



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по курсу «Технология материалов»
для студентов машиностроительных
специальностей дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2007

УДК 621.9(075.8)
ББК 34.63я73
О-23

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 29.06.2005 г.)*

Авторы-составители: *И. Н. Степанкин, М. М. Рыженко*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Института механики металлополимерных систем имени
В. А. Белого НАН Беларуси *В. В. Биран*;
канд. техн. наук, доц. каф. «Технология материалов» ГГТУ им. П. О. Сухого
М. П. Кульгейко

Обработка материалов резанием : лаб. практикум по курсу «Технология материалов» для студентов машиностр. специальностей днев. формы обучения / авт.-сост.: И. Н. Степанкин, М. М. Рыженко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 42 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Представлена методика выполнения лабораторных работ, приводятся теоретические сведения о процессах резания, описание устройства металлорежущих станков, примеры расчета технологических режимов, справочные данные и рекомендации по составлению отчета.

Для студентов машиностроительных специальностей дневной формы обучения.

УДК 621.9(075.8)
ББК 34.63я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2007

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум предназначен для выполнения лабораторных и практических работ по разделу «Обработка материалов резанием».

Приведена методика выполнения лабораторных работ, теоретические сведения о процессах резания на станках различных групп, типов, типоразмеров. Приводятся примеры расчета оптимальных режимов резания, выбор режущего инструмента, марки инструментальных материалов, справочные данные, порядок выполнения работ, рекомендации по составлению отчета.

Лабораторный практикум позволит закрепить теоретический материал, приобрести навыки самостоятельной работы, необходимые на производстве и в научных исследованиях.

Лабораторная работа №1

Общие сведения об обработке металлов резанием

Цель работы:

Изучить методы обработки заготовок на металлорежущих станках, формообразование поверхностей деталей машин, элементы резания, геометрические параметры режущих инструментов и материалы для их изготовления.

Содержание:

Теоретически ознакомиться с движением рабочих органов станка, элементами резания, ознакомиться с устройством угломера. Получить навыки измерения геометрических параметров токарного резца.

Классификация движений в металлорежущих станках.

Основные способы обработки металлов резанием

Обработка металлов резанием – процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки с целью получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаимного расположения и шероховатости поверхностей детали.

Чтобы срезать с заготовки слой металла, режущему инструменту и заготовке необходимо сообщать относительные движения. Для этого инструмент и заготовку устанавливают на рабочих органах станков.

Движения, которые обеспечивают срезание с заготовки слоя материала или вызывают изменение состояния обработанной поверхности заготовки, называют движениями резания (рис. 1.1):

- Главное движение – движение инструмента или заготовки, которое определяет скорость деформирования материала и отделения стружки (D_r);
- Движение подачи – движение инструмента или заготовки, которое обеспечивает врезание режущей кромки инструмента в материал заготовки (D_s);

Главное движение может быть непрерывным или прерывистым, а по характеру – вращательным, поступательным, возвратно-поступательным.

Движения подачи: продольное, поперечное, вертикальное, круговое, окружное, тангенциальное.

В процессе резания на заготовке различают поверхности (рис. 1.1):

- обрабатываемую поверхность (1);
- обработанную поверхность (2);
- поверхность резания (3).

