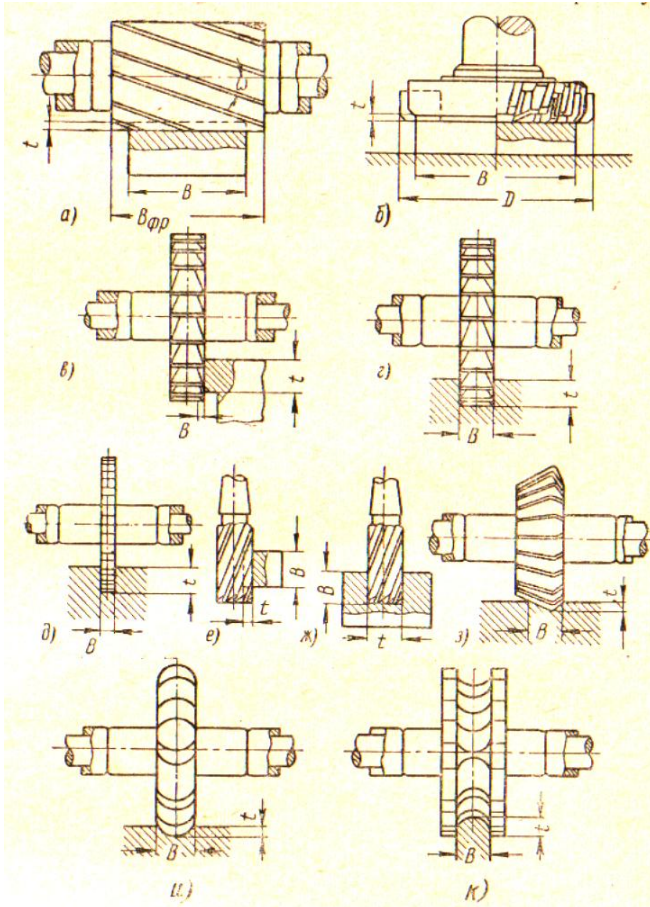


Рис. 3.1. Основные типы фрез: а- цилиндрические, применяются для обработки открытых плоскостей; б – торцовые – имеют зубья на цилиндрической и торцевой поверхностях, применяют для обработки открытых плоскостей; в, г, д – дисковые фрезы применяют для обработки уступов, пазов, лысок, многогранных и других боковых поверхностей на прямоугольных и круглых заготовках (могут быть одно-, двух – и трёхсторонними: в, г, односторонняя дисковая фреза имеет режущие кромки только на цилиндрической части- прямозубая) ; г – прорезные и отрезные применяют для прорезки узких пазов (шлицы винтов и др.) и отрезки заготовок; е, ж – концевые фрезы применяют для обработки плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копиру; з – угловые фрезы применяют для обработки поверхностей, расположенных под некоторым углом; и, к – фасонные фрезы применяют для изготовления сложно-фасонных поверхностей.

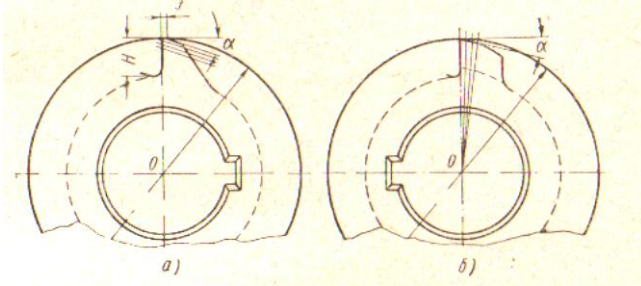


Рис.3.2. Конструкция зубьев фрезы: а- остроконечный зуб; б-затылованный зуб

Фрезы с остроконечными зубьями имеют переднюю и заднюю поверхности плоской формы, что упрощает изготовление фрез. Недостаток остроконечной конструкции зуба – уменьшение высоты зуба - уменьшение высоты зуба после переточки по задней поверхности. У фрез с затылованными зубьями передняя поверхность плоская, а задняя имеет форму архимедовой спирали и при переточке по передней поверхности профиль режущей кромки сохраняется постоянным. Такая конструкция фрез применяется при изготовлении фасонных фрез. По расположению зубьев относительно оси фрезы изготавливают цилиндрические, конические, угловые, торцовые и фасонные. По конструкции фрезы бывают цельные и составные(со вставками из быстрорежущей стали и ли твёрдого сплава).

На рис.3.3 приведена торцовая фреза и её геометрические параметры.

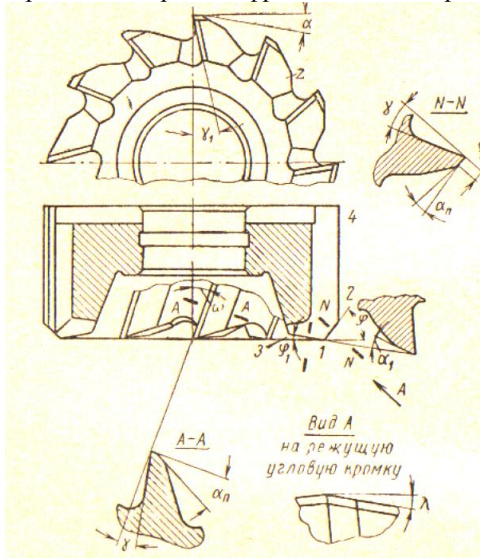


Рис.3.3. Геометрические параметры режущей части фрезы

Зуб торцевой фрезы имеет две режущие кромки: 1-2 – главная, 1-3 – вспомогательная. Главный передний угол γ рассматривается в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке (сечение N-N). Иногда передний угол задаётся в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы. Тогда этот угол обозначается γ' и называют поперечным передним углом. Между углами γ и γ' существует определённая зависимость: для торцовых фрез с угловой режущей кромкой $\text{tg } \gamma = \text{tg } \gamma' \sin \varphi + \text{tg } \omega \cos \varphi$

Для цилиндрических, концевых и дисковых фрез со спиральными зубьями $\text{tg } \gamma = \text{tg } \gamma' \cos \omega$,

где ω – угол наклона спирального зуба к оси фрезы; φ – главный угол в плане.

Главный задний угол α рассматривается в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы. Угол α представляет собой угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы в данной точке режущей кромки и касательной к траектории движения точки режущей кромки, принимаемой за окружность. Иногда задний угол рассматривается в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке (сечение N-N). Тогда этот угол обозначается α_n и называется нормальным задним углом.

Главный угол в плане φ – угол между проекцией главной режущей кромки на осевую плоскость, проходящую через вершину зуба, и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане φ_1 уменьшает побочное трение, у торцовых фрез 2-10°.

Угол наклона главной режущей кромки λ – угол между режущей кромкой и её проекцией на осевую плоскость, проходящую через вершину зуба, оказывает влияние на прочность зуба и стойкость фрезы.

Угол наклона винтовых зубьев ω обеспечивает более равномерное фрезерование и уменьшает мгновенную ширину среза при резании.

Элементы процесса резания при фрезеровании

Фрезерование цилиндрическими фрезами может производиться двумя способами: против подачи, когда фреза вращается против направления подачи – «встречное фрезерование», и по подаче, когда вращение фрезы и направление подачи совпадают – «попутное фрезерование».

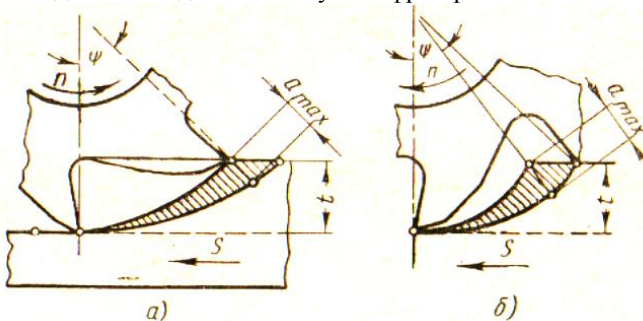


Рис.3.4. Схемы фрезерования: а- встречное; б – попутное.

При встречном фрезеровании толщина снимаемого слоя материала возрастает постепенно: также постепенно увеличивается нагрузка на зуб фрезы. В результате затупления зуба фрезы, некачественной заточки его, некачественной оправки и т.д. режущая кромка, прикоснувшись к наклёпанной поверхности резания, некоторое время скользит по поверхности обрабатываемой детали.

При попутном фрезеровании зуб начинает работать с максимальной толщины среза и сразу, врезаясь в материал, воспринимает наибольшую нагрузку.

Глубина резания t при фрезеровании – толщина срезаемого слоя материала, измеряемая по перпендикуляру к обработанной поверхности.

Подача – перемещение обрабатываемой заготовки относительно фрезы при вращении последней. Различают три вида подач: минутную подачу S_m , подачу на оборот S_o и подачу на зуб S_z . Минутная подача – перемещение обрабатываемой заготовки, измеряемая в мм/об. Подача на оборот – перемещение обрабатываемой заготовки в миллиметрах за один оборот фрезы. Подача на зуб – подача обрабатываемой заготовки в миллиметрах на один зуб фрезы.

Скорость резания и стойкость фрез при резании

Допустимая скорость резания в зависимости от условий фрезерования рассчитывается по формуле

$$V = (C_v D^q / T^m t^x S_z^y B^u z^p) K \quad \text{м/мин}$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия обработки;

T – период стойкости инструмента (фрезы) в мин.

t – глубина резания в мм.

S_z – подача на зуб в мм/зуб;

B – ширина фрезерования в мм.

z – число зубьев фрезы;

q, m, x, y, u, p – показатели степеней ;

K – общий поправочный коэффициент на изменение условий обработки.

Значения коэффициентов и показателей степеней берут из справочников.

Назначение режимов резания при фрезеровании

Глубина резания выбирается в зависимости от припуска на обработку. Надо стремиться вести черновое и получистовое фрезерование за один проход (если это допускается мощностью станка и жёсткостью системы СПИД). Если припуск на обработку более 5 мм, то фрезерование ведут в два прохода: предварительное фрезерование и окончательное фрезерование с припуском 1-1,5 мм.

Подача может быть ограничена следующими основными факторами: шероховатостью обработанной поверхности, прочностью зуба фрезы,

прочностью механизма подачи станка, жёсткостью системы СПИД, прочностью и жёсткостью оправки и др. При черновом фрезеровании стальных заготовок цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали подача в мм. на зуб : 0,06- 0,6; при обработке чугуна: 0,1-0,6.

При черновом торцовом фрезеровании фрезами из быстрорежущей стали 0,04 – 0,6 мм/зуб.

По расчётной скорости резания определяют число оборотов и корректируют по паспорту станка (выбирают ближайшее меньшее число оборотов).

Выбранный режим проверяют по мощности и крутящему моменту на шпинделе станка, а также по максимально допустимой силе подачи.

Крутящий момент и мощность при фрезеровании рассчитывают по формулам:

где M – крутящий момент на фрезе в кГмм;

n – число оборотов фрезы в минуту.

При расчёте мощности, расходуемой на фрезерование по системе СИ, формула будет иметь вид: $N = M_n / 9554$, квт, M – крутящий момент на фрезе в Ньютон-метрах.

Мощность резания должна быть меньше или равна мощности на шпинделе станка: $N \leq N_{шп} = N_m \eta$

где N_m – мощность электродвигателя в квт;

η – к.п.д. станка.

Нарезание цилиндрических и червячных зубчатых колёс

Зубчатые колёса обрабатывают на разнообразных зубообрабатывающих станках. Зубья на колёсах нарезают двумя способами: копированием и обкаткой (огибанием).

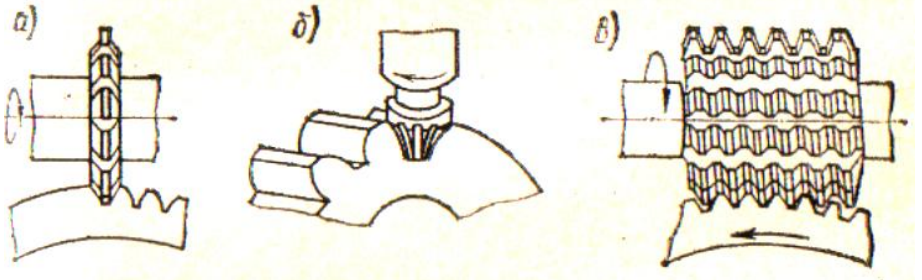


Рис. 3.5. Схемы обработки зубчатых колёс : а-модульной дисковой фрезой; б- пальцевой фрезой; в- нарезание зубчатых колёс червячной фрезой (огибанием)

Нарезание зубьев дисковыми и пальцевыми фрезами (рис.3.5, а,б). Для этого используются дисковые модульные и пальцевые фрезы. Первые представляют собой фасонную фрезу с профилем, соответствующим профилю зубчатого колеса. Профиль впадины зависит от числа зубьев колеса, поэтому

для получения большей точности дисковые модульные фрезы разделяют по номерам (кроме деления по модулям). Применяют комплекты, состоящие из 8; 15 или 26 штук. Каждый номер предназначается для нарезания колёс с определённым числом зубьев. Набор из 8 фрез применяется для нарезания колёс с модулем $m \leq 8$ мм. При $m \geq 8$ мм применяют комплект фрез из 15 номеров. Более точный набор состоит из 26 фрез. После фрезерования каждой впадины заготовку при помощи делительной головки поворачивают на $1/z$ часть оборота для формирования следующей впадины и т.д.

Пальцевая фреза представляет собой фасонную фрезу с профилем, соответствующем профилю впадины зубчатого колеса. Пальцевые фрезы применяют для фрезерования зубьев крупных колёс с $m > 10$ мм, а также для нарезания шевронных колёс.

Недостатками этих способов являются: 1. Низкая точность обработки зуба. 2. Низкая производительность и высокая себестоимость процесса. Этим недостаткам лишён способ формирования зубчатых колёс методом огибания. Червячная фреза кроме вращения имеет ещё и поступательное движение подачи вдоль образующей боковой цилиндрической поверхности нарезаемого колеса.

Нарезание зубчатых колёс червячными фрезами (рис.3.5,в). Червячные модульные фрезы представляют собой режущий инструмент в виде червяка с прорезанными перпендикулярно виткам канавками, а образующиеся при этом зубья подвергнуты затылованию для получения на них необходимых задних углов (несколько зубчатых реек, зубья которых располагаются по винтовой линии). Червячными фрезами нарезают как прямые, так и косые зубья цилиндрических колёс. Фрезу устанавливают под некоторым углом к торцу заготовки, равным углу наклона спирали фрезы, при формировании колёс с прямыми зубьями. При фрезеровании колёс с наклонным зубом инструмент устанавливают с учётом угла наклона зубьев колеса.

Нарезание наружной и внутренней резьбы фрезами

Обработка резьбовых поверхностей фрезами производится на универсальных и специальных резьбофрезерных станках-полуавтоматах. В качестве режущего инструмента применяются дисковые и гребенчатые или групповые фрезы. Профиль дисковой фрезы соответствует профилю впадины резьбы в нормальном сечении витка. Ось вращения при резьбофрезеровании устанавливают под углом к оси вращения детали, равным углу наклона винтовой линии резьбы. Дисковыми фрезами можно нарезать однозаходные и многозаходные резьбы на длинных ходовых винтах и червяках.

Гребенчатая или групповая фреза представляет собой несколько дисковых фрез, соединённых торцами. Дисковые и гребенчатые фрезы изготавливают из быстрорежущих сталей.

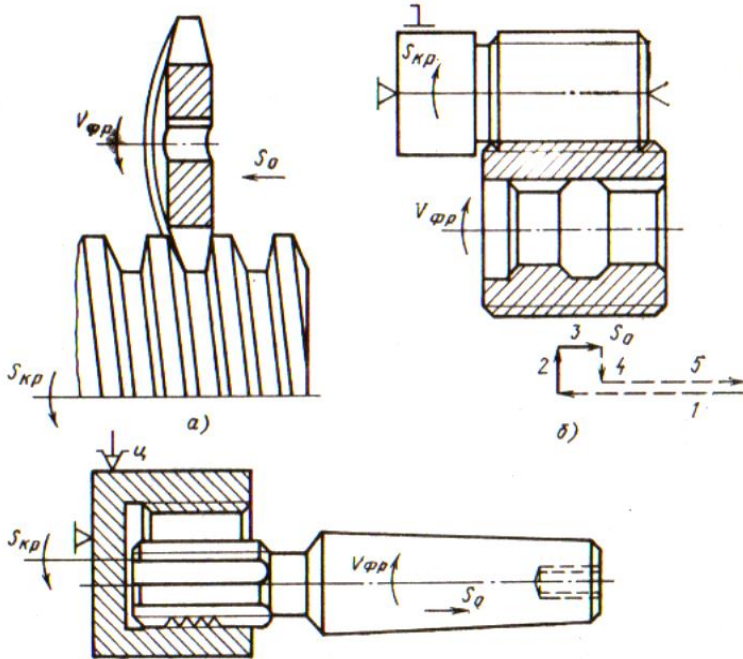


Рис.3.6. Резьбовые фрезы: а-дисковая; б- гребенчатая насадная; в- гребенчатая с коническим хвостовиком

Устройство и настройка делительной головки

Делительная головка является важной принадлежностью оснастки фрезерных станков.

Делительная головка служит для периодического поворота заготовок на равные или неравные углы и для непрерывного вращения заготовок, согласованного с продольной подачей (например, при нарезании спиральных канавок у свёрл, зенкеров и др. или при фрезеровании косозубых зубчатых колёс).

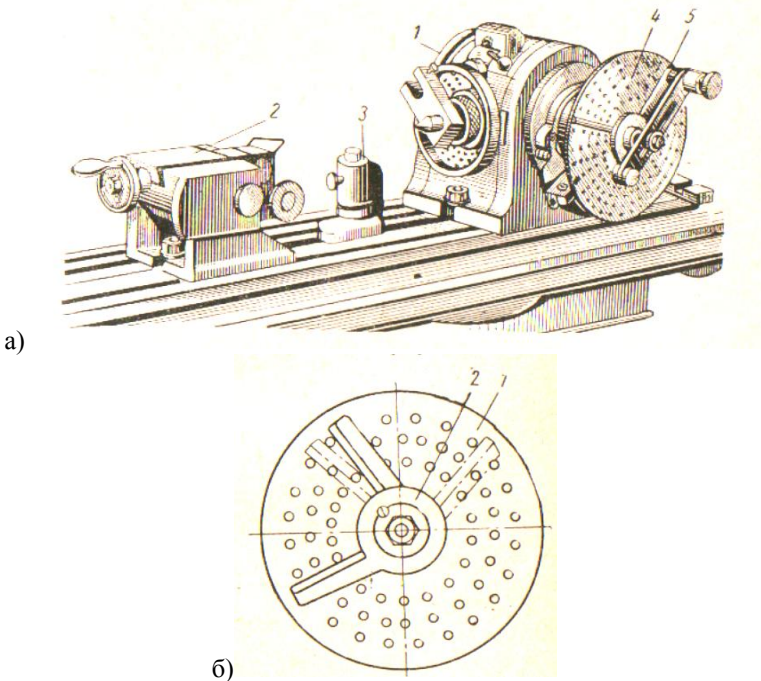


Рис. 3.7. а-Универсальная делительная головка (УДГ) и делительный диск-б. УДГ (рис. 3.7,а) состоит из делительной бабки 1, задней бабки 2, люнета 3, делительного диска 4 и подвижной рукоятки и раздвижного сектора 5. Делительный диск (рис.3.7,б) включает собственно делительный диск 1 и раздвижной сектор 2.

Отверстия на диске служат для фиксирования рукоятки головки в определённых положениях. Характеристикой головки K называют величину, обратную передаточному числу червячной передачи делительной бабки.

Периодический поворот обрабатываемой детали на определённый угол при помощи УДГ достигается способом простого и сложного (дифференциального) делений.

Деление окружности на части при неподвижном делительном диске называется простым делением. Предположим, что окружность требуется разделить на z равных частей. То есть деталь нужно повернуть на $1/z$ часть оборота и, следовательно, рукоятку головки на K/z оборотов. Допустим $K=40$ и $z=35$, тогда рукоятку головки требуется повернуть на $n=40/35$ оборота или на один полный оборот и $1/7$ часть оборота. Для сообщения рукоятке дробного числа оборотов служит делительный диск и раздвижной сектор. Диск с обеих сторон имеет несколько рядов отверстий, расположенных по концентрическим окружностям. Первая сторона имеет 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43 отверстия; вторая сторона – 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66 отверстий.

Для установки фиксатора рукоятки на любой ряд отверстий диска рукоятку вместе с планкой опускают или поднимают по пазу и закрепляют гайкой.