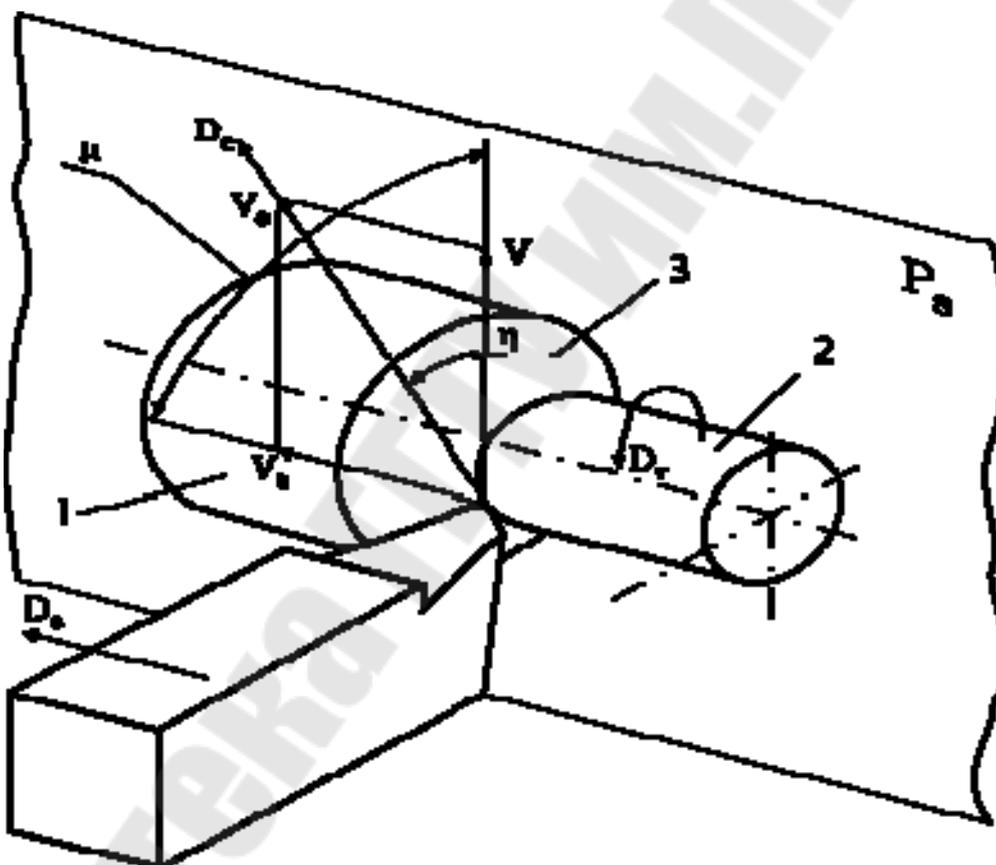


Рис. 1.1 Поверхности и движения при резании.

Установочные движения – движения, обеспечивающие взаимное положение инструмента и заготовки для срезания с нее определенного слоя металла.

Вспомогательные движения – это движения не связанные с процессом резания, например, транспортирование, закрепление, открепление заготовки, и инструмента, быстрые перемещения рабочих органов станка и т.д.

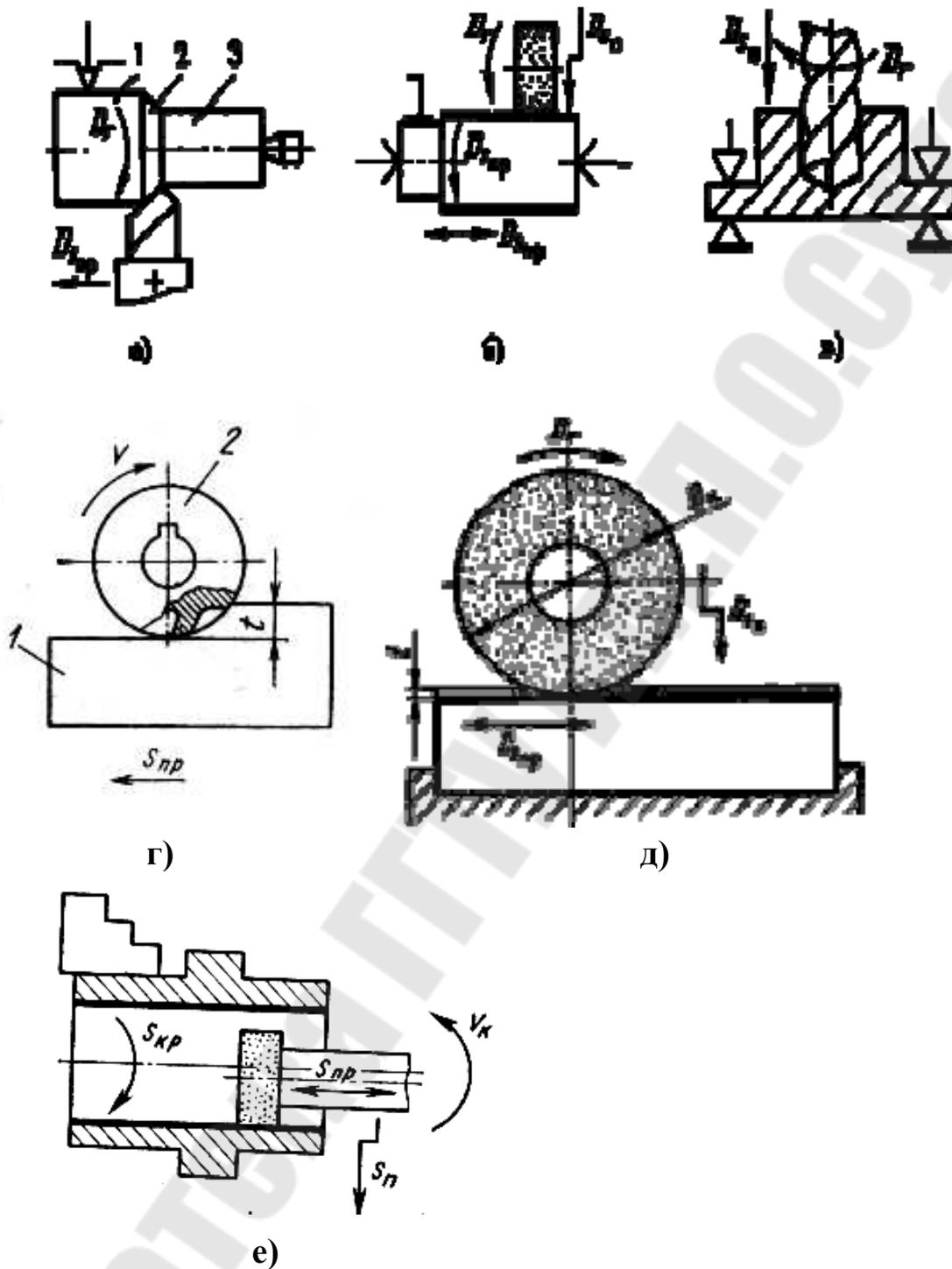


Рис.1.2 Схемы обработки заготовок: а – точением; б – шлифованием на круглошлифовальном станке; в – сверлением; г – фрезерованием; д – плоским шлифованием; е – внутренним шлифованием.