Пользуясь отверстиями на лимбе, можно легко осуществить поворот рукоятки на $1/7$ оборота. Для этого необходимо подобрать число отверстий на лимбе, кратное 7 (например: 28,42). Тогда для поворота на $1/7$ оборота рукоятки требуется её повернуть на 4 шага (расстояние между соседними отверстиями) на диаметре с числом отверстий 28, или на 6 шагов на диаметре с числом отверстий 42 и зафиксировать штифтом в соответствующем отверстии лимба. Раздвижной сектор устанавливают на число отверстий (на одно отверстие больше), полученное согласно расчёту. В нашем случае это 5 отверстий на диаметре с числом отверстий 28. После каждого фрезерования необходимо повернуть сектор на расчётную часть оборота. Это освобождает станочника от утомительного подсчёта нужного количества отверстий и исключает случайные ошибки.

Дифференциальный способ деления применяют в тех случаях, когда число, на которое требуется разделить обрабатываемую деталь, невозможно получить простым делением. (Этот способ деления в лабораторной работе не рассматривается).

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией и органами управления горизонтально- и вертикально-фрезерного станков.

2. Выполнить фрезерование заготовки в соответствии с заданием преподавателя.

3. Выбрать режущий инструмент и приспособления. Провести наладку станка для выполнения поставленного задания.

4. Освоить установку режимов обработки. Согласовать выбранный режим и наладку оборудования с преподавателем или учебным мастером.

5. Выполнить фрезерование заготовки в соответствии с заданием.

6. Освоить работу делительной головки простым делением в соответствии с заданием преподавателя (нарезание зубьев шестерни или обработка 4-х гранники).

7. Познакомиться с устройством и работой зубофрезерного станка для нарезания шестерён методом огибания.

Содержание отчёта

1. Выполнить операционные эскизы установки и обработки заготовок в соответствии с полученным заданием.
2. Замеры размеров полученных поверхностей и пазов указать на операционных эскизах.
3. Составить операционную карту (по предлагаемой форме) выполнения полученного задания.

Операционная карта

№ и наименование и содержание переходов	Наименование инструмента			Расчётн. размер		t	i	Режим обработки		
								S	n	V
1	Вспом.	Режущий	Измерит.	Диаметр, ширина	длина	7	8	9	10	11

4. Привести в журнале наблюдений сведения о технических характеристиках зубофрезерного станка.
5. Выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие существуют основные виды и схемы фрезерования?
2. Каковы особенности базирования и закрепления заготовок при фрезеровании торцовых поверхностей, прямоугольных пазов, канавок и уступов, обработки шпоночных пазов и зубчатых колёс?
3. Что собой представляют торцовые цилиндрические и дисковые фрезы?
4. Какие типы фрез выпускает инструментальная промышленность?
5. Как выбираются режимы резания при фрезеровании?
6. Чем отличается фрезерование плоских поверхностей от фрезерования фасонных и криволинейных поверхностей?
7. Какие параметры шероховатости поверхностей обеспечивает фрезерование?
8. Какие факторы влияют на выбор скорости фрезерования?
9. Каково устройство фрезерного станка (горизонтально-, вертикально- и зубофрезерного)?
10. Каково назначение и принцип работы УДГ?
11. В чём особенность базирования при использовании УДГ для обработки заготовок?
12. Зачем необходимо рассчитывать мощность резания при черновой обработке заготовок?
13. Зачем необходимо знать период стойкости режущего инструмента?
14. Назовите основные геометрические характеристики фрезы.

Лабораторная работа № 4

Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках

Цель работы:

1. Знакомство с особенностями работы поперечно-строгального станка с элементом долбления. Виды работ, выполняемых на нём.
2. Изучение основных особенностей конструкции строгальных, долбежных инструментов.
3. Знакомство с конструкцией протяжки для формирования внутренних шлицевых пазов.
4. Получение навыков работы на поперечно-строгальном станке.

Теоретическая часть

Строгальные станки предназначены для обработки резцом плоских поверхностей, пазов и других работ (обработка линейных поверхностей). Строгальные станки разделяются на поперечно- и продольно-строгальные и долбежные. У поперечно-строгальных станков поступательно-возвратное движение совершает резец, а обрабатываемая деталь - движение подачи. У продольно-строгальных станков поступательно-возвратное движение совершает обрабатываемая деталь, а резец – периодическую подачу в поперечном направлении.

У долбежных станков, относящихся к классу строгальных, резец получает поступательно-возвратное движение в вертикальном направлении: вниз и вверх, а обрабатываемая деталь периодическую подачу в поперечном, продольном или круговом направлении.

Строгальные и долбежные станки, применяются в единичном и мелкосерийном производствах вследствие универсальности, простоты и дешевизны инструмента, достаточной точности, меньшей себестоимости по сравнению с фрезерованием. По производительности строгание уступает фрезерованию.

Процесс строгания имеет много общего с точением, но имеет свои особенности: скорости рабочего и холостого хода являются величинами переменными (на поперечно-строгальных станках); при строгании резец находится под воздействием стружки только во время рабочего хода, во время холостого хода резец остывает, врезание в заготовку сопровождается ударами; подача имеет прерывистый характер и осуществляется в конце холостого хода.

Строгальные резцы по конструкции подобны токарным, но при прочих равных условиях имеют большее поперечное сечение державки, т.к. работают с переменной нагрузкой (с ударами). Часто строгальные резцы делают изогнутыми, чтобы при встрече с твёрдыми включениями резец, отгибаясь, не врезался в уже обработанную поверхность. Это предохраняет резец от выкрашивания и сохраняет обработанную поверхность (рис.4.1.).

По назначению различают следующие типы резцов: проходные (рис.4.1,а), подрезные (рис.4.1,б), отрезные (рис.4.1,в) и фасонные.

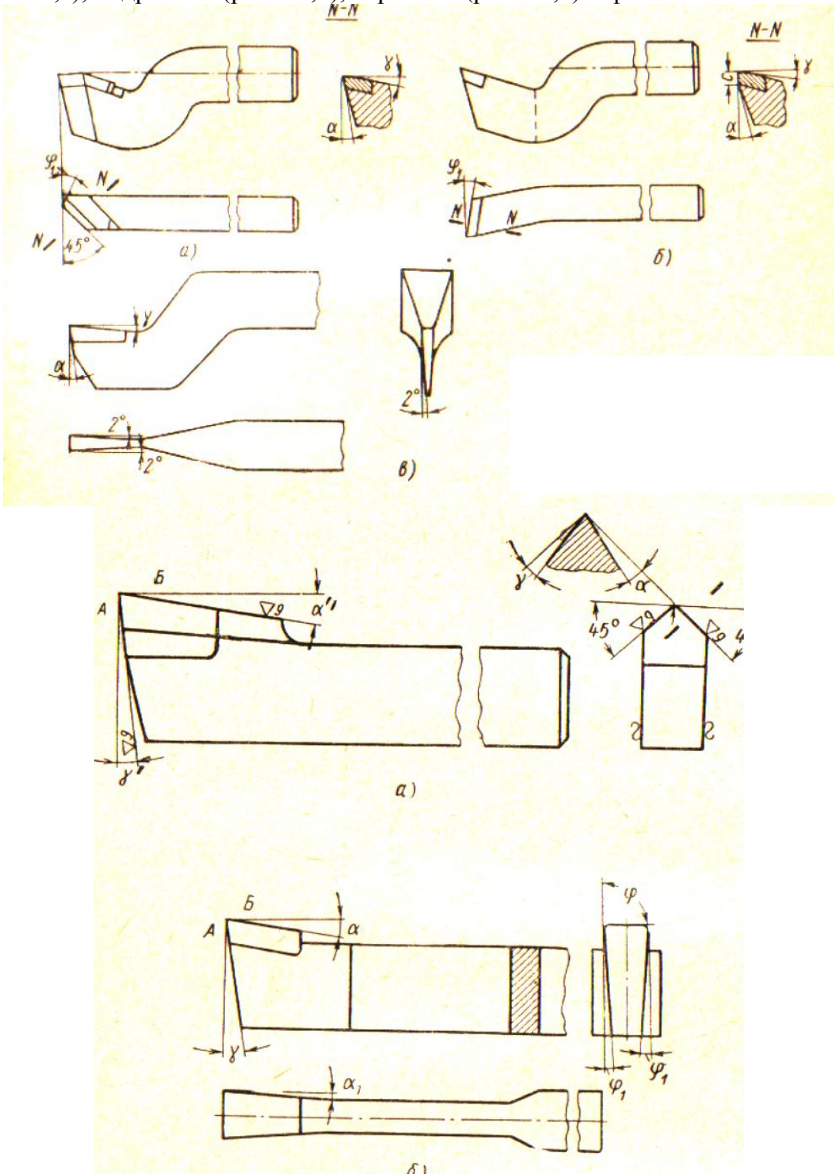


Рис.4.2. Долбежные резцы: а – проходной; б – прорезной
У долбежного резца поверхность А является передней поверхностью,
поверхность Б – задней.

Глубина резания t при строгании равна толщине срезаемого слоя за один проход резца (рис.4.3,а), а при долблении глубина резания равна ширине резца (рис.4.3,б).

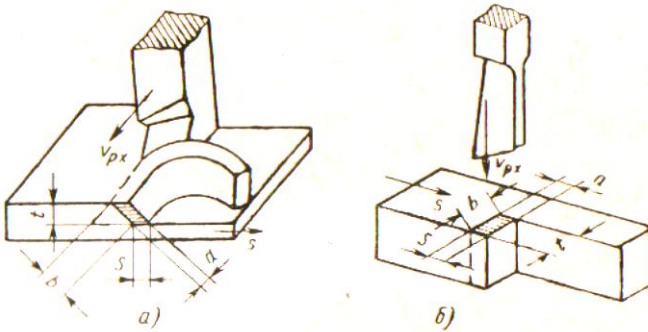


Рис.4.3. Элементы резания при строгании(а) и долблении (б)

Подача при строгании S и долблении – величина перемещения детали (или резца при продольном строгании) за один двойной ход резца (или стола при продольном строгании). Размерность подачи выражают в мм на двойной ход. Скорость резания V – средняя скорость рабочего хода (или детали при продольном строгании) в метрах в минуту. Для поперечно-строгальных станков средняя скорость рабочего хода ползуна определяется по формуле:

$$V = \frac{0.36Ln}{\alpha} \text{ м/мин,}$$

где L – длина хода ползуна в мм; n – число двойных ходов ползуна в минуту; α – угол рабочего хода в градусах.

Площадь поперечного сечения среза (рис.4.3) $f = tS = ab \text{ мм}^2$

Глубина резания при черновом и получистовом строгании определяют в зависимости от припуска на обработку. Подачу выбирают максимально допустимую по технологическим требованиям (в зависимости от требований к шероховатости обработанной поверхности, прочности державки резца и прочности самого станка). Скорость резания подсчитывают по формуле: $V = C_v / T^m t^x S^y \text{ м/мин}$

Мощность резания N_p должна быть меньше или равна мощности на ползуне станка N_n :

$$N_p = P_z V / 60 \cdot 102 \leq N_n = N_3 \eta \text{ кВт}$$

Где P_z – главная составляющая силы резания в кГ (по справочнику);

V – средняя скорость рабочего хода в м/ мин;

N_3 – мощность электродвигателя станка в кВт;

η – к.п.д. станка. При расчёте в системе СИ силу P выражают в ньютонах и формула мощности резания принимает вид: $N_p = P_z V / 60 \cdot 000 \text{ кВт.}$

Работы, выполняемые на строгальных станках

На строгальных станках обрабатываются плоскости и пазы, фасонные поверхности одиночными резцами. Прямоугольные и Т-образные, типа «ласточкин хвост» пазы можно изготовить как строганием, так и фрезерованием рис.4.4.

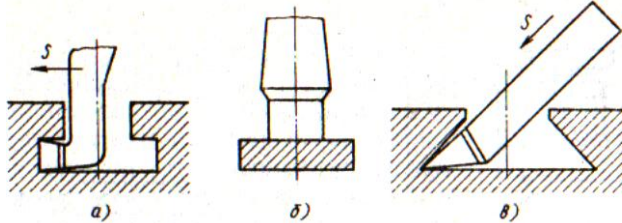


Рис.4.4 Обработка пазов: а,б-Т-образных и в-типа «ласточкин хвост»

В современном машиностроении применяют зубодолбежные станки, производительность которых значительно выше, чем при нарезании зубьев на фрезерных станках. Это связано с тем, что при долблении в работе участвуют одновременно столько резцов (долбляков), сколько нужно нарезать зубьев на заготовке, причём резцы имеют форму впадин зубчатого колеса. Резцы 1 (рис.4.5) расположены радиально по отношению к заготовке 2. Радиальная одновременная подача резцов 1 происходит в нижнем положении заготовки 2, когда заготовка выходит из зацепления с резцами.

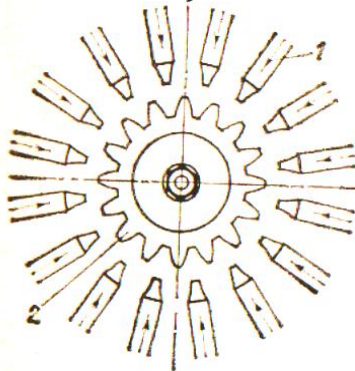
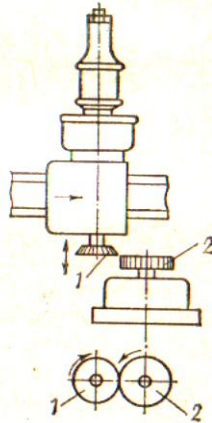


Рис.4.5. Схема многорезцовой обработки



**Рис.4.6. Схема нарезания цилиндрического колеса долбяком:
1-заготовка; 2- долбяк**

Долбяки бывают реечные и круглые, в процессе обработки колеса воспроизводится зубчатое зацепление шестерни и рейки или двух цилиндрических колёс, одно из которых является режущим инструментом, а другое – заготовкой.

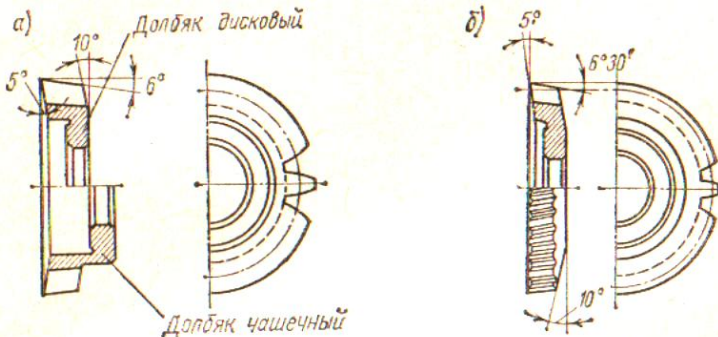


Рис.4.7. Виды долбяков: а-долбяк с прямыми зубьями; б- дискосозубый долбяк, для нарезания зубчатых колёс с косыми зубьями

Зубодолблением можно нарезать прямозубые и косозубые цилиндрические колёса. Последние виды обработки менее производительны, чем фрезерование, но иногда является единственным способом обработки зубьев на блочных колёсах, когда расстояние между соседними венцами недостаточно для выхода червячной фрезы.

Для изготовления прямозубых конических колёс с прямыми зубьями применяют зубострогальные станки, работающие по методу обкатки одновременно двумя резцами (рис.4.8). Сущность процесса состоит в

воспроизведении зацепления конического колеса 1 с плоским зубчатым колесом 2. При этом профиль зуба плоского колеса воспроизводится с помощью зубострогальных резцов. Зуб нарезанного колеса обрабатывают два резца 3 и 4. Резцы закреплены на ползунах планшайбы 5 и совершают возвратно-поступательное (главное) движение. Каждый резец обрабатывает одну сторону зуба. Планшайба 5, на которой смонтированы резцы, представляют собой плоское (воображаемое) колесо, а обрабатываемое колесо установлено так, что вершина его конуса A совпадает с центром плоского колеса и поверхность его начального конуса касается поверхности начального конуса плоского колеса. Планшайба 5 и заготовка 1 вращаются вокруг своих осей 2 и 6, при этом кинематически обеспечивается обкатка без скольжения начального конуса заготовки по начальной плоскости воображаемого колеса. В результате этого движения (обкаточного) прямолинейная кромка резца обрабатывает боковую поверхность зуба. После обработки одного зуба делительный механизм станка поворачивает заготовку и производится обработка другого зуба.

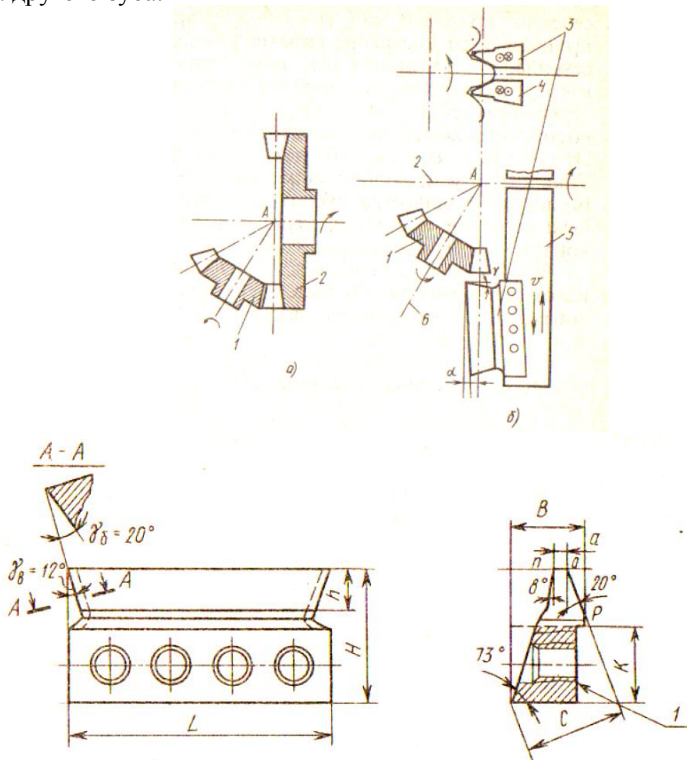


Рис.4.8. Схема нарезания прямозубого конического колеса зубострогальными резцами. Зубострогальный резец

Обработка на протяжных станках

Протягивание как метод высокопроизводительной обработки металлов получил широкое распространение в серийном и массовом производствах при обработке отверстий различной формы, а также наружных поверхностей плоских, дугообразных и более сложных профилей. При этом обеспечивается высокая точность обработки и высокая степень чистоты обработанной поверхности. Формы протягиваемых отверстий показаны на рис. 4.9. Протягиванию предшествует обработка отверстия сверлом, резцом или зенкером. Наружные поверхности обрабатываются без предварительной обработки. На рис.4.9, а показаны формы протягиваемых отверстий. На рис.4.9, б – протягивание пазов шпоночной протяжкой. Заготовка 1 закрепляется в зажимном приспособлении 2. Протяжка 3 при помощи тягового устройства на станке имеет поступательное перемещение в направлении стрелки. Принцип протягивания заключается в том, что на режущей части протяжки каждый последующий зуб выше предыдущего на величину толщины срезаемого слоя a_z (рис.4.9, в). Таким образом, первый зуб протяжки начинает резание, а последний зуб на режущей части завершает резание паза в заготовке.

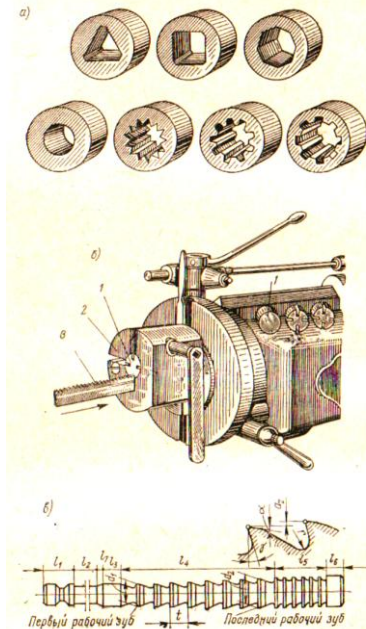


Рис.4.9. Протягивание деталей: а-формы поверхностей, обрабатываемых внутренним протягиванием; б – протягивание пазов шпоночной протяжкой; в – элементы и геометрические параметры режущей части круглой протяжки(в мм):

l_1 - длина хвоста; l_2 - длина шейки; l_3 - длина переднего направления; l_4 - длина режущей части; d_5 - длина калибрующей части; l_6 - длина концевой части; l_7 - длина переходного конуса; t - шаг зубьев протяжки; r - радиус закругления у основания зуба; α - задний угол зуба протяжки; γ - передний угол

На практике находят применение следующие основные схемы резания: 1) профильная; 2) генераторная; 3) прогрессивная (рис.4.10).