Геометрические параметры режущей части инструментов

Отделение срезаемого слоя металла производится режущим лезвием инструмента. Режущая часть инструмента ограничивается рабочими поверхностями, которые в зависимости от их расположения по отношению к обрабатываемому изделию имеют определенные названия. Разные инструменты имеют различную форму зажимной и режущей частей, однако их режущие части имеют общее устройство и ограничиваются рабочими поверхностями, присущими режущей части любого инструмента. Обычно режущая часть имеет одну переднюю и несколько задних поверхностей.

На рисунке 1.3 показаны рабочие поверхности и режущие кромки режущих частей: а – токарного резца, б – долбежного резца, в – спирального сверла, г – слесарного зубила, д – зерен абразивного инструмента.

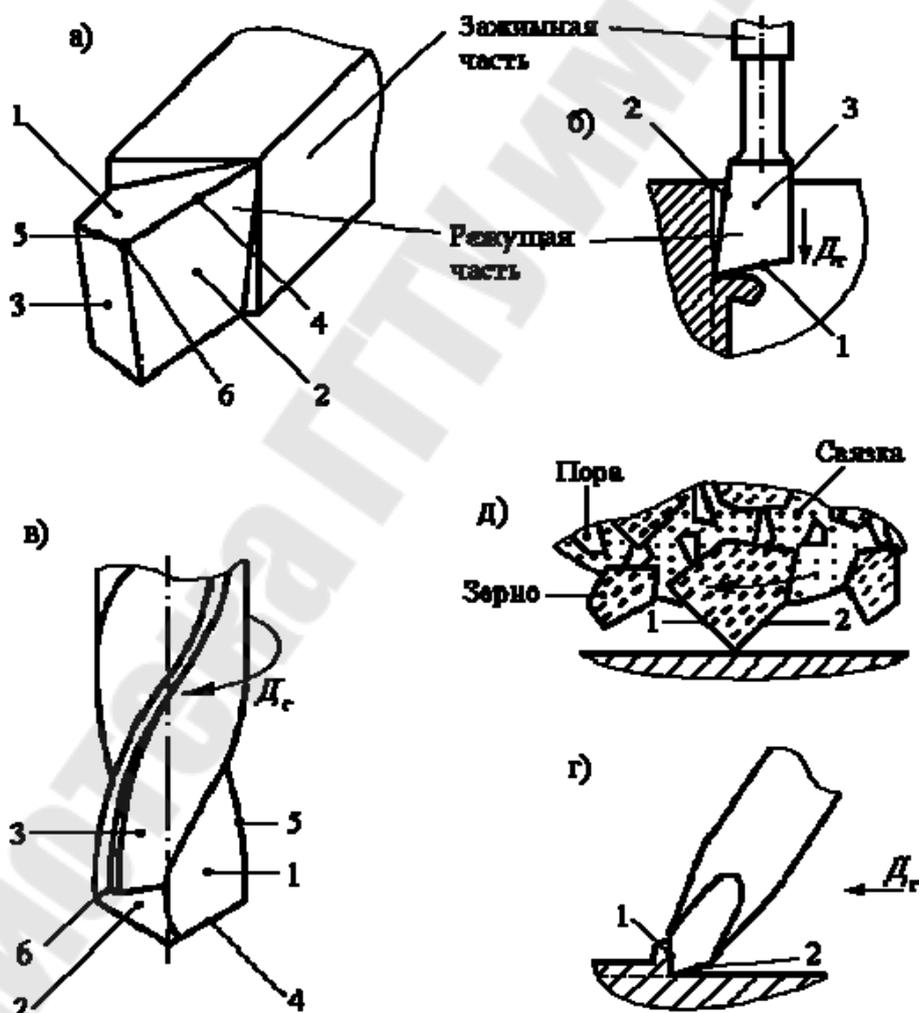


Рис. 1.3. Составные части и рабочие поверхности инструментов: 1 – передняя поверхность, 2 – главная задняя поверхность, 3 – вспомогательная задняя поверхность, 4 – главная режущая кромка, 5 – вспомогательная режущая кромка, 6 – вершина режущего лезвия.

Передней поверхностью (1) называется поверхность, по которой сходит образующая в процессе резания стружка.

Главной задней поверхностью (2) называется поверхность, обращенная к поверхности резания.

Вспомогательной задней поверхностью (3) называется поверхность, обращенная к обработанной поверхности.

Ребро, которое образуется в результате пересечения передней и главной задней поверхности, называется главной режущей кромкой (4). Пересечением передней поверхности со вспомогательной задней поверхностью образуется вспомогательная режущая кромка (5).

Точка пересечения главной (4) и вспомогательной (5) режущих кромок называется вершиной (6) режущего лезвия (резца, режущего зуба).

Для обеспечения эффективной работы режущего инструмента поверхности его режущего лезвия должны располагаться определенным образом относительно направления движения резания.

Для рассмотрения геометрических параметров режущей части инструмента устанавливаются системы координатных плоскостей и сами координатные плоскости: плоскость резания и основная плоскость. Для контроля режущего инструмента применяется инструментальная система координат с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу.

Статическая система координат – прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, определенной по направлению вектора главного движения резания.

Кинематическая система координат – прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания.