Профильная схема применяется при обработке круглых и фасонных отверстий, генераторная - при обработке квадратных, прямоугольных и фасонных отверстий, прогрессивная - во всех случаях, когда целесообразно резание толстыми срезами $a_z = 0,1 - 0,4$ мм. При протягивании по прогрессивной схеме разделение работы резания происходит по периметру срезаемого слоя.

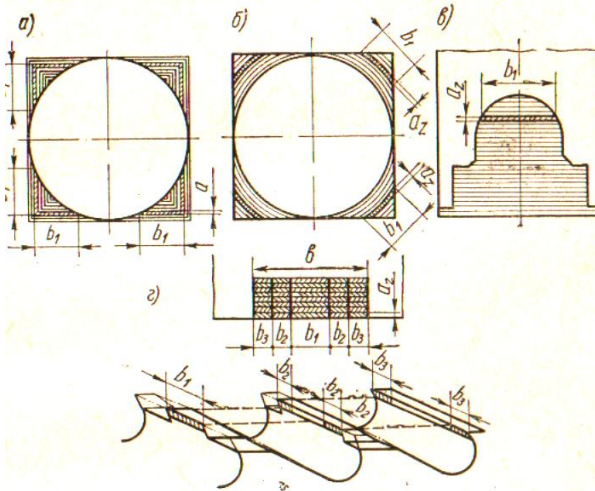


Рис. 4.10. Основные схемы протягивания: а) – профильная; б,в) – генераторная; г) – групповая (прогрессивная)

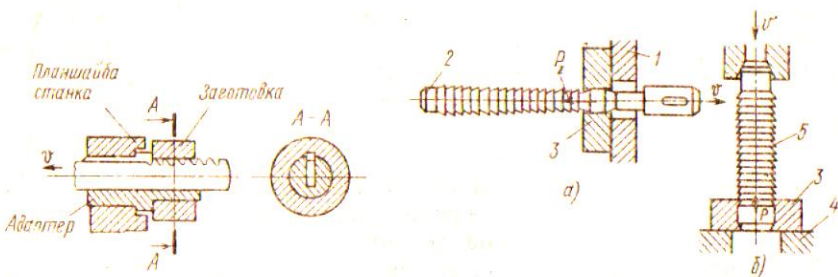


Рис.4.11. Схемы протягивания: шпоночной канавки, работы протяжки а), прошивки б).

Внутреннее протягивание бывает свободным и координатным. Координатное протягивание обеспечивает точное расположение обрабатываемых поверхностей (например, шпоночные пазы, канавки) рис.4.11 относительно других поверхностей. При свободном протягивании инструмент направляется предварительно образованным отверстием и протянутое отверстие является базой для последующей обработки.

Протяжные станки (вертикальные и горизонтальные) работают по прерывистой схеме, т.е. после обработки детали останавливают станок для снятия детали и установки новой заготовки. На рис.4.11 (а,б) показаны схемы работы протяжки 2 (а) и прошивки 5 (б). В отличие от протягивания при прошивании инструмент – прошивка 5 проталкивается через отверстие, работая на сжатие и продольный изгиб. При протягивании заготовка 3 своей торцевой частью опирается на плиту станка 1 и остаётся неподвижной, протяжка 2 совершает поступательное перемещение, которое является главным движением. Протяжка испытывает растягивающие напряжения. При прошивании заготовка 3 своей опорной частью опирается на стол 4, а прошивка 5 под действием прессы перемещается вертикально. Прошивки по своей конструкции и области применения аналогичны протяжкам, но отличаются отсутствием хвостовой части и небольшой длиной, что связано с работой прошивки на продольный изгиб. Хвостовик прошивки служит для её закрепления и приложения тяговой силы станка.

Скорость резания при протягивании зависит от материалов инструмента и детали, величины подачи на зуб, периода стойкости, геометрических параметров зуба протяжки, наличия смазочно-охлаждающей жидкости. При работе протяжки из инструментальной стали скорость резания находится в пределах 2-10 м/мин. Подачей называют разность по высоте двух соседних зубьев протяжки (подача на зуб протяжки). Обычно подачу на зуб принимают 0,05 – 0,15 мм при обработке стали и 0,1 – 0,2 мм при обработке чугуна.

В массовом производстве конических зубчатых колёс применяют специальные станки кругового протягивания, режущим инструментом которых является круговая протяжка.

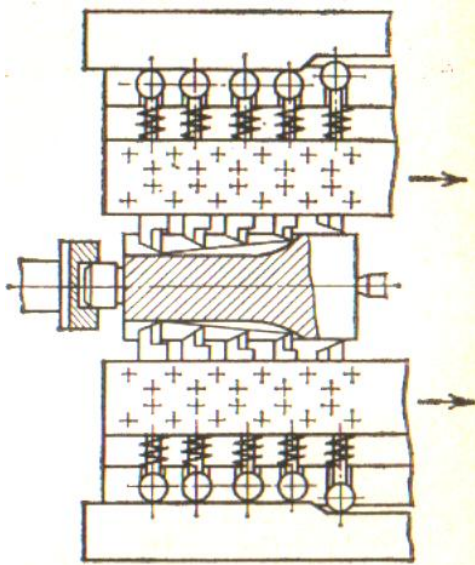


Рис. 4.12. Схема формирования наружных шлицев двумя блочными протяжками

Шлицепротягивание прямоугольных прямобочных шлицев производят двумя блочным протяжками с последующим поворотом (делением) заготовки (рис.4.12).этим методом обрабатывают как сквозные, так и несквозные шлицы, допускающие выход инструмента. Блочные протяжки обеспечивают независимо друг от друга радиальное перемещение каждого зуба протяжки.

Методика выполнения лабораторной работы

1. Изучите теоретическую часть к лабораторной работе.
2. Получите задание у преподавателя на выполнение лабораторной работы.
3. Подберите заготовку, инструмент и приспособления для выполнения лабораторной работы.
4. Настройте режим резания на строгальном станке для выполнения задания.
5. Спроектируйте маршрут обработки детали и согласуйте с преподавателем.
6. Проведите настройку строгального станка на выполнение работы.
7. Приступайте к изготовлению детали.
8. Проверьте правильность выполненных размеров.
9. Настройте станок для долбежных работ.

10. Выполните долбление внутреннего паза заданного размера.
11. Сделайте эскиз протяжки.
12. Выполните эскизы исходного отверстия в заготовке и конечной формы изготовленного отверстия.
13. Сделайте операционные эскизы всех переходов изготовления детали и внутреннего паза.
14. Выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие существуют виды строгания и протягивания?
2. В чём особенности конструкции режущих инструментов для процессов строгания, долбления, протягивания и прошивки?
3. Виды работ, выполняемых при строгании, долблении и протягивании?
4. Как выбираются режимы резания при строгании и долблении?
5. Чем отличаются процессы протягивания простых поверхностей от фасонных?
6. В чём особенности формирования шлицевых поверхностей?
7. Основные конструктивные элементы режущего инструмента для строгания, долбления и протягивания внутренних и наружных поверхностей?
8. Какие погрешности имеют место при строгании, долблении и протягивании?
9. Какие параметры шероховатости поверхности обеспечивают строгание, долбление и протягивание?
10. От чего зависит выбор скорости строгания и долбления?
11. Особенности изготовления конических прямозубых колёс?
12. Особенности конструкции режущих инструментов для формирования зубчатых колёс?
13. Основные виды зубодолбёжного инструмента?
14. Принцип формирования зубчатых колёс методом долбления?
15. Что такое период стойкости режущего инструмента и его место при расчёте режима резания?
16. Назовите основные конструктивные элементы строгального станка.
17. Как на поперечно-строгальном станке изготовить внутренний шпоночный паз?

Лабораторная работа № 5 Обработка на сверлильных и расточных станках

Цель работы:

1. Изучить конструкцию вертикально-сверлильного станка.
2. Познакомиться с конструкциями свёрл и их геометрическими характеристиками.
3. Виды работ, выполняемых на сверлильных и расточных станках.
4. Изучить конструкцию инструментов для обработки отверстий: зенкеров, зенковок, развёрток и расточных скалок.
5. Выполнить работы по сверлению, зенкерованию, зенкованию и рассверливанию отверстий.

Теоретическая часть

На сверлильных станках осуществляют сверление, рассверливание и зенкерование отверстий, развёртывание цилиндрических и конических отверстий, подрезку торцов (цекование), нарезание резьбы метчик'ами (при наличии специального патрона). При всех указанных видах обработки инструмент получает два движения: вращательное (главное) и осевое перемещение (движение подачи). Для выполнения тех же видов работ, что и на сверлильных станках, выполняют на горизонтально-расточных, которые предназначены для обработки крупных корпусных деталей, выполненных литыми из чугуна.

Виды свёрл и элементы процесса резания

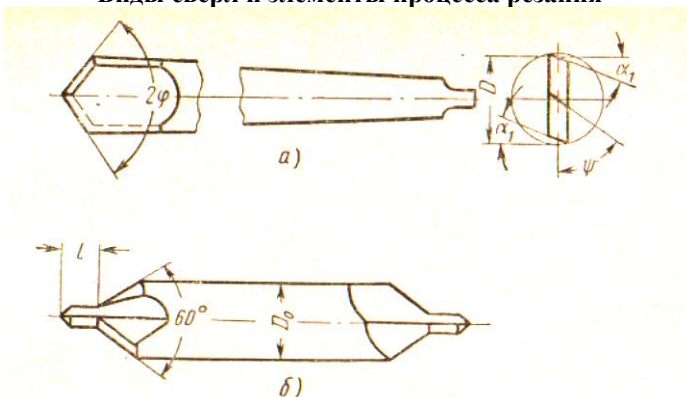


Рис.5.1. Типы свёрл: а-перовое сверло; б – центровочное сверло

Перовые (плоские) свёрла вследствие малой производительности и низкой точности отверстий применяют редко. Центровочные свёрла применяются для образования центровых отверстий в деталях.

Наиболее распространены спиральные или винтовые свёрла. Они применяются для обработки отверстий до пяти диаметров. Для сверления

отверстий глубиной более пяти диаметров спиральные сверла малопригодны из-за недостаточной жёсткости, ухудшения отвода стружки и др. Для глубокого сверления применяют специальные свёрла (например, ружейные или пушечные).

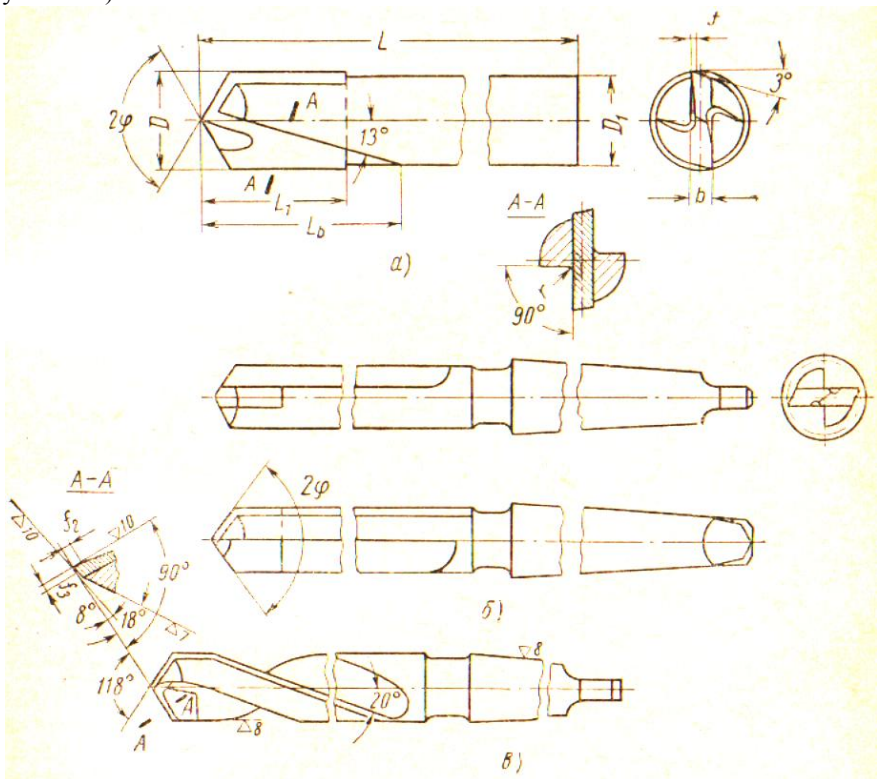


Рис.5.2.Свёрла с пластинками из твёрдых сплавов: а-с наклонными канавками; б-с прямыми канавками; в – с винтовыми канавками
Свёрла, оснащённые пластинками из твёрдых сплавов, обладают высокой стойкостью и обеспечивают высокую производительность.

Твёрдосплавные свёрла с прямыми канавками применяют для сверления неглубоких отверстий $L \leq 2D$. Свёрла с наклонными канавками применяют для сверления отверстий в листовом материале. Твёрдосплавными свёрлами обрабатывают хрупкие и твёрдые материалы (чугун, закалённую сталь, стекло, мрамор и др.) при работе на высоких скоростях резания и с небольшими подачами.

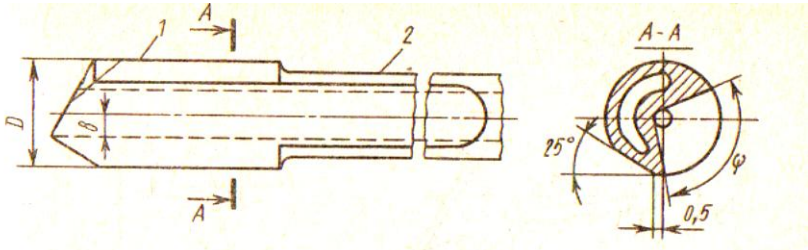


Рис.5.3а. Ружейное сверло: $D=8-30\text{мм}$, состоит из рабочей части 1 и трубчатого корпуса 2

Для создания благоприятных условий резания главная режущая кромка смещена на $0,2D$ от оси сверла. Сверло имеет внутренний канал круглого или серповидного поперечного сечения для подвода СОЖ под давлением 2-4 Мпа. СОЖ вместе со стружкой вымывается по наружной прямой канавке.

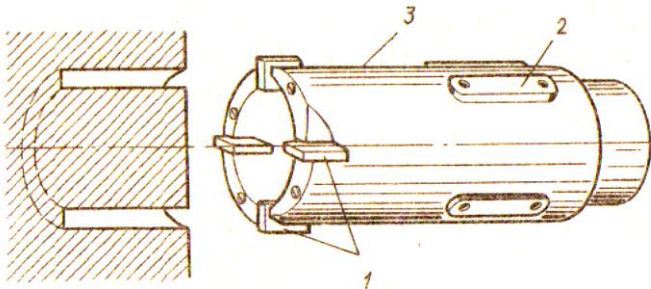


Рис.5.3б. Кольцевое сверло

Свёрла для кольцевого сверления применяются для обработки сквозных отверстий большого диаметра, а алмазные свёрла – для обработки отверстий в твёрдых металлических материалах (сквозные и глухие). Кольцевые свёрла состоят из трубчатого корпуса 3 с закреплёнными на торце ножами 1. Для направления сверла на корпусе установлены кулачки. С помощью кольцевых свёрл диаметром 60мм и более в сплошном материале можно вырезать кольцевую канавку с сохранением сердцевины и использованием её в дальнейшем для изготовления других деталей. Наибольшая длина сверления кольцевыми свёрлами 500-700 мм.

Сверление, зенкерование и развёртывание – широко распространённые в машиностроении процессы обработки глухих и сквозных отверстий в широком диапазоне диаметров.

Сверление – черновая обработка отверстий в сплошном материале, или рассверливание, обеспечивает точность в пределах 11-12 квалитетов при шероховатости $R_a=5-10\text{ мкм}$.

Зенкерование – полуступенчатая обработка: 8-9 качества; $R_a=3,2-6,4$ мкм.

Развёртывание – чистовая обработка: 5-7 качества; $R_a=0,5-1,6$ мкм.

Скорость резания $v=\pi Dn/10^3$ м/мин, где D -наружный диаметр инструмента.

Подача на зуб S_z (мм/зуб), подача на оборот $S_o = S_z z$ (мм/об), где z -число зубьев инструмента: при сверлении $z=2$, при зенкеровании $z=3-4$. При развёртывании – $z \geq 6$.

Глубина резания t : при сверлении $t \approx 0,5D$; при зенкеровании $= 0,5-3,0$ мм; при развёртывании $= 0,05-0,5$ мм.

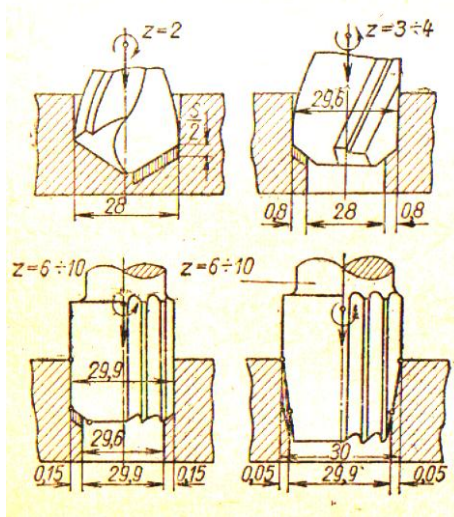


Рис.5.4. Процесс обработки точного отверстия $D = 30$ мм

Например, процесс обработки точного отверстия $D = 30$ мм (рис.5.4.) в сплошном материале при помощи сверла делают отверстие $d_0 = 28$ мм. Дальнейшую обработку отверстия производят зенкером $d_3 = 29,6$ мм, с припуском на сторону $0,8$ мм, а затем черновой развёрткой $d_p = 29,9$ мм, выполненной с углом в плане $\phi = 45^\circ$. В этом случае припуск на сторону составляет $0,15$ мм. Окончательную обработку отверстия производят чистовой развёрткой, выполненной с углом в плане $\phi = 15^\circ$. Припуск на сторону $0,05$ мм.

На рис.5.4. показана последовательность обработки отверстия сверлом, зенкером, развёртками: черновой и чистовой

Конструкция инструментов для сверления и развёртывания

Конструкция спирального сверла может иметь конический или цилиндрический хвостовики (рис.5.5).

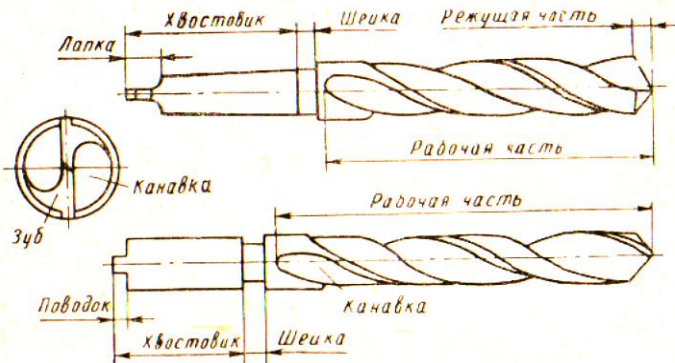


Рис. 5.5. Конструкция спирального сверла

Элементы рабочей части сверла показаны на рис.5.6.