Геометрические параметры (углы) режущего инструмента рассматриваются в этих системах координат. В статической – как геометрические параметры твердого тела – неподвижного предмета, в кинематической – как углы работающего инструмента в процессе резания. На рис. 1.4 показан токарный резец в проекции на основную плоскость 1, сечения его в главной секущей плоскости 2, в рабочей плоскости 3 и вспомогательной секущей плоскости 4, вид резца со стороны главной задней поверхности 5 и следы координатных и секущих плоскостей.

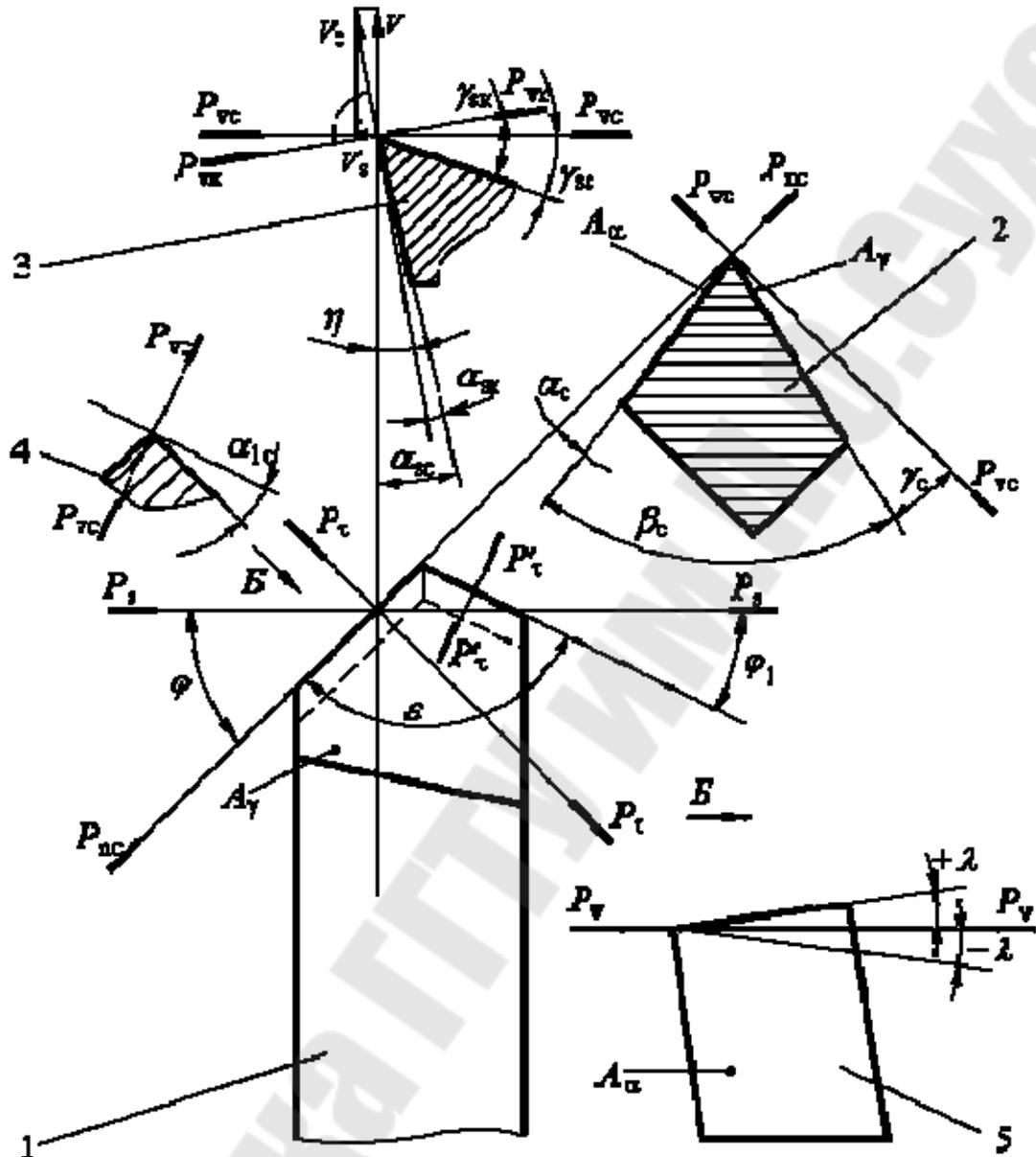


Рис. 1.4. Геометрические параметры режущей части резца в статической системе координат. P_{vc} – след основной плоскости, P_{nc} – след плоскости резания, P_s — след рабочей плоскости, P_z – след главной секущей плоскости.

Основной плоскостью P_v называется координатная плоскость, проходящая перпендикулярно направлению главного движения (вектору скорости резания). Для случая токарной обработки она параллельна направлениям продольной и поперечной подачи и совпадает с опорной поверхностью (основанием) призматической зажимной части резца.

Плоскостью резания P_n называется координатная плоскость, проходящая через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

Плоскость, проходящая через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости и параллельно направлению движения подачи, называется рабочей плоскостью P_s .

Геометрические параметры режущего инструмента рассматриваются в плане, то есть в проекции на основную плоскость, и в секущих плоскостях: главной секущей плоскости, нормальной секущей плоскости, в рабочей плоскости и в других вспомогательных секущих плоскостях.