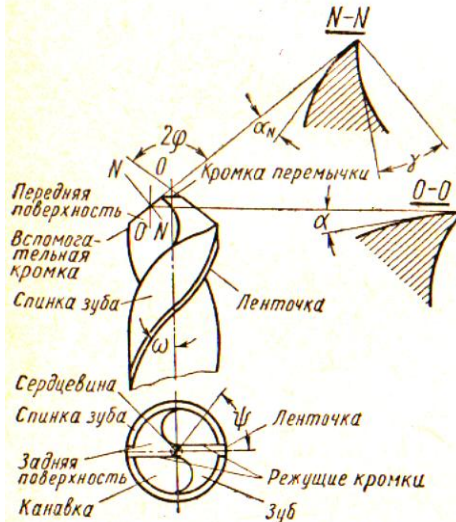


Рис.5.6. Элементы рабочей части спирального сверла

Сверло имеет две главные режущие кромки, образованные пересечением передних (винтовые поверхности канавки, по которым сходит стружка) и задних (поверхности, обращённые к поверхности резания) поверхностей и выполняющие основную работу резания: поперечную режущую кромку, образованную пересечением обеих задних поверхностей, и две вспомогательные режущие кромки, образованные пересечением передней поверхности с поверхностью ленточки. Вспомогательные режущие кромки принимают участие в резании на длине, определяемой величиной подачи. Ленточка сверла – узкая полоска на цилиндрической поверхности сверла, расположенная вдоль винтовой канавки; она обеспечивает направление сверла

при резании. Угол наклона винтовой канавки ω – угол между осью сверла и касательной к винтовой линии по наружному диаметру сверла. Обычно этот угол берётся в пределах $18-30^\circ$. Угол наклона поперечного режущего лезвия ψ – острый угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. Обычно этот угол составляет $50-55^\circ$. Угол при вершине 2φ – угол между главными режущими кромками. Этот угол при сверлении стали средней твёрдости равен $116-120^\circ$, твёрдых сталей – 125° . Передний угол γ – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. Передний угол рассматривается в плоскости NN, перпендикулярной к режущей кромке (рис.5.6). По длине режущей кромки передний угол γ является величиной переменной. По мере приближения к оси сверла передний угол уменьшается, а у поперечного режущего лезвия он принимает отрицательное значение. Задний угол α – угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности её вращения вокруг оси сверла. Этот угол рассматривается в плоскости OO, направленной по касательной к окружности в данной точке и параллельной оси сверла. Задний угол α_n в нормальной плоскости NN может быть определён по формуле $\text{tg}\alpha_n = \text{tg}\alpha \sin \varphi$.

Задний угол сверла – величина переменная: у периферии $\alpha = 8-14^\circ$, по мере приближения к поперечной режущей кромке задний угол возрастает и достигает $20-26^\circ$.

Зенкерами обрабатывают отверстия (литые, штампованные или просверленные) для придания им более правильной геометрической формы и повышенной шероховатости. Зенкеры применяют также для обработки цилиндрических и конических углублений под головки винтов и для обработки торцовых поверхностей (рис.5.7).

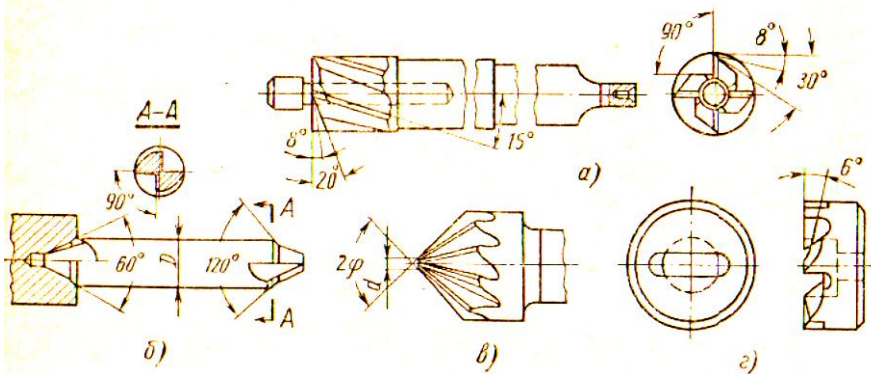


Рис.5.7. Конструкции зенкеров: а – зенкер для цилиндрических углублений; б – зенковка; в – коническая зенковка; зенкер для зачистки торцовых поверхностей

Обычно зенкерование проводят как получистовую обработку перед развёртыванием. Зенкерование может быть и окончательной операцией. Зенкеры бывают цельные с коническими хвостовиками и насадные. Первые изготавливаются диаметром до 32 мм, а вторые диаметром до 100 мм. Зенкеры как те, так и другие изготавливаются из быстрорежущих сталей марок P18 и P9, а также с пластинками из твёрдых сплавов E15K6 и BK8. Размеры зенкеров стандартизованы. На рис. 5.8 показаны основные элементы цельного цилиндрического зенкера. Как правило, зенкеры изготавливают трёх- и четырёх-канавочными.

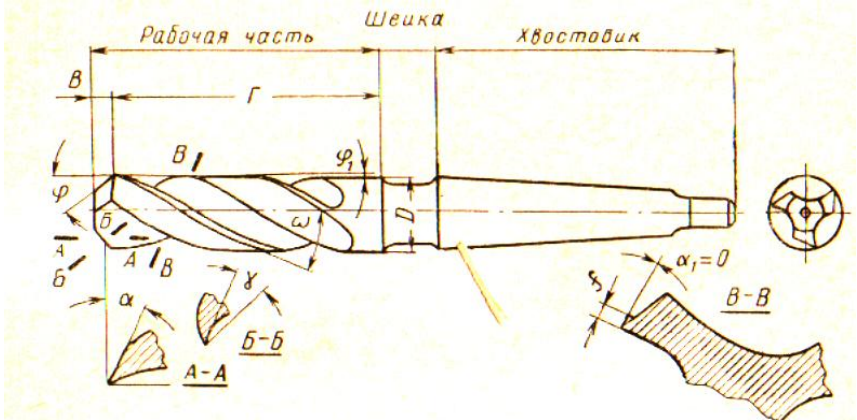


Рис. 5.8. Конструктивные элементы зенкера

Главный угол в плане φ назначается: для зенкеров из быстрорежущей стали $45-60^\circ$, а для зенкеров твёрдосплавных – $60-75^\circ$. Калибрующая часть предназначена для калибрования отверстий, придания правильного направления зенкеру в процессе резания и является резервом для переточек. Хвостовик служит для закрепления зенкера. Передний угол γ , измеряемый в сечении ББ, нормальном к режущей кромке, выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала и материала режущей части зенкера. У зенкеров, изготовленных из быстрорежущей стали, при обработке стальных деталей $8-15^\circ$, при обработке чугуна – $6-8^\circ$, при обработке цветных металлов и сплавов $25-30^\circ$; у зенкеров, оснащённых пластинками твёрдых сплавов, при обработке чугуна $\gamma = 5^\circ$, при обработке стали $0-5^\circ$. задний угол $\alpha = 8-10^\circ$ измеряют также в плоскости ББ. Угол наклона винтовой канавки ω изготавливают от 10 до 25° . Для лучшего направления зенкера на зубьях оставляют цилиндрическую фаску шириной $1,2-2,8$ мм.

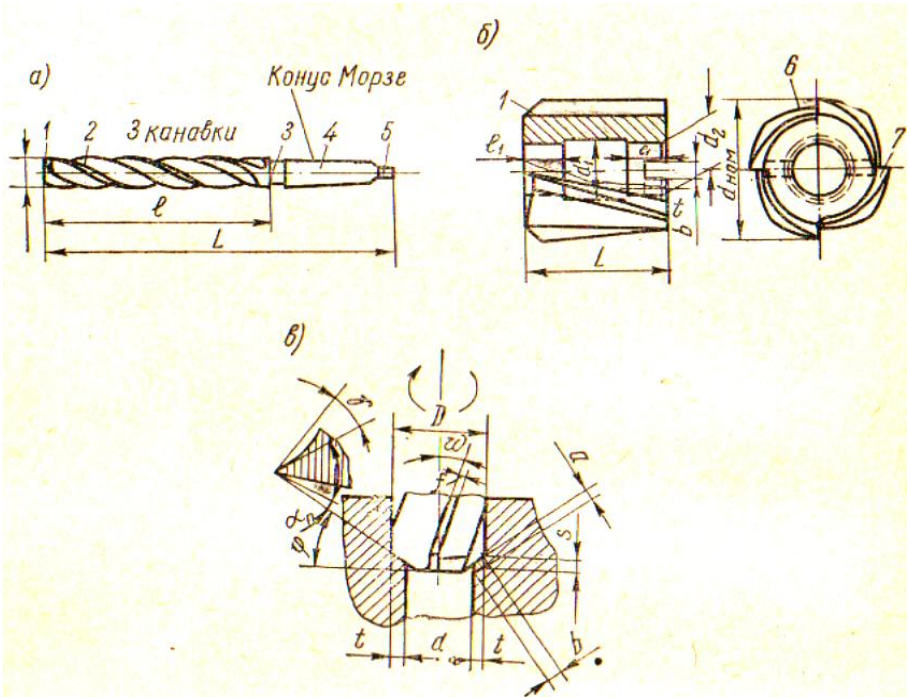


Рис.5.9. Элементы зенкера и схема резания: а – элементы цельного зенкера; 1 – режущая (заборная) часть; 2 – ленточка; 3 – шейка; 4 – хвостовик; 5 – лапка; б – насадной зенкер; 6 – канавка; 7 – режущее лезвие; в – схема резания; t – глубина резания; ϕ – угол в плане; ω – угол наклона винтовых канавок; α_n – нормальный задний угол; γ – передний угол

Развёртывание – это процесс окончательной обработки со снятием очень тонкой стружки предварительно просверленных, расточенных резцом или обработанных зенкером отверстий. Развёртывание разделяют на черновое и чистовое. В зависимости от диаметра обрабатываемых отверстий применяют различные конструкции развёрток. Они могут быть цельными и насадными, а также сборными, регулируемые по диаметру с режущими элементами, выполненными из инструментальных сталей или оснащёнными твёрдосплавными пластинками. На рис.5.10 показаны элементы конструкции развёртки и схема резания развёрткой.

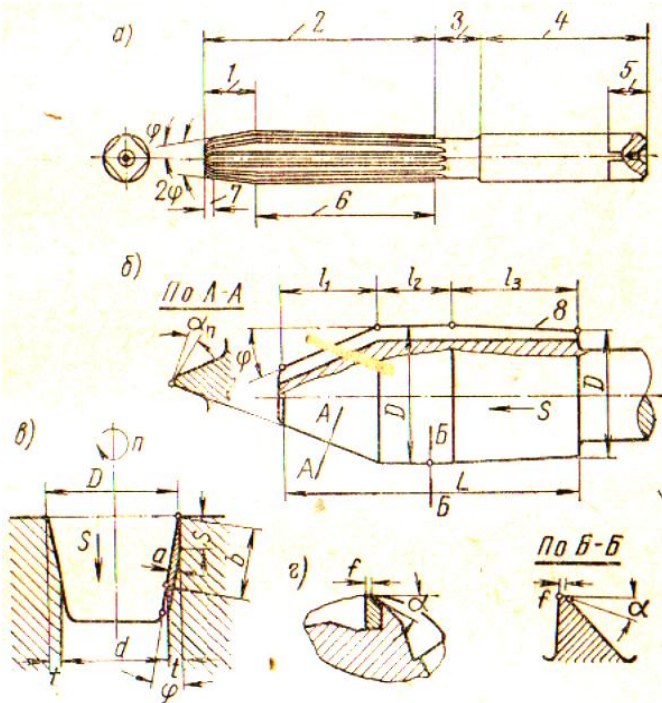


Рис.5.10. Элементы конструкции развёртки и схема резания: а – элементы конструкции развёртки; б – схема развёртки; в – схема резания; 1 – режущая часть; 2 – рабочая часть; 3 – шейка; 4 – хвостовик; 5 – квадрат; 6 – калибрующая часть; 7 – направляющая часть; 8 – обратный конус

Здесь l_1 – длина режущей (заборной) части развёртки, которая выполняет всю работу по срезанию припуска на обработку; l_2 – калибрующая часть, служащая для направления развёртки в процессе резания и обеспечивающая запас на переточку. На рис.5.10,в показан срезаемый слой материала; на рис.5.10,г – форма зубьев на калибрующей части развёрток. Ширина цилиндрической ленточки $f = 0,05-0,3$ мм. Ленточка обеспечивает правильное направление развёртки в отверстии, способствует калиброванию отверстия по размеру и получения повышенной чистоты.

Нарезание резьбы в отверстиях. Для нарезания внутренней резьбы используется мерный инструмент, называемый метчи'ком. Метчики для нарезания резьбы в отверстиях бывают ручные и станочные. Нарезание резьбы определённого профиля осуществляется зубьями, расположенными на длине режущей части l_1 (рис. 5.11). На этом же рис.5.11 a_z – радиальная толщина слоя металла, срезаемого каждым зубом на режущей части; l_2 – длина калибрующей части; l_3 – хвостовик; l – длина метчика; B – ширина зуба метчика.

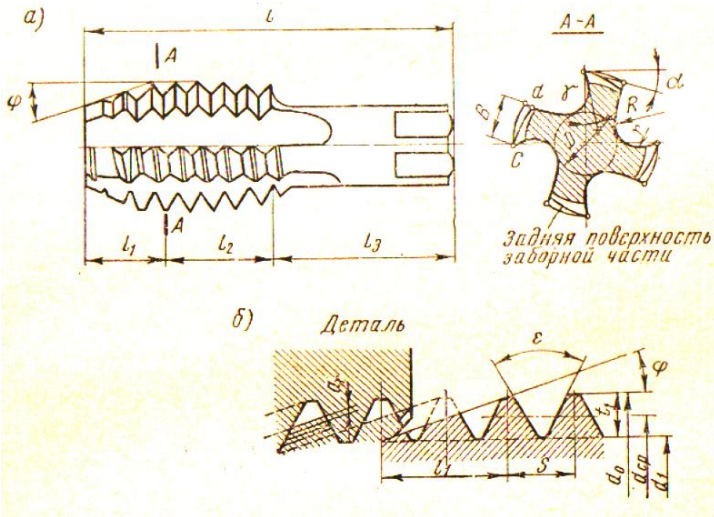


Рис. 5.11. Нарезание внутренней резьбы метчиком : а – конструкция метчика; б – схема образования профиля резьбы метчиком; d_{cp} – средний диаметр, мм; d_0 - наружный диаметр, мм; d_1 – внутренний диаметр, мм

Зубья калибрующей части служат для окончательной обработки заданного профиля резьбы и получения необходимой чистоты и точности. Калибрующая часть является также запасом для переточки метчика по передней или задней поверхности. Метчик имеет угол в плане режущей части φ , задний угол α , передний угол γ , угол наклона режущих зубьев λ . Задний угол образуется путём затылования зубьев на режущей части, а для шлифованных метчиков и по калибрующей части по форме спирали Архимеда S_d . Этим обеспечивается сохранение профиля резьбы метчика при его переточке по передней поверхности.

Элементы процесса резания

При сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла. При рассверливании: $t = D - D_0 / 2$ мм. Где D – диаметр сверла в мм; D_0 – диаметр формируемого отверстия в мм.

Подача – перемещение сверла в осевом направлении в мм за один оборот сверла (мм/об). Так как сверло имеет две главные режущие кромки, то подача, приходящаяся на каждую режущую кромку, $S_z = S/2$ мм/об.

Скорость резания условно вычисляется по максимальному диаметру сверла. Скорость резания – линейная скорость вращения точки режущей кромки, расположенной на максимальном диаметре сверла: $V = \pi D n / 1000$ м/мин. Где n - число оборотов сверла в минуту.

Крутящий момент и мощность резания для сверления и рассверливания рассчитываются по эмпирическим формулам, которые следует брать из справочной литературы.

Обработка на сверлильных и расточных станках

Сверлильные станки подразделяются на универсальные, специализированные и специальные. К универсальным станкам относятся вертикально-сверлильные, радиально – сверлильные, настольно-сверлильные и др., к специализированным – сверлильные станки глубокого сверления. В массовом производстве применяют специальные агрегатные многшпindelные станки, предназначенные для выполнения вполне определённой операции.

При сверлении глубоких и точных отверстий на обычных вертикально-сверлильных станках спиральные свёрла не могут обеспечить правильного направления и прямолинейности оси отверстия.

Чтобы предотвратить уход сверла и искривление оси отверстия, при глубоком сверлении применяют следующие способы и приёмы работы:

1. Небольшие подачи и тщательную заточку свёрл с использованием СОЖ.
2. Предварительное засверливание с помощью короткого сверла большого диаметра.
3. Сверление с помощью кондукторной втулки.
4. Сверление при вращающейся заготовке.

При обработке крупногабаритных деталей применяют радиально-сверлильные станки. При этом деталь остаётся неподвижной, её закрепляют на столе или непосредственно на фундаментной плите, а шпindel вместе с инструментом совершает перемещение по соответствующим координатам. На расточных станках (рис.5.11,б) главным образом производится обработка отверстий в заготовках корпусных деталей с точно координированными осями. Обрабатываемую заготовку устанавливают или на столе, укрепляя её обычными крепёжными средствами, или в специальном приспособлении, если этого требует технологический процесс изготовления детали.

На рис.5.11,а показан радиально-сверлильный станок где вращение и подача производятся от электродвигателя 1. Вертикальное перемещение траверсы 2 по колонне 6 происходит от электродвигателя 7. Траверса на колонне и суппорт 3 на траверсе 2 закрепляются при помощи гидравлического устройства. Повороты траверсы вокруг оси колонны, а также перемещение по ней шпindelной бабки 3 производится вручную. В коническом отверстии шпинделя 4 закрепляется режущий инструмент для обработки отверстий.

Бабка 4 (рис.5.11,б) с горизонтально расположенным шпинделем 3 может передвигаться по вертикальным направляющим передней стойки 5. Шпindel станка получает вращение и осевую подачу, параллельную плоскости стола. Стойка 1 служит для поддержания борштанги с инструментами. Стол 2 может иметь как продольную, так и поперечную подачи, а в некоторых конструкциях расточных станков и поворот вокруг своей оси.

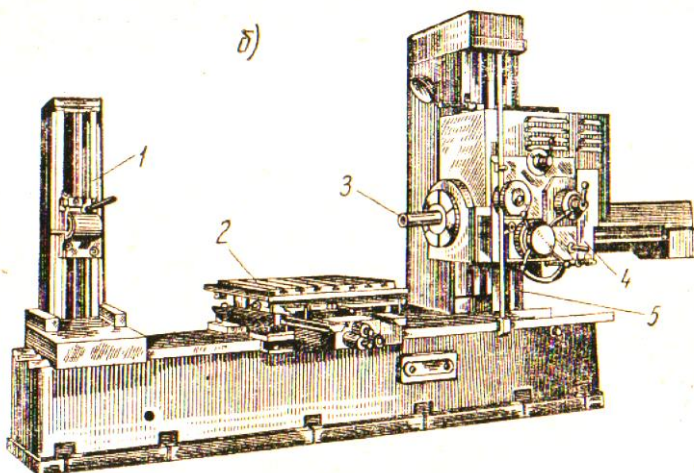
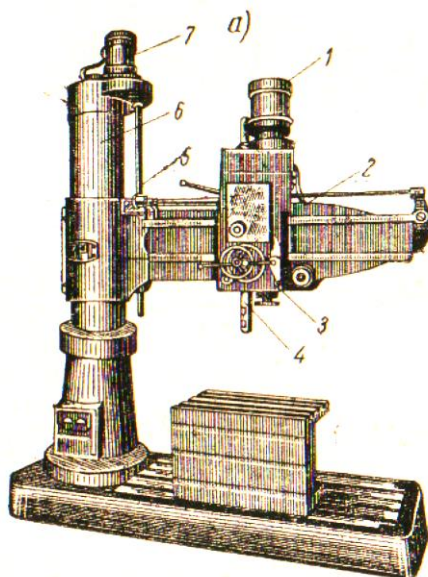


Рис. 5.11. а – радиально-сверлильный; б – расточной станок

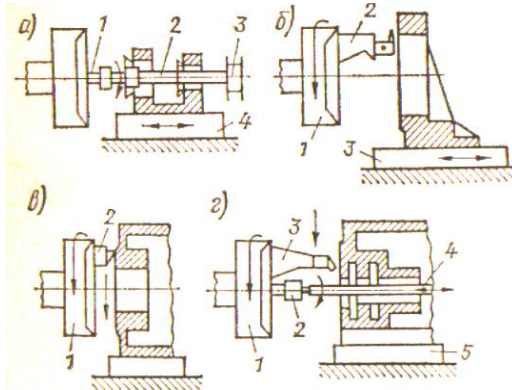


Рис.5.12. Основные виды работ, выполняемых на горизонтально-расточных станках: а – одновременное растачивание двух концентрических отверстий; б – растачивание отверстий большого диаметра; в – обработка «летучим суппортом» торца заготовки после растачивания отверстия; г – пример совместной работы шпинделя 2 и планшайбы 1.

Борштанга (рис.5.12, а) 2 снабжена двумя резцами, её приводит во вращение шпиндель 1 и поддерживает люнет 3 задней стойки. При обработке заготовки стол 4 перемещается параллельно оси шпинделя (продольная подача).

На рис.5.12,б показано растачивание отверстия с помощью резца, закреплённого в резцедержателе 2, который укреплен на планшайбе 1. Продольная подача заготовки осуществляется движением стола 3, а радиальная подача резца – радиальным перемещением резцедержателя на планшайбе.