Нормальной секущей плоскостью P_n называется секущая плоскость, проходящая перпендикулярно (нормально) режущей кромке в рассматриваемой точке.

Главной секущей плоскостью P_τ называется координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости с плоскостью резания и проходящая через главную режущую кромку. При рассмотрении токарного резца положение главной секущей плоскости совпадает с положением нормальной секущей плоскости.

В плане, то есть в проекции на основную плоскость, рассматриваются следующие углы: главный угол в плане φ , угол при вершине в плане ϵ , вспомогательный угол в плане φ_1 . Эти углы связаны между собой зависимостью:

$$\varphi + \epsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

В главной секущей плоскости P_τ рассматриваются углы: главный задний α , передний угол γ и угол заострения β . Во вспомогательной секущей плоскости P_τ' рассматривается и измеряется только один угол – вспомогательный задний угол α_1 . В плоскости резания измеряется угол наклона главной режущей кромки λ .

Сумма углов резца в главной секущей плоскости равна 90 градусам:

$$\gamma + \alpha + \beta = 90^\circ.$$

Углы резца влияют на энергосиловые параметры процесса резания:

α - определяет фактическую площадь контакта в процессе трения заготовки по задней поверхности резца, влияющую на тепловыделение при резании;

γ - определяет характер врезания режущей кромки инструмента в заготовку;

β - влияет на силу резания;

ε - влияет на шероховатость обработанной поверхности.

Режимы резания, шероховатость поверхности

При назначении режимов резания определяют величины: скорость главного движения резания (скорость резания), подачу и глубину резания.

Скоростью главного движения – называют расстояние путь точки главного режущего лезвия инструмента в направлении главного движения по поверхности резания за единицу времени (м/с).

Для вращательного движения:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n}{1000 \cdot 60},$$

где $D_{\text{заг}}$ – максимальный диаметр заготовки (мм); n – частота вращения (мин^{-1}).

Для возвратно-поступательного движения:

$$V = \frac{L \cdot m \cdot (k + 1)}{1000 \cdot 60},$$

где L – расчетная длина хода инструмента; m – число двойных ходов инструмента в минуту; k – коэффициент, показывающий соотношение скоростей рабочего и вспомогательного хода.

Подача (s) – путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один ход заготовки или инструмента.

В зависимости от технологического метода обработки подачу измеряют:

мм/об – точение и сверление;

мм/дв. ход – строгание и шлифование;

мм/мин (мм/зуб) – фрезерование.

Глубина резания (t) – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к обработанной поверхности (мм).

$$t_{\text{точения}} = \frac{D_{\text{заг}} - d}{2}.$$

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей с относительно малыми шагами.

Шероховатость является геометрической характеристикой качества поверхностного слоя заготовки. Она оценивается несколькими параметрами, в частности критериями R_a и R_z .

R_a - среднее арифметическое отклонение профиля поверхности (среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля) в пределах определенной базовой длины обработанной поверхности.

R_z - среднее арифметическое отклонение профиля поверхности (среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля) рассчитанное по пяти максимальным и пяти минимальным координатам в пределах определенной базовой длины обработанной поверхности.

Допустимые значения шероховатости поверхностей деталей указываются на чертежах.

Значение параметра R_a для разных технологических методов обработки лежат в пределах, мкм:

- для предварительной черновой обработки – 100...22,5 ;
- для чистовой обработки – 6,3...0,4 ;
- для отделочной и доводочной обработки – 0,2...0,012.

Практическая часть

По заданию преподавателя определить величину углов проходного резца и объяснить их влияние на энергосиловые параметры процесса резания.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение движениям резания.
2. Что такое элементы резания.
3. Каким образом геометрия рабочей части токарного проходного резца влияет на энергосиловые параметры процесса точения.

Лабораторная работа №2
Конструкция и принцип действия металлорежущего
оборудования

Цель работы:

Ознакомиться с устройством и принципом действия основных металлорежущих станков. Изучить основные схемы обработки металлов резанием.

Классификация металлорежущих станков

По общности технологического метода обработки различают станки: токарные, фрезерные, сверлильные и др.

По назначению различают станки: широкоуниверсальные, универсальные, широкого назначения, специализированные, специальные.

Универсальные станки обрабатывают разнотипным инструментом различающиеся по размерам, форме и расположению поверхностей заготовки.

Широкоуниверсальные – предназначены для выполнения особо широкого разнообразия работ.

Станки широкого назначения характеризуются однотипностью применяемого инструмента.

Специализированные станки предназначены для обработки однотипных заготовок различных размеров.

Специальные станки предназначены для выполнения определенных видов работ на заготовках одинаковых размеров и конфигурации.

По массе: легкие (до 1т), средние (до 10т), тяжелые (свыше 10т) и уникальные (свыше 100т). По степени автоматизации: с ручным управлением, полуавтоматы и автоматы. По компоновке основных рабочих органов: горизонтальные, вертикальные и универсальные.

В общегосударственной единой системе станки разделяются на 10 групп и 10 типов. В группы объединены станки одинаковые или схожие по технологическому методу обработки. Типы характеризуют их назначение, степень автоматизации, компоновку.