В случае (рис.5.12,в) заготовка неподвижна и стол не перемещается. Планшайба 1 вращает резцедержатель 2 с закреплённым резцом, который перемещается радиально, обрабатывая торцовую поверхность заготовки.

На рис.5.12,г приведён пример совместной работы шпинделя 2 и планшайбы 1. Одновременно растачивается отверстие резцом, закреплённым на борштанге 4, и обрабатывается торец заготовки резцом, закреплённым в резцедержателе 3. Заготовка совместно со столом 5 неподвижна.

Методика выполнения лабораторной работы

1. Получить у преподавателя задание на работу.
2. Подобрать заготовку и режим обработки в соответствии с заданием.
3. Провести подготовку режущего и вспомогательного инструмента для выполнения задания.
4. Провести сверление и рассверливание отверстия в соответствии с заданием.

5. Зенковать и цековать отверстие.
6. Провести эскизирование инструмента для сверления и рассверливания в соответствии с полученным заданием.
7. Выполнить операционный эскиз операции сверления отверстия.
8. Выбрать измерительный инструмент для контроля размеров отверстия.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие виды обработки выполняют на станках сверлильной группы?
2. Виды инструмента, применяемого на сверлильных и расточных станках и его назначение?
3. Основные геометрические параметры сверла, зенкера, развёртки и метчика.
4. Почему на универсально-сверлильных станках невозможно сверлить глубокие отверстия?
5. Способы формирования отверстий большого диаметра и глубоких отверстий.
6. Назначение режимов резания при сверлении.
7. Основные части режущего инструмента и элементы рабочей части спирального сверла, зенкера, развёртки и метчика.
8. Особенности заточки спирального сверла.
9. Виды зенкеров, их конструктивные особенности и назначение.
10. Особенности конструкции вертикально-сверлильного, радиально-сверлильного и расточного станков.
11. Виды работ, выполняемых на радиально-сверлильных и расточных станках и их конструктивные особенности.
12. Назначение и области применения многошпиндельных станков.
13. Области применения координатно-расточных станков.

Лабораторная работа № 6 Обработка абразивным инструментом

Цель работы:

1. Знакомство с основными видами абразивной обработки.
2. Изучение особенностей применения различных видов шлифования.
3. Знакомство с видами полирования и отделочной обработки.
4. Изучение отделочных видов обработки зубчатых колёс, червяков и шлицев.
5. Знакомство с конструкцией и работой плоско-шлифовального и заточного станков.
6. Освоение приёмов работы на станках абразивной обработки, методами полирования и доводки.

Теоретическая часть

Абразивная обработка – технологический процесс обработки материалов резанием, т.е. со снятием стружки. Слой металла (припуск) с заготовки снимается в результате резания, осуществляемого абразивным инструментом с большим количеством микрорезцов – абразивных зёрен. Как правило, абразивную обработку выполняют после обработки лезвийным режущим инструментом, электро-физическими методами и другими способами.

К абразивной относятся следующие виды обработки:

Шлифование – обработка вращающимся инструментом – шлифовальным кругом. Вращение круга является главным движением резания и осуществляется со скоростью 10-100м/с. Шлифование обеспечивает 5-7 качества, 6-7 степень точности формы и шероховатость по параметру $R_a = 1,2 - 0,1$ мкм.

Доводка – обработка, осуществляемая, как правило, после шлифования и направленная на достижение наиболее высокой точности размеров и формы детали, а также высокого качества поверхности. При доводке инструмент и заготовка в большинстве случаев совершают одновременно несколько движений (вращательное, возвратно-поступательное, колебательное) со скоростью 0,1 – 3,0 м/с. Доводка обеспечивает 0,1-4-й качества, 1-5 степень точности и шероховатость по параметру $R_a = 0,10 - 0,01$ мкм.

Полирование – обработка деталей в целях уменьшения шероховатости, получения зеркального блеска, а также удаления дефектного слоя. В результате полирования микронеровности на поверхности детали приобретают сглаженную, закруглённую форму, что значительно увеличивает отражательную способность поверхности. Полирования выполняют по схеме, аналогичной шлифованию, при высокой скорости (15-30 м/с) инструмента, так и по другой схеме при малой скорости (0,2- 0,5 м/с). В качестве инструмента

применяют диск с рабочей торцовой поверхностью. В первом случае происходит интенсивное тепловыделение в зоне контакта инструмента с заготовкой, тонкий слой металла размягчается и течёт, заполняя впадины микронеровностей. Во втором случае удаляются тончайшие поверхностные плёнки, образующиеся при взаимодействии воздуха и поверхностно-активных веществ с металлом. Полированием получают блестящие поверхности с шероховатостью по параметру $R_a = 0,1 - 0,04$ мкм.

Отрезка – разделение заготовки на части с помощью специального отрезного абразивного круга. Производительность отрезки по сравнению с другими видами разделения (дисковые пилы, фрезерование и др.) значительно выше.

Отделочная обработка – обработка, с целью удаления поверхностного дефектного слоя металла; снятие заусенцев после обработки резанием и облоя после штамповки и точного литья; закругление кромок; подготовка поверхностей под покрытия; удаление окалины, образовавшейся при термообработке; придание деталям товарного вида. В большинстве случаев отделочную обработку осуществляют путём воздействия на заготовку потока свободных абразивных зёрен.

Абразивные инструменты и основы выбора шлифовальных кругов.

Абразивная обработка основана на воздействии абразивных зёрен на обрабатываемый материал. Абразивное зерно представляет собой многогранник неправильной геометрической формы, все вершины которого имеют закругления. Радиус закругления, а также угол заострения характеризуют степень остроты зерна во многом влияют на характер взаимодействия зерна с материалом.

Степень остроты зёрен разных абразивных материалов неодинакова. Наибольшую степень остроты имеют зёрна сверхтвёрдых материалов – алмаза и кубического нитрида бора (КНБ или эльбора). Зёрна электрокорунда и карбида кремния характеризуются значительно большими радиусами вершин и меньшим количеством острых углов.






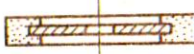
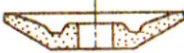
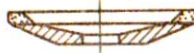


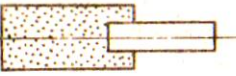



К абразивным инструментам **ГОСТ 2424-83 (действующий ГОСТ Р 52781-2007)**¹ относятся круги для шлифования и заточки режущего. О форме и размерам. В табл. 1 приведены широко применяемые формы абразивных и алмазных инструментов. Алмазные инструменты содержат алмазосодержащий слой толщиной обычно не более 3 мм, закреплённый на металлическом корпусе. Распространённым абразивным инструментом является лента, имеющая один или два слоя абразивных зёрен, приклеенных к гибкой основе. Гибкость ленты и небольшая толщина позволяет применять её для обработки фасонных поверхностей, труднодоступных мест и т.п.

¹ Сведения о маркировке по действующему ГОСТ см в ПРИЛОЖЕНИИ

Абразивный инструмент характеризуется формой и размерами, материалом абразивных зёрен, связующим веществом, зернистостью, твёрдостью и структурой.

К абразивным материалам естественного происхождения относятся алмаз, природный корунд (90% Al_2O_3), наждак (до 65% Al_2O_3) и песчаник (состоит из зёрен кварца SiO_2 , связанных известью и глинистыми веществами). Наибольшее практическое применение имеет алмаз для правки шлифовальных кругов и изготовления алмазных кругов и также оснащения резцов и свёрл. К абразивным материалам искусственного происхождения относятся синтетический алмаз, электрокорунд, карбид кремния (карборунд) и карбид бора. Для изготовления абразивных инструментов используют главным образом искусственные абразивные материалы.¹

Основные формы абразивных инструментов Таблица 6.1.

Разновидности	Абразивный		Алмазный	
	эскиз сечения	обозначение	эскиз сечения	обозначение
Плоские: прямого профиля	<i>a</i> 	ПП	<i>б</i> 	АПП
с выточкой	<i>в</i> 	ПВ	<i>г</i> 	АПВ
Диски	<i>д</i> 	Д	<i>е</i> 	АОК
Тарелки	<i>ж</i> 	Т	<i>з</i> 	АТ
Чашки: конические	<i>л</i> 	ЧК	<i>м</i> 	АЧК
Головки цилиндрические	<i>н</i> 	ГЦ	<i>о</i> 	АГЦ
Бруски хонинговальные	<i>п</i> 	БХ	<i>р</i> 	АБХ

Искусственные абразивные материалы

Электрокорунд. Подавляющая часть (более 70%) абразивного инструмента изготавливается из электрокорунда, который получают путём плавки глинозёма в электрических печах. Основная составляющая электрокорунда – кристаллический оксид алюминия Al_2O_3 . В зависимости от содержания оксида и примесей электрокорунд имеет различный цвет, структуру и свойства: нормальный-12А...16А (91-96% Al_2O_3); белый-22А...25А (97-99%); хромистый- 32А...34А; титанистый – 37А; монокорунд - 43А...45А, зёрна которого представляют собой отдельные кристаллы и имеют большое число режущих граней. Применяют для шлифования жаропрочных сплавов.

Карбид кремния SiC - химическое соединение кремния с углеродом, получается при плавке кварцевого песка и кокса. Зёрна его имеют более высокую твёрдость (32...35ГПа против 18,6...23ГПа), чем электрокорунд. Применяются две разновидности карбида кремния: чёрный – 53С...55С (95-89% SiC) и зелёный – 63С...64С (98-99%). Недостаток карбида кремния – высокая хрупкость и малая прочность. Для обработки сталей карбид кремния непригоден, применяют его при обработке хрупких материалов-чугунов, бронзы, титановых и тугоплавких сплавов, заточке твердосплавных инструментов.

Карбид бора B_4C – химическое соединение бора с углеродом, получают плавлением борного ангидрида B_2O_3 с нефтяным коксом. Карбид бора имеет высокую твёрдость (39...44ГПа), большую хрупкость и применяется в виде порошков для доводочных процессов и при ультразвуковой обработке хрупких материалов.

Синтетические алмазы (АС) получают в виде мелких кристаллов размером обычно не более 1 мм. Синтез алмазов происходит при воздействии на графит высоких давлений (4,9ГПа) и высоких температур (2500°C). В присутствии металлического катализатора происходит синтез алмазов – превращение углерода из гексагональной структуры графита в кубический алмаз. Синтетические алмазы в зависимости от прочности делятся на пять марок: обычной прочности – АС2; повышенной прочности – АС4; высокой прочности – АС6; монокристалльные – АС15 и АС20 (ГОСТ 9206-80Е).

Кубический нитрид бора (КНБ) – эльбор, состоящий из 44% бора и 56% азота – абразивный материал, твёрдость которого близка к алмазу, а теплостойкости в 2 раза выше – до 1600°C. Эльбор бывает обычной (ЛО) и повышенной прочности (ЛП). Его получают в результате синтеза гексагонального нитрида бора при высоких давлениях и температурах. В решётке КНБ каждый атом бора соединён с четырьмя атомами азота, расположенными в пространстве по вершинам тетраэдра. КНБ, как и алмаз обладает исключительно высокими абразивными свойствами и намного превосходит по износостойкости все известные абразивные материалы.

Необходимо учитывать химическое средство обрабатываемого и абразивного материалов. Так, алмаз не может использоваться для интенсивного шлифования стали из-за сродства к углерода и железа; электрокорунд – неэффективен для шлифования титановых сплавов из-за сродства алюминия и титана. КНБ, с этой точки зрения, имеет важное преимущество вследствие высокой химической инертности.

Зёрна шлифпорошков из **природных** алмазов марок А1,А2,А3,А5 и А8 имеют размеры от 40 до 630 мкм; эти марки различаются процентным содержанием зёрен изометрической формы (от 10 до 80%). Из порошков природных алмазов изготавливают инструмент на металлической связке для обработки стекла, керамики, бетона, камня, а также правящий и буровой инструмент.

Зернистость абразивов

Абразивные зёрна делятся на четыре группы:

шлифзёрна – от № 200 до №16 (имеют зёрна основной фракции размером от 2000 до 160 мкм);

шлифпорошки – от №12 до №3 (зёрна от 125 до 28 мкм);

микropорошки – от М63 до М14 (зёрна от 63 до 10 мкм);

тонкие микropорошки – от М10 до М1.

Сортировка зёрен от №200 до №3 производится просеиванием через сита, и зернистость определяется размером стороны ячейки сита. Например, зерно №16 просеивается через сито с размером ячейки 0,15 мм и остаётся на сите зерно с размером 0,16 мм.

Алмазные зёрна делятся на две группы: шлифпорошки (от 630/500 до 50/40) и микropорошки (от 60/40 до 1/0).

Порошки эльбора в зависимости от размера зёрен, методов их контроля и получения делятся на три группы: шлифзёрна зернистостью от ЛО 315/250 до ЛО 200/160; шлифпорошки от ЛО 160/125 до ЛО 50/40; микropорошки от ЛМ 40/28 до ЛМ 5/3. Зернистость алмазов и эльбора обозначается дробью, в числителе которой наибольший, а в знаменателе – наименьший размер в мкм зёрен основной фракции.

Связующие вещества (связки)

Связка оказывает большое влияние на эффективность работы абразивных зёрен. Применяют связки трёх типов: неорганические, органические и металлические. К неорганическим связкам относятся керамическая, магнезиальная, силикатная. Наиболее распространена керамическая связка: из неё изготавливается около 60% всего абразивного инструмента. В её состав входят огнеупорная глина, полевои шпат, тальк и др. Инструменты на керамической связке теплостойки и не боятся влаги. Их недостаток – хрупкость.

Органические связки: бакелитовая (Б), глифталевая (Г) и вулканитовая (В). Бакелитовая связка изготавливается из фенолформальдегидной смолы. Инструмент на ней прочен, эластичен и допускает большие окружные

скорости. Однако его химическая и тепловая стойкости невысоки. Круги на глифталевой связке имеют повышенную упругость и применяются на чистовых операциях. Вулканитовая связка обладает высокой прочностью и эластичностью. Применяется для изготовления тонких отрезных кругов.

Металлические связки, состоящие из металлической основы (порошки меди, олова, алюминия) и наполнителя, применяют в алмазных кругах. Металлические связки МИ и МК на медной основе имеют наполнитель карбид кремния и электрокорунд, соответственно связка М5 с основой из алюминия и меди, связка М1 изготовлена на основе меди и олова. Эти связки обеспечивают высокую производительность и эффективное использование алмазов.

Твёрдость абразивных инструментов

Под твёрдостью абразивного инструмента понимают свойства связки оказывать сопротивление проникновению в него другого тела. Установлено 7 классов твёрдости: мягкий (М); среднежёгкий (СМ); средний (С); твёрдый (Т); весьма твёрдый (ВТ); чрезвычайно твёрдый (ЧТ).

При выборе твёрдости абразивных инструментов учитывают физико-механические свойства обрабатываемого материала, требования к точности и качеству поверхности.

При правильном выборе шлифовального круга из-за возрастания сил происходит вырывание зёрен из связки. При равномерном вырывании зёрен по всей поверхности круга происходит самозатачивание, т.е. на место выпавших зёрен в процесс резания включаются новые острые зёрна. Если твёрдость круга излишне высока, то сила резания не в состоянии вырывать зерно из связки, и в этом случае происходит «зосаливание» круга, что приводит к резкому ухудшению качества поверхности (прижоги, увеличение шероховатости и др.).

Структура абразивного инструмента

Под структурой абразивного инструмента понимают количественное соотношение между абразивным зёрнами, связкой и порами. Различают четыре группы структур (рис.6.1.) абразивных инструментов: плотные (рис.6.1,а) структуры №№ 0...3; средние (рис.6.1,б)

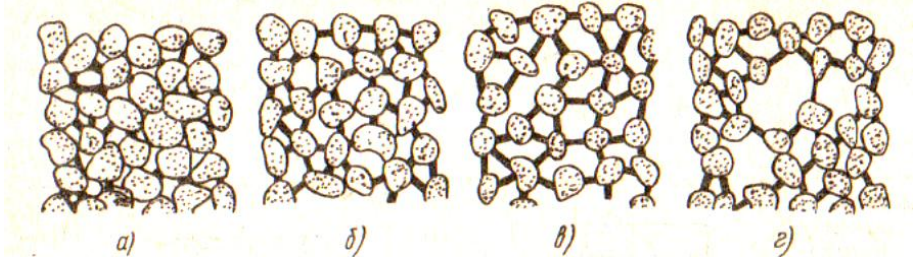


Рис. 6.1. Структуры абразивных инструментов

№№4...6; открытые №№7...12; высокопористые №№ 13...18. Чем более открытая структура, тем меньше будет засаливаться. Высокая пористость придаёт инструментам лучшие условия охлаждения зёрен и отвод стружки. Выбор структуры зависит от назначения инструмента, свойств обрабатываемого материала и других условий обработки. Наиболее часто применяются среднеплотные инструменты.

Виды шлифования

Различают следующие основные виды шлифования: наружное круглое, внутреннее круглое, бесцентровое и плоское, фасонное и специальные виды шлифования: резьбошлифование, зубошлифование, шлицшлифование и др. (рис.6.2). Наиболее распространёнными видами шлифования являются наружное круглое, внутреннее круглое и плоское. Для обработки фасонных поверхностей применяют ленточное шлифование – движущейся с большой скоростью (30-50 м/с) абразивной лентой, расположенной между двумя ведущими дисками и натяжным диском (рис.6.3).

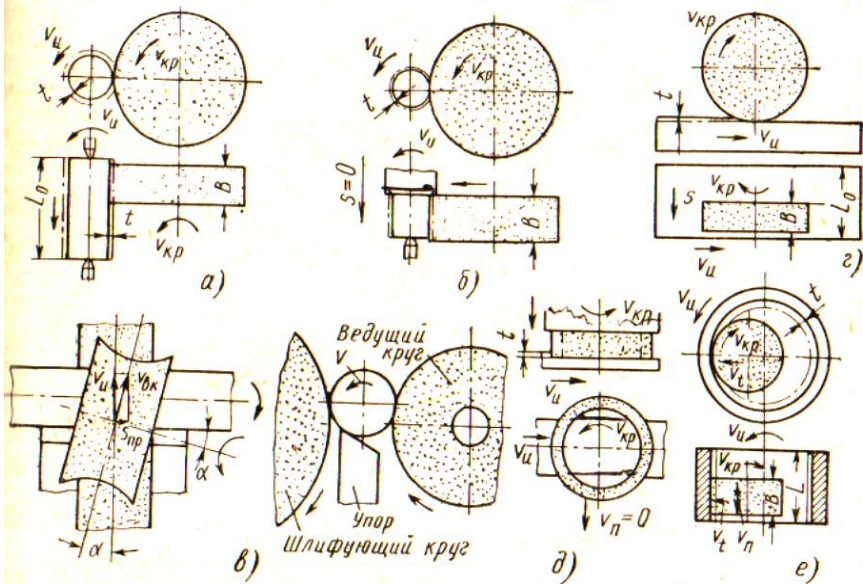


Рис.6.2. Схемы резания при шлифовании: а-наружное с продольной подачей; б- наружное с поперечной подачей; в-бесцентровое; г – плоско периферией круга; д – торцом круга; е – круглое внутреннее

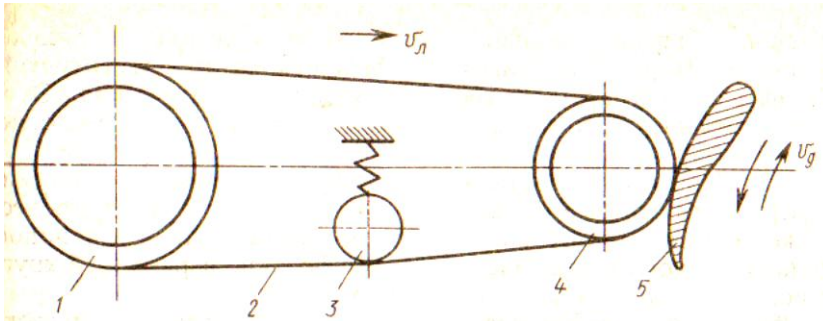


Рис.6.3. Схема ленточного шлифования: 1-ведущий диск; 2-лента; 3-натяжной диск; 4-ведомый диск; 5- деталь

Наружное круглое шлифование с продольной подачей (рис.6.2,а) осуществляется при вращении шлифовального круга и вращении обрабатываемой детали. Кроме того, обрабатываемая деталь (иногда круг) имеет продольное перемещение параллельно оси вращения круга (детали). В конце каждого одинарного или двойного прохода шлифовальный круг получает поперечное перемещение на глубину резания.