Токарная обработка (точение)

Точение является основным способом обработки поверхностей тел вращения.

Осуществляется на токарных станках. Устройство токарного станка показано на рис.2.1.

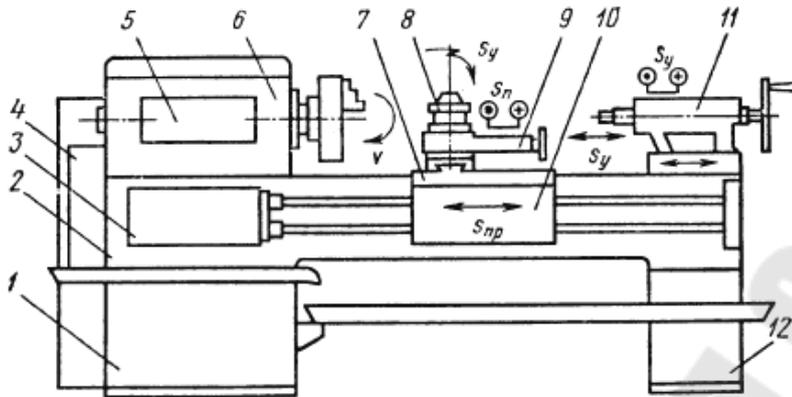


Рис. 2.1. Устройство токарного станка.

1- передняя тумба, 2 - станина, 3- коробка подачи, 4 – гитара скоростей, 5 – коробка скоростей, 6 – передняя бабка, 7 – продольный суппорт, 8 – резцедержатель, 9 - поперечный суппорт, 10 - фартук, 11 – задняя бабка, 12 – задняя тумба.

Процесс резания осуществляется на токарных станках при вращении обрабатываемой заготовки (главное движение) и перемещении резца (движение подачи). Заготовка закрепляется в трех- или четырех патронах.

Движение подачи осуществляется: параллельно оси вращения заготовки (продольная); перпендикулярно оси вращения заготовки (поперечная); под углом к оси вращения заготовки (наклонная).

Схемы обработки поверхностей заготовки точением представлены на рис.2.2.

С помощью точения выполняют операции: обтачивание – обработку наружных поверхностей (рис.2.2.а); растачивание – обработку внутренних поверхностей (рис.2.2.б); подрезание – обработку торцевых поверхностей (рис.2.2.в); резку – разрезание заготовки на части (рис.2.2.г); резьбонарезание – нарезание резьбы (рис.2.2.д).

По технологическим возможностям точение условно подразделяют на: черновое, получистовое, чистовое, тонкое.

В качестве режущего инструмента при точении используют резцы. Главным принципом классификации резцов является их технологическое назначение.

Различают резцы:

- проходные (рис.2.2.а) – для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей; расточные (рис.2.2.б) – проходные и упорные – для растачивания глухих и сквозных отверстий; подрезные (рис.2.2.в) – для подрезания торцовых поверхностей; отрезные (рис.2.2.г) – для отрезания заготовок; резьбовые (рис.2.2.д) – для нарезания наружных и внутренних резьб; фасонные – для обработки фасонных поверхностей; прорезные – для протачивания кольцевых канавок; галтельные – для обтачивания переходных поверхностей между ступенями валов по радиусу.

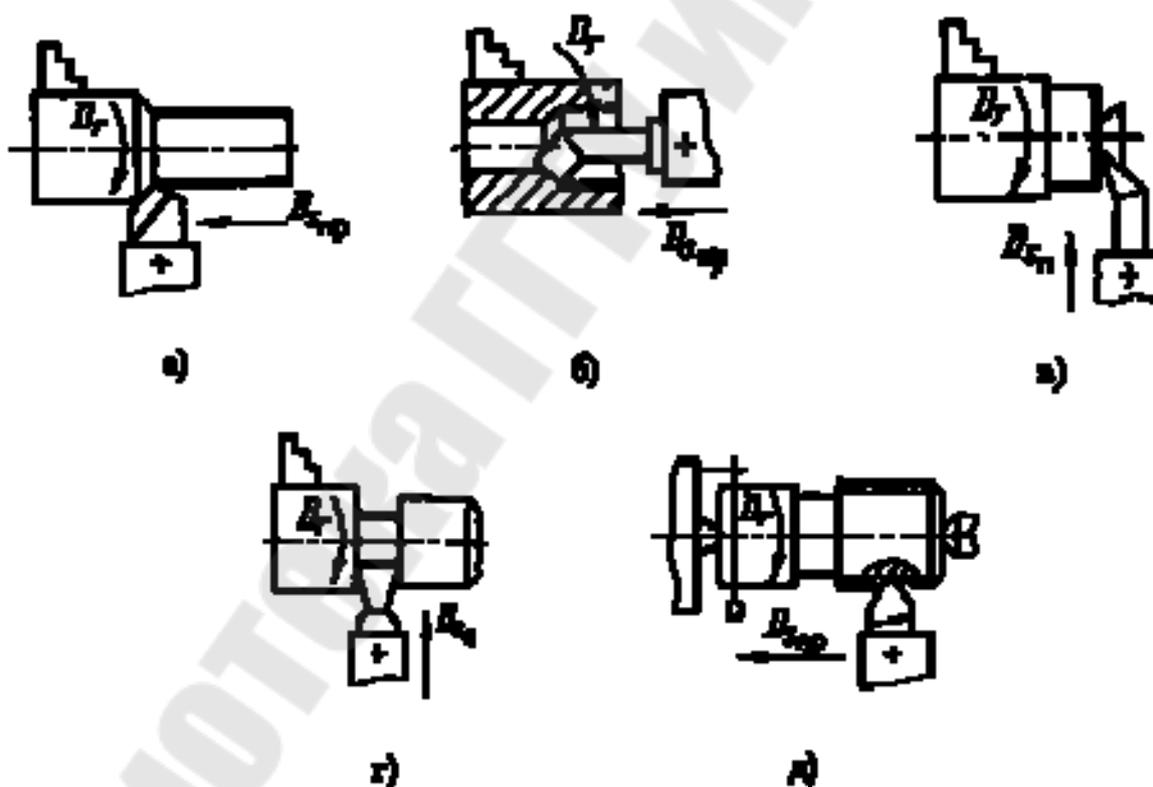


Рис.2.2. Схемы обработки поверхностей заготовки точением

По характеру обработки – черновые, получистовые, чистовые.

По направлению движения подачи – правые и левые (справа на лево и слева на право).

По конструкции – цельные, с приваренной или припаянной пластиной, со сменными пластинами.

Обработка на сверлильных станках

Сверление является основным способом получения глухих и сквозных цилиндрических отверстий в сплошном материале заготовки.

Для сверления используются сверлильные станки. По конструктивным признакам различают вертикально-сверлильные станки рис.2.3. и радиально-сверлильные станки.

Конструкция радиально-сверлильных станков позволяет, не открепляя заготовку, просверлить в ней несколько отверстий. Для этого шпиндельная головка имеет возможность линейного и радиального перемещения в горизонтальной плоскости. Кроме этого, сверление можно осуществлять на токарных станках.

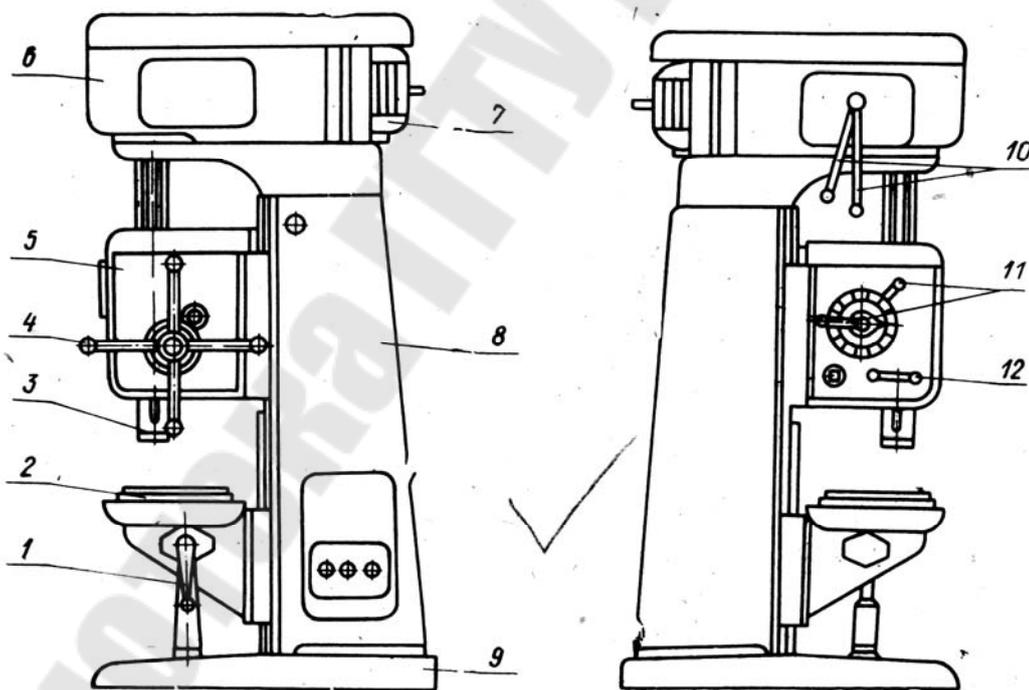


Рис.2.3. Устройство сверлильного станка.

1 – рукоятка для перемещения стола, 2 – стол, 3 – шпиндель, 4 – штурвал, 5 – шпиндельная головка, 6 – коробка скоростей, 7 – электродвигатель, 8 – станина, 9 – основание, 10 – рукоятка переключения скоростей, 11 – рукоятка переключения подачи, 12 – рукоятка переключения направления вращения шпинделя.

В качестве инструмента при сверлении используется сверло, имеющее две главные режущие кромки.

На сверлильных станках сверло совершает вращательное (главное) движение и продольное (движение подачи) вдоль оси отверстия, заготовка неподвижна (рис.2.4.а).

При работе на токарных станках вращательное (главное движение) совершает обрабатываемая деталь, а поступательное движение вдоль оси отверстия (движение подачи) совершает сверло (рис.2.4.б).

Диаметр просверленного отверстия можно увеличить сверлом большего диаметра. Такие операции называются *рассверливанием* (рис.2.4.в).