Шлифование поперечной подачей (рис.6.2,б) применяют для деталей небольшой длины (шейки валов). При шлифовании по этой схеме, кроме вращения шлифовального круга и обрабатываемой детали, осуществляется поперечная подача шлифовального круга.

При круглом внутреннем шлифовании (рис.6.2,е) круг и обрабатываемая деталь имеют вращательное движение. Кроме того, круг имеет вращательно-поступательное движение подачи и поперечную подачу (на глубину резания) в конце каждого двойного хода.

Круглое бесцентровое наружное шлифование (рис.6.2,в) применяется для обработки гладких валов. Обрабатываемая деталь располагается на ноже (упор) между шлифующим и ведущим кругами. Шлифующий круг вращается с окружной скоростью, равной примерно 30-40 м/с, ведущий круг – со скоростью 10-80 м/ мин. Ведущий круг располагается под углом $\alpha = 1,5-5^\circ$ к обрабатываемой детали и шлифующему кругу. Обрабатываемая деталь получает от ведущего круга вращательное и поступательное движения (т.к. ведущий круг располагается под углом)- вращательную V_{ω} и продольную подачи S_m . скорость продольной подачи зависит от угла α (чем больше угол, тем больше скорость продольной подачи).

Плоское шлифование (обработка плоских поверхностей) осуществляется двумя методами: торцом круга и периферией круга. Схема шлифования торцом показана на рис.6.2,д, схема шлифования периферией – на рис.6.2,г. Обрабатываемой детали сообщается поступательно-возвратное движение, шлифовальному кругу – вращательное и, кроме того, после каждого

двойного хода – перемещение в поперечном направлении. Шлифование периферией круга используют для более точных работ.

Ленточное шлифование имеет несколько разновидностей: с контактной опорой, без контактной опоры, одно- и двухсторонняя обработка, шлифование широкой и узкой лентой (строчное шлифование) и др.

Режущий инструмент – абразивная лента состоит из основы, слоя абразивных зёрен и клея-связки. Основой ленты являются прочные сорта бумаг и ткани хлопчатобумажные и синтетические. При ленточном шлифовании в отличие от шлифования кругами в поверхностном слое образуются остаточные напряжения сжатия. Процесс ленточного шлифования можно регулировать изменением натяжения ленты, режимов шлифования, материала для контактных роликов, СОЖ, характеристик ленты (тип основы, клея, зернистость абразива).

Износ и правка шлифовальных кругов

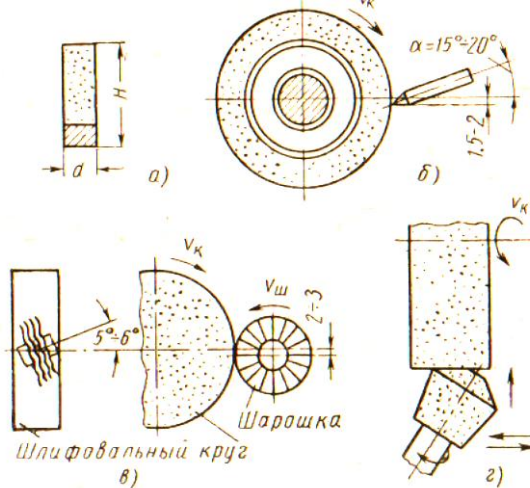


Рис.6.4. Правка шлифовальных кругов: а- алмазный карандаш для правки кругов; б- правка круга алмазом; в – правка круга шарошкой; г – правка карборундовым кругом

При работе абразивным инструментом происходит износ круга, удаление зёрен и их затупление, а также заполнение пространства между зёрнами металлической пылью. Износ шлифовального круга по его ширине идёт неравномерно: наиболее интенсивно изнашивается та часть круга, которая встречается с обрабатываемой деталью-эта часть округляется и выполняет роль заборной части.

Момент затупления круга характеризуется ухудшением чистоты и точности обработки, появлением прижогов, уменьшением производительности, появлением дополнительного шума. Поэтому появляется

необходимость в правке (придание необходимой геометрической формы) круга, заключающийся в удалении с поверхности круга слоя абразивных зёрен для восстановления режущей способности и придания ему правильной геометрической формы, балансировки. Средняя стойкость шлифовальных кругов при наружном шлифовании около 15 мин. Правят круги при помощи алмазов, заделанных в оправке, алмазных карандашей (мелкие алмазы, цементированные сплавом вольфрама, меди и алюминия в виде цилиндриков), кругов из карбида кремния и металлических шарошек.

Элементы режима резания выбираются из справочной литературы в зависимости от природы обрабатываемого материала, выбранного шлифовального круга и конструкции оборудования. Порядок выбора режимов резания: выбирают характеристики круга и устанавливают его окружную скорость. Определяют глубину резания. Подбирают СОЖ. Вычисляют силу резания и мощность, потребную на шлифование.

Основы выбора шлифовальных кругов

Форму и размер абразивного инструмента определяют в зависимости от конструкции и назначения станка, его размеров, конструкции крепёжного приспособления, формы и размеров обрабатываемых заготовок, а также площади контакта инструмента с обрабатываемыми поверхностями детали.

Наиболее просты по форме и универсальны по применению круги типа ПП. Тонкие круги-диски для прорезных работ, шлифования пазов и отрезки материалов типа Д. круги с выточками (типов ПВ, ПВК, ПВДК, ПВД) представляют собой разновидности кругов типа ПП. Выточки предназначены для более прочного крепления на оправке и лучшего отступа круга к шлифуемому месту. Круги типа ПВ применяют для внутреннего шлифования, когда надо подрезать донышко изделия или работать «в упор». Круги типов ПР и ПН предназначены для чистового плоского шлифования. Круги типа ПР имеют рифлёную рабочую поверхность для более быстрого охлаждения. Круги типов 2П и 4П используют главным образом для заточки многолезцовых инструментов: пил, фрез, для шлифования зубьев шестерён. Круги-кольца типов К и 2К применяют для плоского шлифования торцом. Круги типа ЧЦ используют при заточке инструментов, при плоском шлифовании, иногда – при обработке отверстий, особенно несквозных. Круги-тарелки типов 1Т-4Т применяют в случае ещё более резкого ограничения свободного пространства вокруг шлифуемой поверхности. Круги других форм, например сегменты, бруски, головки, предназначены для работы на станках специального назначения.

Выбор того или иного абразивного материала в значительной степени определяется характеристиками обрабатываемого материала. Для абразивных материалов общее правило таково: шлифование пластичных материалов с высоким сопротивлением разрыву, т.е. всех марок сталей, производится инструментом из электрокорундовых материалов; шлифование твёрдых хрупких материалов с низким сопротивлением разрыву, т.е. чугуна,

твёрдого сплава, керамики, стекла, а также мягких алюминиевых и медных сплавов – инструментом из карбида кремния. Алмазный инструмент применяют в основном для обработки твёрдых сплавов, керамики, полупроводниковых материалов технических камней, стекла, а также для чистовой обработки цветных сплавов и стали. Инструмент из КНБ (эльбор, кубонит) используют для шлифования легированных высокотвёрдых сталей ($\geq 55-65 \text{ HRC}_3$), в особенности инструментальных, быстрорежущих и жаропрочных.

Класс точности инструмента характеризуется предельными отклонениями наружных, внутренних и торцовых поверхностей, их взаимного расположения, зрновым составом, наличием сколов, трещин и раковин. Шлифовальные круги изготавливаются трёх классов точности: АА, А и Б (расположены в порядке убывания точности).

Класс неуравновешенности является одной из основных причин, вызывающих вибрации при шлифовании, снижение стойкости кругов между правками, производительности и ограничения скорости шлифовального круга. Выпускаются круги четырёх классов неуравновешенности массы: 1, 2, 3 и 4. Круги класса точности АА должны иметь наименьшую неуравновешенность, т.е. 1; класс А- 1 или 2; Б – 1,2 или 3.

Характеристика абразивного инструмента в виде условных обозначений наносится на нерабочей поверхности кругов, брусков, сегментов. Маркировка позволяет установить назначение инструмента и гарантированную изготовителем скорость безопасной работы. В маркировке шлифовального круга: ПП 300 × 25 × 127 24А 63 С1 5 К 35 м/с А 2 кл

Указаны тип и размеры инструмента, марка абразивного материала (24А – электрокорунд белый), его зернистость (63), степень твёрдости (С1), номер структуры (5), разновидность связки (К), рабочая скорость (35 м/с), класс точности (А) и класс неуравновешенности (2кл) инструмента.

Выбор характеристики абразивного инструмента для различных видов шлифования производится с учётом следующих факторов: материал детали; группа шлифуемости и твёрдость этого материала, размеры заготовки и её формы, требуемая шероховатость обработанной поверхности.

Техника безопасности при шлифовании

Круги перед постановкой на станок должны быть отбалансированы и испытаны на прочность при окружной скорости, в 1,5 раза превышающей рабочую скорость коуга. На станке должен быть стальной защитный кожух с минимальной открытой частью. Шлифовальные станки необходимо оснащать пылеулавливающими и пылеотсасывающими вентиляционными устройствами.

Чистовые методы абразивной обработки типовых деталей машин

Чистовые методы обработки делятся на две группы: обработка свободным абразивом – притирка, полирование, гидроабразивная, виброабразивная, магнитоабразивная и ультразвуковая обработка; обработка

инструментом со связанным абразивом – хонингование, суперфиниширование, притирка закреплёнными абразивами (брусками, прокатом).

Притирка обеспечивает наиболее высокую точность и высокое качество поверхностного слоя. Процесс состоит из нескольких переходов: предварительного, промежуточного и окончательного. Притирочные смеси, наносимые на диск-притир, применяются в виде паст и суспензий с концентрацией абразивов(мелких и шлифпорошков и микропорошков) от 3 до 30%. Давления на деталь небольшое около 0...0,05 Мпа. При относительном движении притира и детали происходит снятие тонких слоёв материала. Процесс **доводки** содержит механическое снятие выступающих микронеровностей, адсорбционное воздействие поверхностно-активных веществ, облегчающих процесс разрушения, и химические явления образования и срыва оксидных плёнок. На предварительных операциях применяют мягкие пористые притиры, а на окончательных – твёрдые, обычно стеклянные притиры.

Полирование обычно ведётся абразивными пастами, которые наносят (шаржируют) на круги из дерева, кожи, войлока, фетра и тканей. Съём металла обычно не более 0,01...0,03 мм. Полирование ведётся в два-три перехода с последовательным применением более мелких зёрен абразива.

Струйно-абразивная обработка производится зёрнами абразива, выбрасываемыми струёй воздуха под давлением. При ударе абразивных зёрен происходит съём материала и постепенное уменьшение высоты микронеровностей, а также упрочнение поверхностного слоя, что значительно повышает циклическую прочность деталей. Равномерность съёма материала обеспечивается определённым расположением форсунок и относительными перемещениями детали и струи абразивной суспензии. Интенсивность съёма обрабатываемого материала зависит от зернистости абразива, давления и угла атаки струи. Способ наиболее эффективен при обработке внутренних и наружных поверхностей крупных деталей фасонной формы.

Виброабразивную обработку осуществляют в контейнерах, заполненных абразивными зёрнами и жидкостью, в которых размещаются детали. Относительное перемещение зёрен абразива и обрабатываемых поверхностей деталей производится за счёт сообщения контейнеру колебаний в нескольких направлениях. Виброабразивная обработка позволяет успешно механизировать трудоёмкие операции по очистке, снятию заусенцев и полированию деталей сложной формы.

Турбоабразивную обработку производят в рабочей камере, дном которой является пористая решётка через которую подают сжатый воздух. На дно камеры помещаются детали и абразивные частицы, а затем создаётся т.н. «кипящий слой». Благодаря интенсивному турбулентному движению частиц обрабатываются детали наиболее сложного профиля. Аналогично проводятся процессы жидкостно-абразивной и магнитно-абразивной, центробежно-планетарной и экструзионно-абразивной обработки.

Ультразвуковые методы обработки основаны на использовании энергии ультразвуковых колебаний частотой от 18 до 44кГц и интенсивностью более 10 Вт/см^2 . Источником ультразвука служит пьезокерамические или магнитострикционные преобразователи, возбуждаемые от ультразвукового генератора. Разновидностями ультразвуковой обработки (рис.6.5): а – обработка незакреплённым абразивом, для снятия мелких заусенцев (менее 0,1 мм) и шлифования мелких деталей (массой менее 10-20 г; б – размерная обработка деталей из твёрдых хрупких материалов абразивной суспензией; в – очистка и смазка рабочей поверхности круга в процессе чистового шлифования вязких материалов; г – сообщение вынужденных ультразвуковых колебаний малой амплитуды режущим инструментам (лезвийным и абразивным) для интенсификации обычных процессов резания труднообрабатываемых материалов.

Для окончательной обработки (доводки) высокоточных отверстий применяют **хонингование**, при котором инструментом служит хонинговальная головка (хон) с закреплёнными по окружности абразивными или алмазными брусками (рис.6.6).

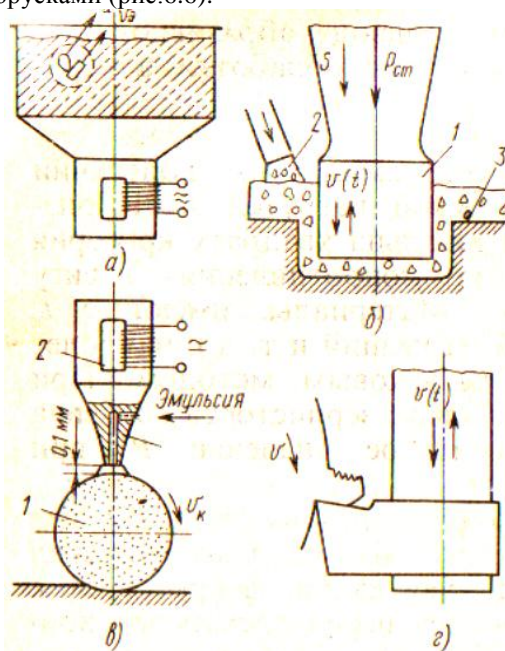


Рис.6.5. Виды ультразвуковой обработки материалов

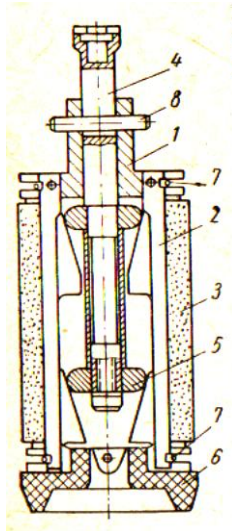


Рис.6.6. Хонинговальная головка

В пазах корпуса 1 размещаются колодки 2 с абразивными брусками 3. Колодки 2, имеющие конические выступы, круговыми пружинами 7 прижимаются к нажимным шайбам 5, закреплены на стержне 4 с отверстием под палец 8. Палец 8 служит для крепления хона на шпинделе станка, конус 6 – для центрирования головки. В процессе работы хон совершает вращательное и одновременно возвратно-поступательное движение. В конце двойного хода (вниз и обратно) хона стержень 4 продвигается вниз относительно корпуса 1 и нажимными шайбами 5 раздвигает на несколько микрон колодки брусками, т.е. производит радиальную подачу брусков для снятия припуска.

Суперфиниширование – процесс сверхтонкой абразивной обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, а также плоскостей колеблющимися брусками, обеспечивает получение высокого качества поверхности ($R_a = 0,02 \dots 0,08$ мкм). При суперфинишировании удаляются только гребешки, оставшиеся после предыдущей обработки рис.6.7.

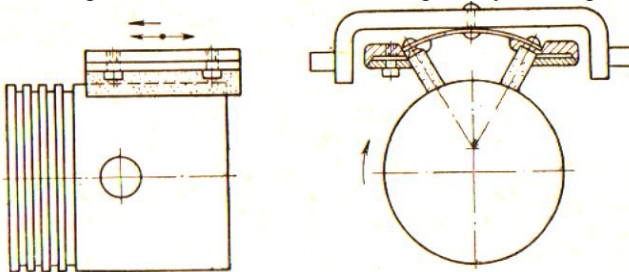


Рис.6.7. Схема суперфиниширование наружной поверхности цилиндрического поршня

Частота колебания брусков 300-2500 дв.ход/мин, амплитуда 1...54 мм, продольная подача 100-1000 мм/мин, окружная скорость 10-30 м/мин, давление брусков $\leq 0,2$ Мпа, температура резания не превышает 100°C.

Хонингование и супефиниширование – процессы двухстадийные; вначале удаляются неровности, образовавшиеся от предшествующей обработки, а затем неровности, образовавшиеся на первой стадии.

При отделочной обработке зубчатых колёс и шлицевых пазов в условиях единичного и серийного производства часто применяется шлифование.

Зубошлифование осуществляют в основном двумя методами: обкаткой и профильным копированием с помощью фасонного шлифовального круга. Шлифованием достигают шероховатости поверхности $R_a = 0,4 \dots 0,1$ мкм и точности основных параметров зубчатого колеса в пределах 4...7 степени точности независимо от размера оставляемого припуска.

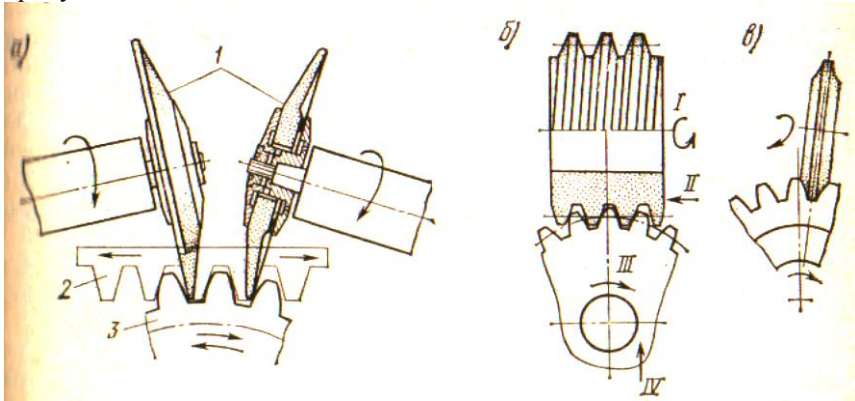


Рис.6.8. Схема шлифования зубьев шестерён

На рис.6.8,а изображена схема шлифования зуба цилиндрического колеса. Два шлифовальных круга 1 установлены таким образом, чтобы их торцы, обращённые к шпинделям, совпадают с боковыми сторонами зубьев воображаемой производящей рейки 2, находящейся в зацеплении с заготовкой 3. Обкатываясь по вращающейся заготовке 3, шлифовальные круги своими торцами шлифуют поверхность зубьев колеса.

Более производительным является шлифование абразивным червяком (рис.6.8,б). шлифовальный круг, изготовленный в виде одно- или двухзаходного червяка диаметром 300 мм в процессе обработки сообщают два движения: вращательное I – вокруг оси (движение резания) со скоростью 20...30 м/с и поступательное II – вдоль оси заготовки (движение подачи) со скоростью 0,6 мм за один оборот колеса. Зубчатое колесо получает вращение III вокруг своей оси, согласованное с вращением абразивного

червяка, и периодическое радиальное движение подачи IV. Точность обработки однозаходным червяком соответствует 6-й степени точности, двухзаходным – 7-й, шероховатость $R_a = 0,8-0,1$ мкм. Применяют также шлифование зуба копировальным фасонным шлифовальным кругом (рис.6.8,в).

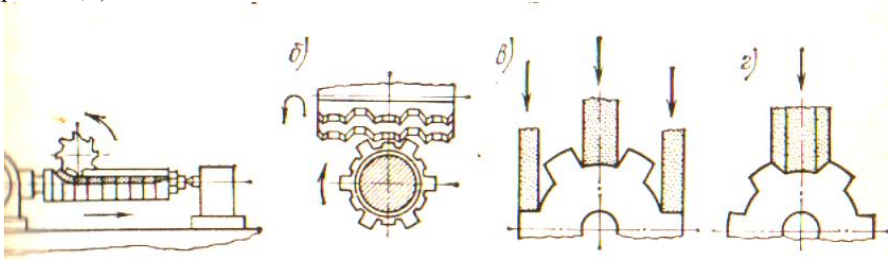


Рис.6.9. Схема формирования шлицевых валов на горизонтальнофрезерном, б – шлицефрезерном, в - шлицешлифовальном станках

В единичном, мелко-и крупносерийном производствах шлицы на валах обычно фрезеруют в две операции: вначале обрабатывают боковые стороны шлицев двумя дисковыми фрезами одновременно, а затем внутренний диаметр -профильной фрезой. Шлицевые валы диаметром до 30 мм обычно фрезеруют за один проход червячной фрезой (рис.6.9,б). Гнёзда шлицевых валов после термической обработки обычно шлифуют абразивным инструментом (рис.6.9, в,г). Шлифование боковых сторон шлицев и внутреннего диаметра шлицевого вала производят за один или два перехода в обычных плоскошлифовальных станках периферией шлифовального круга (рис.6.9,в): сначала боковые стороны шлицев двумя кругами, а затем внутренний диаметр одним профильным кругом. Либо паз шлифуется за один проход на шлицешлифовальном станке (рис.6.9,г).

Шлифование резьбы применяют для повышения её точности. Чаще всего после термической обработки заготовок и осуществляется на специальных резьбшлифовальных станках следующими способами (рис.6.10): однопрофильным кругом-а;методом врезания многопрофильным кругом с продольным движением подачи - б; широким многопрофильным кругом с осевым движением подачи- в.

Шлифование однопрофильным кругом является универсальным и точным методом. Его применяют для изготовления метчиков, резьбовых пробок, резьбовых колец и т.п.

Многопрофильные круги, шлифующие резьбу с продольным движением подачи, имеют заходную конусную часть. В обработке участвуют все нитки шлифовального круга, что является преимуществом перед врезным шлифованием, т.к. увеличивает производительность.

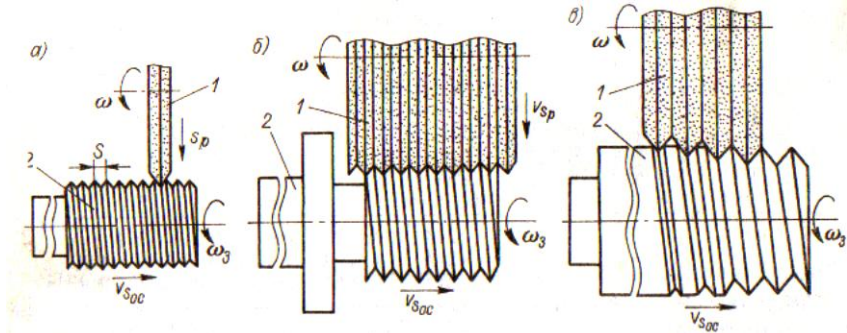


Рис.6.10. Схема резьбошлифования: 1 – шлифовальный круг; 2 - заготовка

Заточка режущего инструмента

Заточка – абразивная обработка, выполняемая для получения требуемых геометрической формы и размеров, высоты микронеровностей и качества поверхностного слоя (отсутствие прижогов) передних и задних поверхностей металлорежущего инструмента (резцов, фрез, свёрл и т.д.).

В зависимости от конструкции токарного резца и характера его износа заточку выполняют по передней, задней или по обеим поверхностям. При незначительном износе стандартных резцов по передней поверхности резцы целесообразно затачивать только по задней поверхности. Фасонные резцы перетачивают только по передней поверхности.

Для заточки резцов на шлифовально-точильных станках применяются абразивные плоские круги прямого профиля (ПП) или плоские круги с выточкой (ПВ). Абразивный круг в процессе заточки и доводки всех видов резцов должен вращаться в направлении режущей кромки резца (на заточника), что обеспечивает более высокое качество режущей кромки. Резцы из быстрорежущей стали целесообразно затачивать в последовательности: сначала переднюю поверхность, затем главную, вспомогательные задние грани и наконец закругления и фаски на вершинах резцов. При заточке твёрдосплавных резцов сначала обрабатывают задние поверхности державки резца кругами из электрокорунда, а затем в указанной выше последовательности на алмазном круге. После заточки резцов производят доводку режущей кромки кругами из карбида кремния зелёного с зернистостью 8-3, твёрдостью СМ2-СМ1 или кругами из КНБ зернистостью ЛМ40 на органической связке.

Заточка спиральных свёрл имеет разновидности: коническая, винтовая, одноплоскостная двухплоскостная. Наибольшее распространение получила коническая заточка. При этом методе сверло в процессе заточки покачивается вокруг оси сверла рис.6.11,а, скрещивающейся с осью сверла, а задняя поверхность каждого пера оформляется как часть конуса. Задний угол в цилиндрическом сечении увеличивается от периферии к центру.

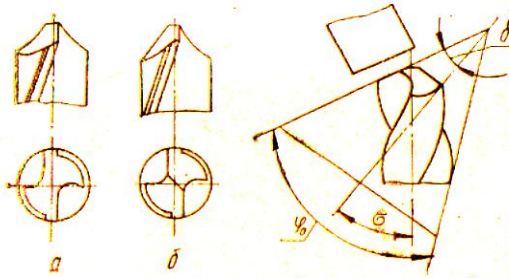
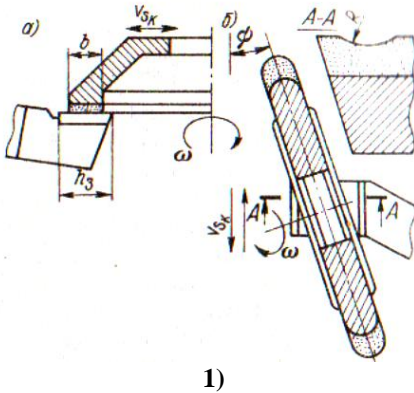


Рис.6.11. Схема заточки свёрл: а – коническая, б – винтовая
Винтовая заточка свёрл рис.6.11,б образуется в процессах одновременного
вращения сверла вокруг своей оси и возвратно-поступательного
движения затылования.

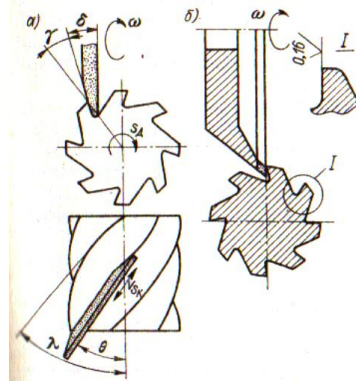
Одноплоскостная заточка применяется в основном для свёрл диаметром менее 3 мм. Задняя поверхность каждого пера в этом случае оформляется одной плоскостью, причём для того, чтобы конец пера не упирался в дно просверливаемого отверстия, задний угол в цилиндрическом сечении должен быть не менее 28° . Поперечная кромка прямолинейна и перпендикулярна оси сверла.

При двухплоскостной заточке каждая из двух плоскостей, образующих заднюю поверхность пера, затачивается отдельно. Ребро пересечения плоскостей проходит через ось сверла параллельно главным кромкам. Поперечная кромка состоит из двух наклонных прямых с выступающей центральной точкой, которая повышает точность сверления и улучшает работу сверла в начальный момент врезания. Задний угол первой плоскости выбирается в зависимости от материала. У второй плоскости задний угол выполняют в пределах $25-40^\circ$.

Форма режущих кромок инструмента образуется за счёт перемещения затачиваемой поверхности инструмента (движение подачи) относительно вращающегося шлифовального круга, имеющего различную форму, которая обеспечивается предварительной правкой. При заточке используют круги прямого профиля, а также инструменты чашечной или тарельчатой формы.



1)



2)

Рис.6.12.1. Схема заточки передней поверхности поверхности резца-а; прорезки стружколомающей канавки-б

Рис.6.12.2. Схема заточки многолезвийного инструмента

Заточку инструмента проводят по следующим схемам: передние и задние грани резцов (рис.6.12.1. где b -ширина круга; h_3 - ширина или высота затачиваемой поверхности; φ - угол разворота шлифовальной головки; R - радиус канавки), задние поверхности многолезвийных инструментов (рис.6.12.2. где а – инструмент с винтовыми зубьями и; б –инструмент с прямыми зубьями и круг эльбора; S_d – движение деления; λ – угол подъёма винтовой линии стружечной канавки; Θ – угол разворота шлифовальной головки; δ – угол профиля круга) затачивают торцовой поверхностью чашечных кругов или периферией круга прямого профиля. При заточке торцов обеспечиваются большая производительность и меньшая высота микронеровностей, чем при заточке периферией шлифовального круга.

Передние поверхности многолезвийных инструментов (рис.6.12.2)- фрез, развёрток, метчиков и т.д. затачивают кругами тарельчатой формы (рис.6.12.2).

Задние поверхности затачивают кругами формы ПП (рис.13,а) и чашечной формы (рис.6.13,б). Прорезку стружколомающих канавок на инструментах из быстрорежущих сталей и заточку радиусных фрез (рис.6.13,в) по задним поверхностям производят шлифовальными кругами из эльбора формы 1F1X или 1E1.

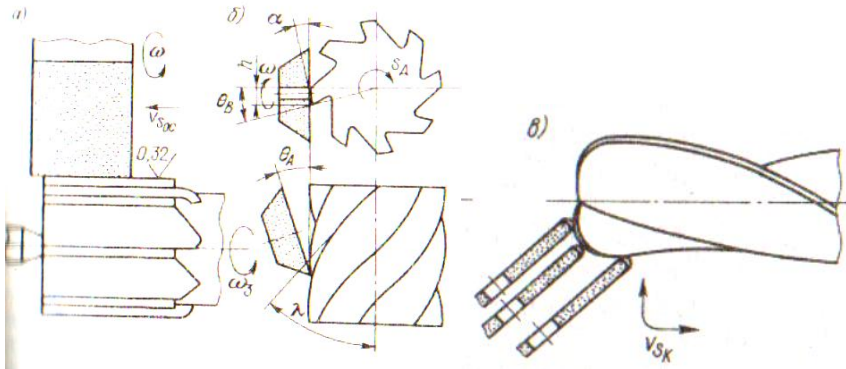


Рис.6.13. Схемы заточки задней поверхности многолезвийного инструмента с прямыми зубьями-а; с винтовыми зубьями - б; радиусного инструмента – в; (h - смещение круга; Θ_A и Θ_B – углы разворота шлифовальной головки)

Спиральное сверло является многолезвийным инструментом и достаточно быстро изнашивается. Кроме того, при резании возникает: давление сходящей стружки на переднюю поверхность; трение стружки о переднюю поверхность; давление материала на заднюю поверхность; трение задней поверхности о поверхность резания; трение о стенки отверстия ленточек, расположенных на цилиндрической поверхности сверла; осевое давление и крутящий момент от поперечной кромки сверла. Для уменьшения вредного влияния некоторых из перечисленных факторов производят заточку свёрл различными методами. На рис.6.14 показано сверло с двойной заточкой в сочетании с подточкой и прорезкой перемычки способствует уменьшению осевой силы и увеличению стойкости сверла в 4-5 раз. На рис.6.15 показаны различные методы заточки сверла, в результате которой удаётся повысить производительность.

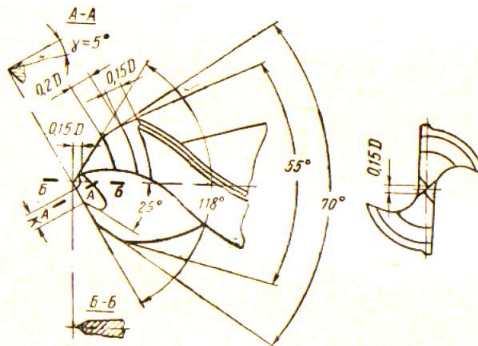


Рис.6.14.Сверло конструкции В.И. Жирова

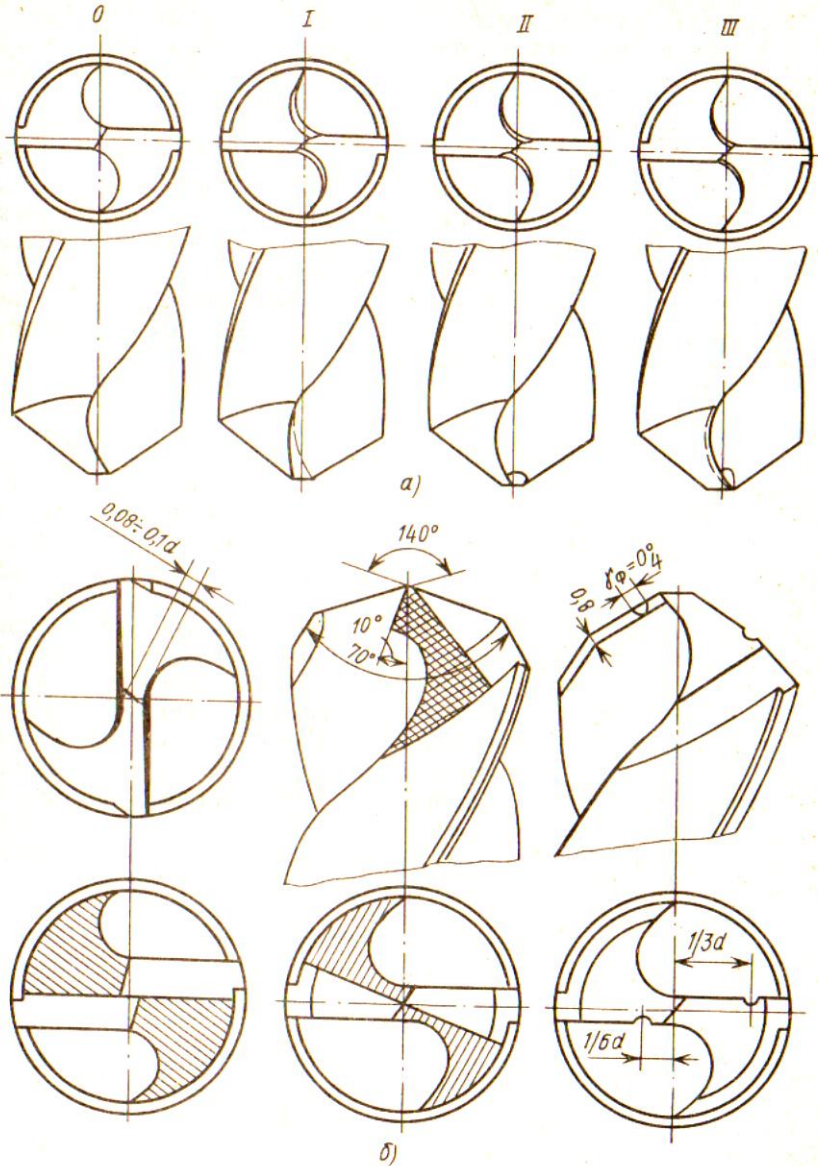


Рис.6.15. Методы заточки спиральных свёрл
 Для обработки отверстий в высокопрочных материалах целесообразно применять спиральные свёрла повышенной жёсткости, имеющие толщину сердцевины $(0,3-0,35)D$ с подточкой перемычек: I, II, III.

Свёрла из быстрорежущих сталей применяют для сверления материалов $\sigma_{\text{в}} < 1600$ МПа; для более прочных материалов необходимо применять твёрдосплавные свёрла марок ВК8 и ВК10.

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с работой плоско-шлифовального и шлифовально-заточного станков и маркировкой абразивного инструмента.
2. Получить задание у преподавателя для заточки: токарного резца; спирального сверла; зубила; отвёртки; бытового ножа и т.п.
3. Выбрать марку круга для заточки инструмента в соответствии с заданием.
4. Подготовить шлифовальный станок к работе.
5. Провести заточку по заданным параметрам.
6. Проконтролировать правильность заточки измерением и экспериментально.
7. Дать эскизы заточенного инструмента с указанием полученных и заданных размеров (последние - в скобках).
8. Указать материалы рабочих частей затачиваемого инструмента.
9. Расшифровать марку использованного шлифовального круга.
10. Получить задание на расшифровку абразивного круга и сделать предположение об его использовании.

Контрольные вопросы для самопроверки

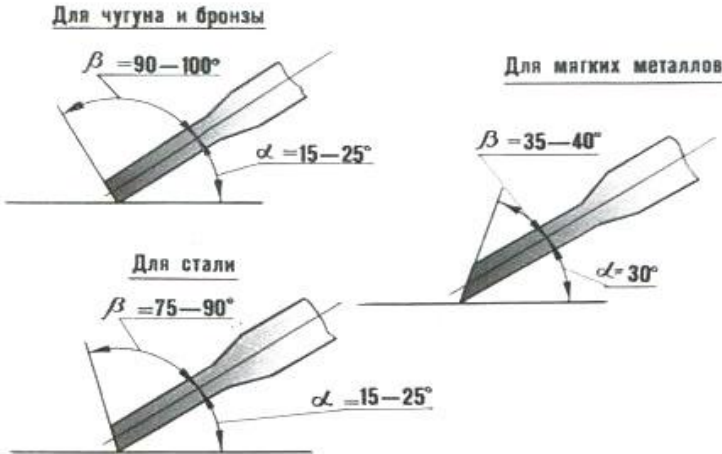
1. Что такое абразивные материалы?
2. Разновидности абразивных материалов и их основные представители?
3. Формы шлифовальных кругов и их назначение?
4. Маркировка абразивных материалов.
5. Основные характеристики шлифовальных кругов.
6. Маркировка шлифовальных кругов.
7. Основные виды отделочной обработки и доводи типовых деталей машин.
8. Особенности различных видов шлифования.
9. Особенности подготовки шлифовальных кругов к работе.
10. Каково назначение правки кругов и способы её выполнения?
11. Особенности процессов заточки режущих инструментов.
12. В чём различия в технологических процессах шлифования и полирования?
13. Что такое притирка и способы её выполнения ?
14. Что такое зернистость, твёрдость и пористость шлифовальных кругов?

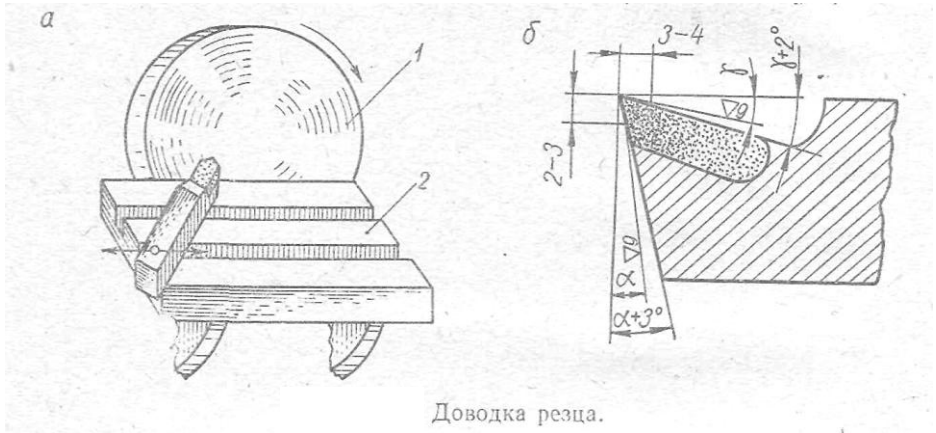
15. Особенности выбора шлифовального круга в зависимости от свойств абразивного материала.
16. Почему не целесообразно шлифование стали и чугуна алмазными материалами?
17. В каких случаях применяется ленточное шлифование?
18. Особенности производства искусственных алмазов и инструмента на основе кубического нитрида бора (эльбор, боразон, кубонит)?
19. В чём особенности ультразвуковой обработки материалов?
20. Какие виды отделочной обработки деталей Вам известны?

ПРИЛОЖЕНИЯ

В первой части данных приложений приводятся способы, приёмы и особенности заточки некоторых видов инструментов: слесарного, токарного и бытового. Во второй части – особенности выбора абразивных материалов и сведения из нового ГОСТа по особенностям маркировки шлифовального инструмента и порошков.

Рекомендуемые углы заточки и наклона шаберов

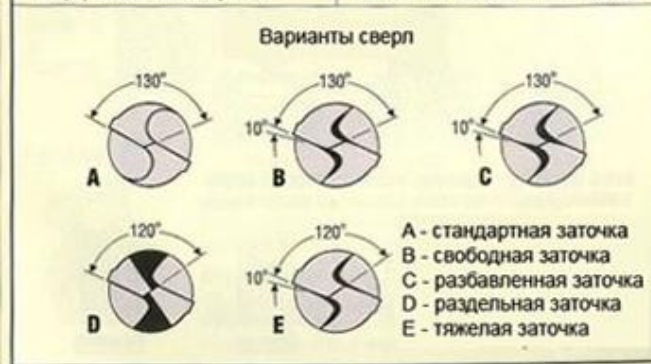
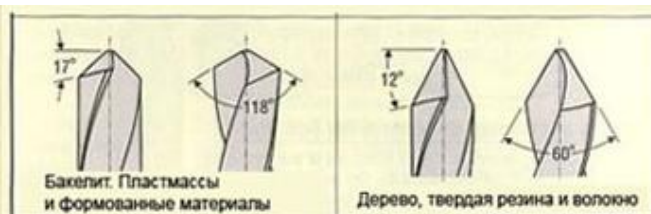




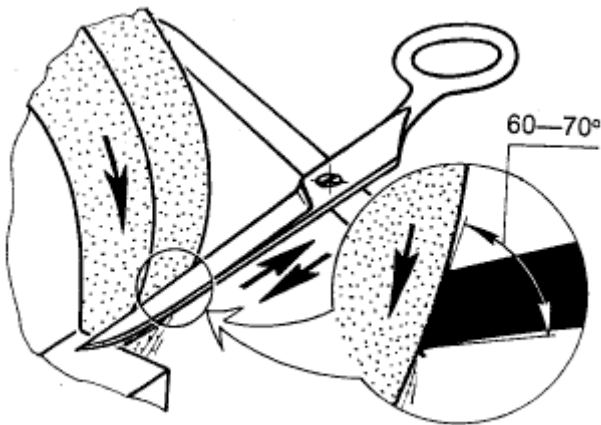
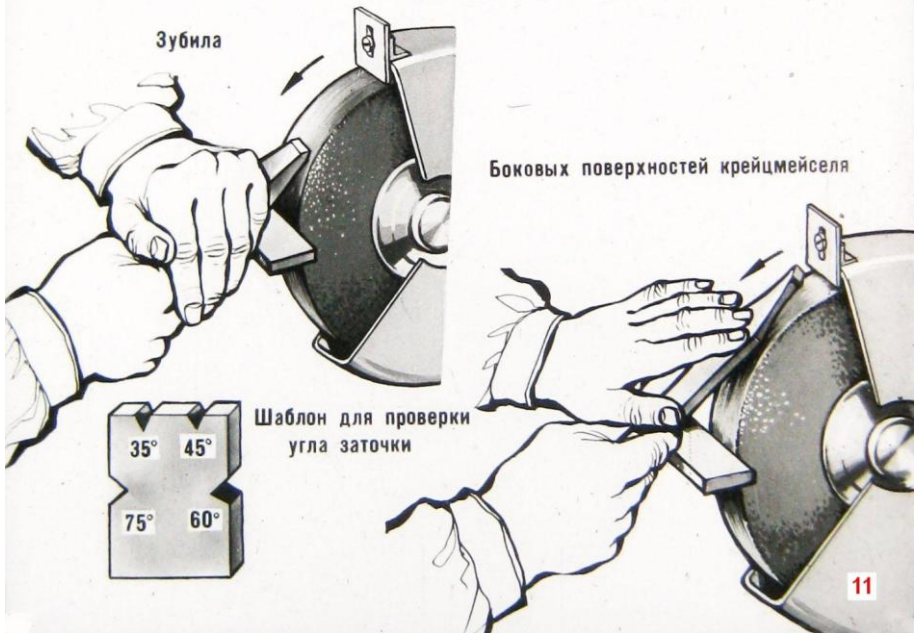
Гладкая затылочная часть должна быть без сколов и трещин

СЛЕДИТЕ, ЧТОБЫ УГОЛ ЗАТОЧКИ ЗУБИЛА СООТВЕТСТВОВАЛ ОБРАБАТЫВАЕМОМУ МАТЕРИАЛУ

Материал	φ°
Чугун, бронза	70
Сталь средней твердости	60
Медь, латунь	45
Алюминий, цинк	35



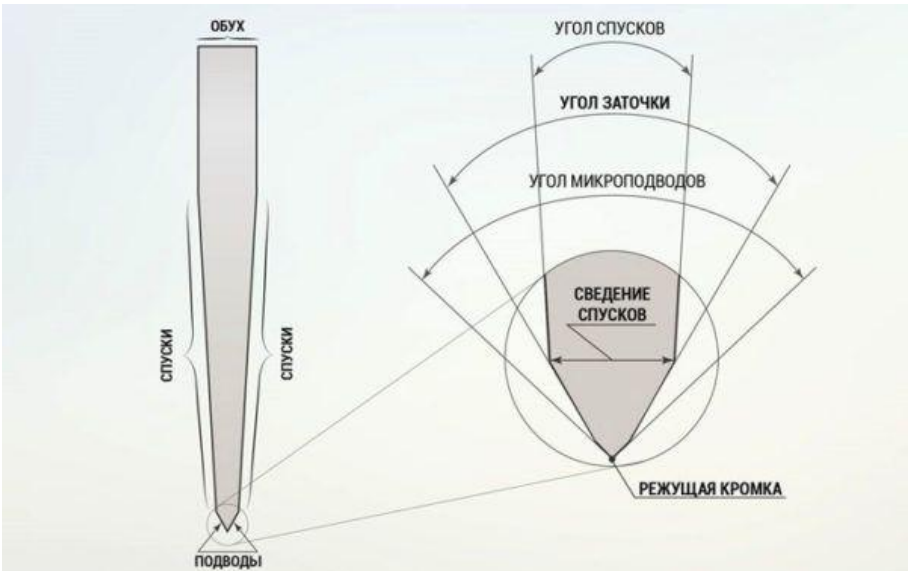
Затачивание

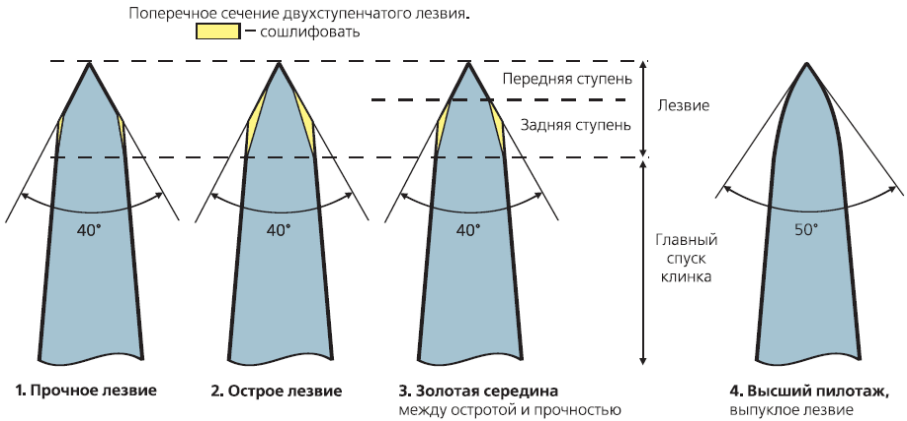


Пример	Соотношение длины режущей кромки к об- щей высоте, L/H	Масса топора, кг	Угол заточки топора для рубки и тески, α	Угол заточки топора для колки, α	Производи- тельность работы, %
1	0,65	1,7	25		145
2	0,60	1,6	28		125
3	0,70	1,8	30		140
4	0,50	1,6	28		116
5	0,75	1,7	28		112
6	0,60	1,50	28		118
7	0,65	1,90	28		115
8	0,65	1,6	20		120
9	0,65	1,7	35		117
10	0,65	1,7		37	143
11	0,65	1,7		35	140
12	0,65	1,7		40	135
13	0,65	1,7		25	130
14	0,65	1,7		45	117
15	0,60	1,7		35	128
16	0,70	1,7		35	135
17	0,55	1,7		35	127
18	0,75	1,7		35	125
19	0,65	1,6		35	137
20	0,65	1,8		35	135
21	0,65	1,55		35	126
22	0,65	1,85		35	130
Прототип по ГОСТ 18578-89 или колун	0,75-0,81 0,4	1,2-1,5 -	15-25	- Без заточки (скруглено)	100 100



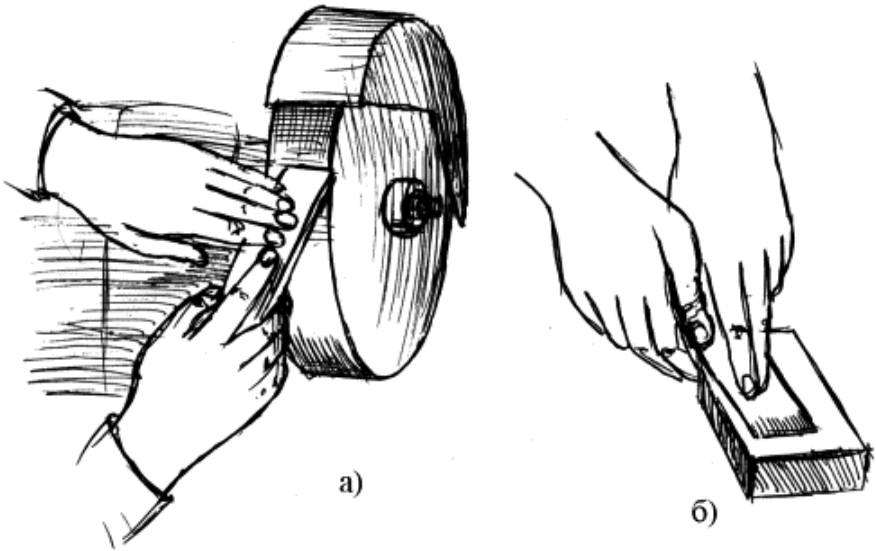
Ножи



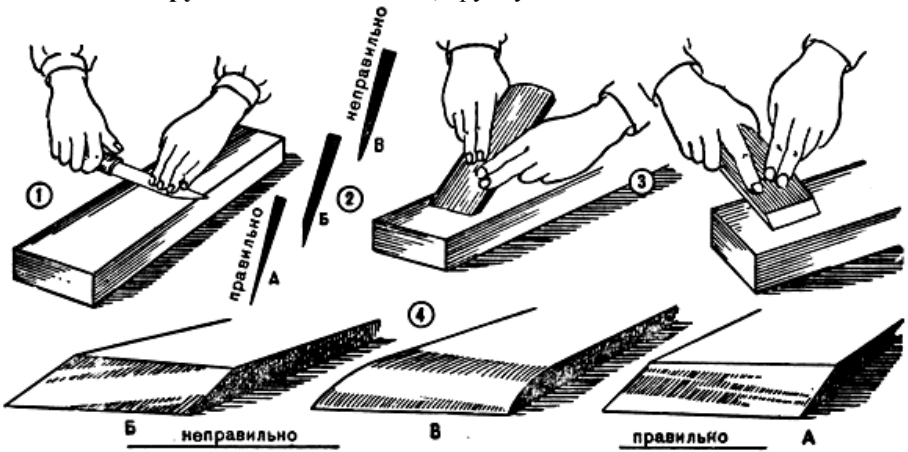


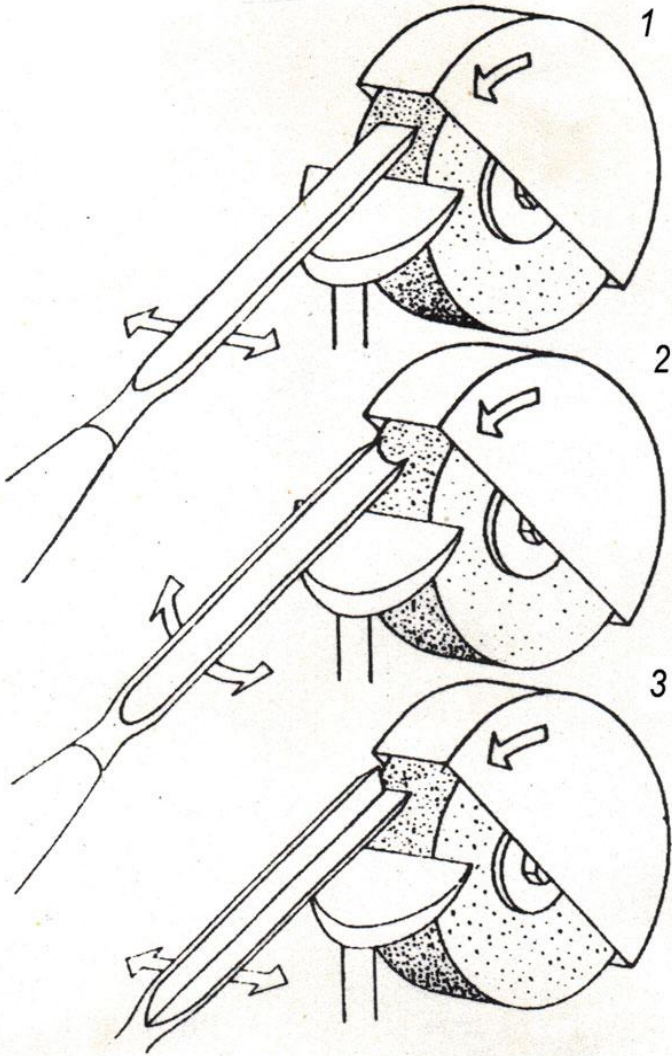
Углы заточки в градусах для разных типов представлены в таблице ниже:

1. Столовый 55-60
2. Кухонный бытовой 30-35
3. Профессиональный кухонный 25-30
4. Профессиональный поварской 20-25
5. Для рыбы 20-25
6. Для мяса 25-30
7. Овощной 15-35
8. Для корнеплодов 20-25
9. Для хлеба 10-15
10. Для мяса и отделения мяса от костей 25-30
11. Для разделки филейной части 10-15
12. Для продуктов животного происхождения 30-45
13. Охотничий 30-33
14. Перочинный 20-25
15. Стамеска по дереву 25-35
16. Железки рубанков 20-30
17. Ножи электрофуганков 38-42
18. Ножницы по металлу 75-85
19. Ножницы бытовые 45-65
20. Туристический, когда требуется острота лезвия 30-35
21. Туристический, когда требуется износоустойчивость 40-45
22. Сапожный 30-40
23. Сапожный для раскроя и сапожного ремонта 20-25
24. Столярный нож 30-45
25. Рубящий нож (в том числе - топоры) 45-60



Заточка ножа рубанка: на точиле – а; вручную – б





1. Выбор абразивных материалов

Материал	Марка материала	Абразивный инструмент	Применение
Алмаз природный	A1, A2, A3, A5, A8*	Свободное зерно, круги, бруски, карандаши, ролики	Окончательное шлифование, резка, доводка твердых сплавов, бетона, керамики, стекла инструментами на металлической связке. Правка шлифовальных кругов
Алмаз синтетический	AC2, AC4, AC6, AC15, AC20, AC32, AC50, APC3	Свободное зерно, пасты, бруски, карандаши, ролики	Окончательное шлифование, резка, доводка, хонингование и отделка твердых сплавов, чугунов, керамики, железобетона, стекла инструментом на металлической и органической связках. Правка шлифовальных кругов.
Эльбор	ЛО, ЛД, ЛП, ЛКВ	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Окончательная обработка высокоточных заготовок из подшипниковых, инструментальных и труднообрабатываемых закаленных сталей инструментами из шлифовальных порошков и микропорошков на всех связках. Отделочные работы незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
Электрокорунд нормальный	13A	Свободное зерно, круги, сегменты	Обдирочное шлифование стальных заготовок кругами на органических связках. Отделочные работы незакрепленным зерном
	14A	Круги, бруски	Шлифование стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках

Электрокорунд нормальный	15А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Отделочные работы шкуркой, скоростное шлифование кругами на керамической и бакелитовой связках
Электрокорунд белый	23А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски	Шлифование стальных заготовок кругами из шлифовального зерна и шлифовальных порошков на органической связке. Отделка стальных заготовок незакрепленным зерном, пастами и брусками
	24А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Шлифование стальных закаленных заготовок кругами, брусками из шлифовальных порошков на всех связках. Отделочные работы шлифовальной шкуркой
	25А	Круги, бруски, шлифовальная шкурка	Скоростное шлифование, доводка стальных закаленных заготовок кругами, брусками из шлифовального зерна, шлифовальных порошков и микропорошков на керамических связках. Шлифование труднообрабатываемых сталей и сплавов. Отделочные работы шлифовальной шкуркой
Электрокорунд хромистый	33А; 34А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски	Шлифование, доводка и отделка изделий из углеродистых и конструкционных сталей в незакаленном и закаленном состоянии

Материал	Марка материала	Абразивный инструмент	Применение
Электрокорунд титанистый	37А	Круги, сегменты	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
Электрокорунд циркониевый	38А	Круги, сегменты	Обдирочное силовое шлифование стальных заготовок кругами на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах
Монокорунд	43А	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Шлифование и заточка труднообрабатываемых сталей и сплавов инструментами из шлифовального зерна и шлифовальных порошков на керамических связках
	44А; 45А	Бруски, шлифовальная шкурка	Отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
Электрокорунд хромтитанистый	91А; 92А	Круги	Шлифование на получистовых и чистовых режимах закаленных изделий из углеродистых, конструкционных, быстрорежущих и труднообрабатываемых сталей кругами на всех связках
	93А; 94А		Шлифование стальных закаленных и незакаленных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
Карбид кремния черный	53С	Свободное зерно, пасты	Отделка и доводка чугунных заготовок из цветных металлов и их сплавов незакрепленными микропорошками

Материал	Марка материала	Абразивный инструмент	Применение
Карбид кремния черный	53С	Круги, бруски, сегменты, шлифовальная шкурка	Обработка заготовок из чугуна цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов инструментами из шлифовальных порошков и микропорошков на всех связках. Шлифование, отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
	54С	То же	То же
Карбид кремния зеленый	62С	Свободное зерно, пасты, круги, бруски, шлифовальная шкурка	Обработка заготовок из чугунов, меди, алюминия, гранита, мрамора инструментами из шлифовальных порошков на всех связках. Отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой
	63С	Круги, бруски, сегменты, шлифовальная шкурка	Обработка титановых и титано-танталовых твердых сплавов инструментами из шлифовального зерна на всех связках. Отделка и доводка шлифовальной шкуркой
	64С	Свободное зерно, бруски, круги	Обработка заготовок из чугуна, алюминия, гранита, мрамора инструментами из шлифовального зерна и микропорошков на всех связках. Скоростное шлифование заготовок из чугунов кругами на керамической связке. Отделка и доводка незакрепленным зерном и шлифовальной шкуркой

Материал	Марка материала	Абразивный инструмент	Применение
Смесь из карбида кремния зеленого и черного	63С (60 %) + 54С (40 %)	Круги, брус-ки, сегменты, шлифовальная шкурка	Обработка заготовок из твердых сплавов, чугунов и цветных металлов
Карбид бора	КБ	Свободное зерно, пасты	Шлифование, отделка и доводка незакрепленным зерном деталей из твердых сплавов и чугунов

* Обозначение алмазных порошков (ГОСТ 9606—80): А — из природных дробленых алмазов, содержащих не менее 10, 20, 30, 50 и 80 % зерен изомерической формы; АС — из синтетических алмазов с повышением прочности от марки АС2 к АС50; АР — из синтетических поликристаллических алмазов типа баллас, карбонадо, спеки.

МАРКИРОВКА КРУГОВ АБРАЗИВНЫХ ШЛИФОВНЫХ ПО МЕТАЛЛУ

Маркировка абразивных дисков осуществляется в соответствии с стандартом ЕН 12413

ЕН 12413:1999 "Требования безопасности для абразивной продукции на связке"
(EN 12413:1999 "Safety requirements for bonded abrasive products", MOD)

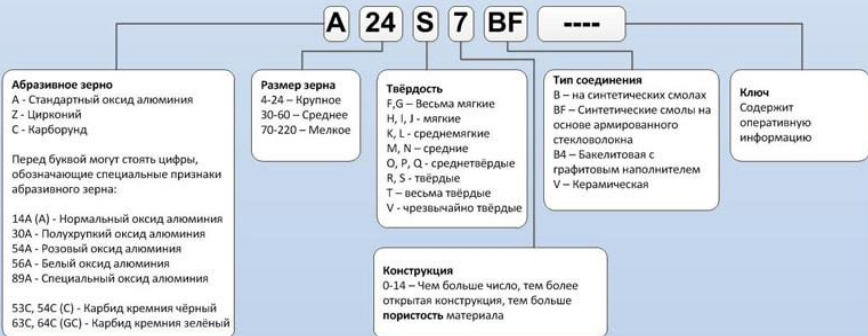


Рис. 3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Новомосковский институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Кафедра «Оборудование химических производств»

Лабораторная работа по дисциплине
«Обработка металлов резанием»
тема работы:

«_____»

Студент _____
Шифр _____
Группа _____
Преподаватель _____

Учебное издание

Обработка металлов резанием

Учебное пособие по выполнению лабораторных работ.

**Козлов Александр Михайлович,
Каменский Михаил Николаевич**

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать г. Формат 60×84¹/₁₆

Бумага «Снегурочка». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. . Уч.–изд. л. .

Тираж 50 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр.

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9

Адрес института: 301650, Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8