При сверлении обеспечиваются сравнительно невысокая точность и качество поверхности.

Для получения отверстий более высокой точности и чистоты поверхности после сверления на том же станке выполняются *зенкерование* и *развертывание*.

Зенкерование – обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы (цилиндрической или конической), повышения точности и снижения шероховатости. Зенкерование производят зенкером – многолезвийным режущим инструментом, который имеет более жесткую рабочую часть, число зубьев не менее трех (рис.2.4.г). Припуск под зенкерование обычно составляет не более 1 мм на сторону.

Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой в целях получения высокой точности формы и низкой шероховатости. Развертки – многолезвийный инструмент, срезающий очень тонкие слои (обычно до 0,1 мм на сторону) с обрабатываемой поверхности (рис.2.4.д).

Схемы сверления, зенкерования и развертывания представлены на рисунке 2.4.

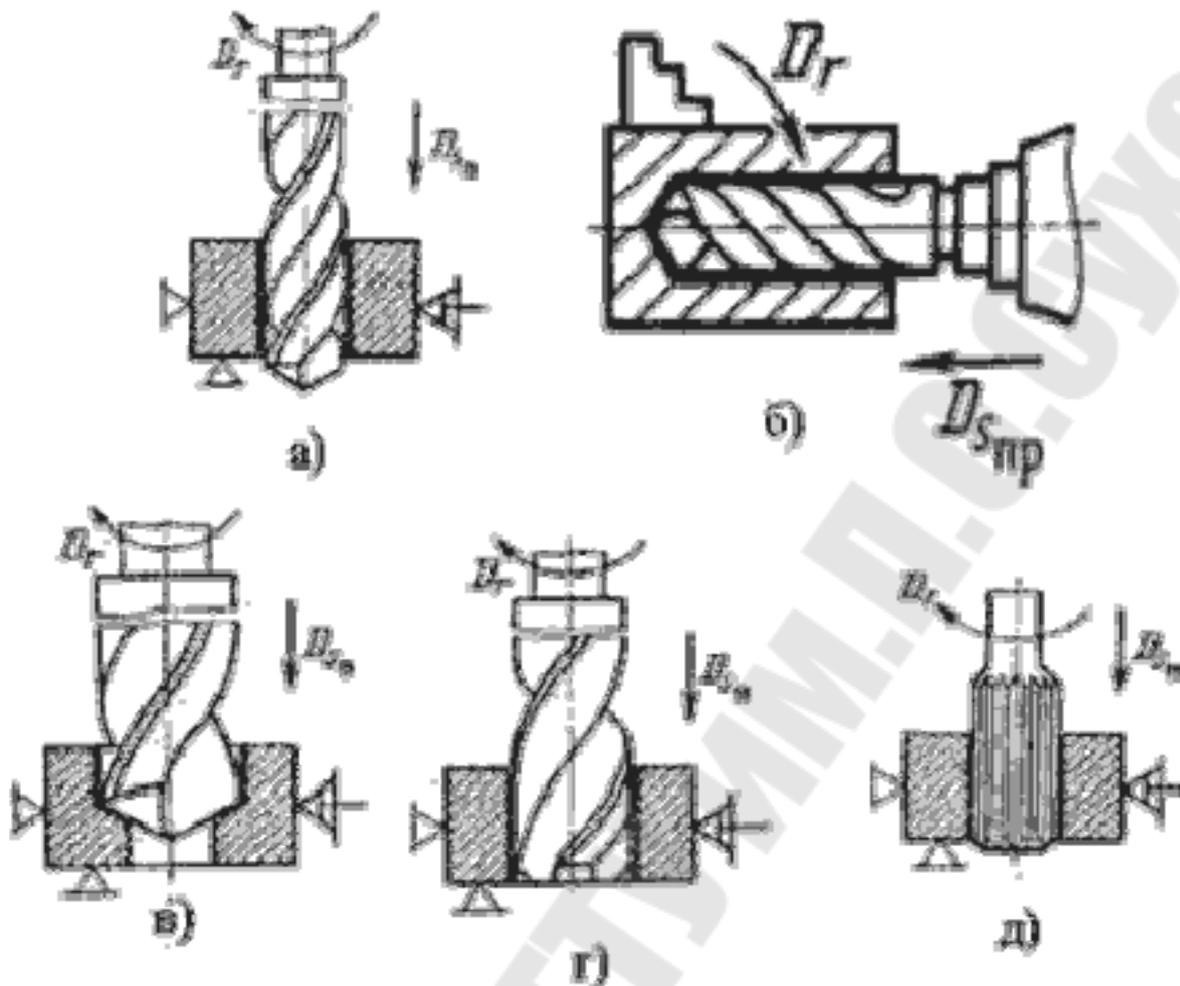


Рис.2.4. Схемы сверления, зенкерования и развертывания

Обработка на фрезерных станках (фрезерование)

Фрезерование – высокопроизводительный и распространенный метод обработки поверхностей заготовок: многолезвийным режущим инструментом – фрезой.

Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы проходит, не производя резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрез. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины.

Фрезерование может производиться двумя способами: против подачи и по подаче. Первое фрезерование называется встречным, а второе – попутным. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки.

Встречное фрезерование является основным.

Попутное фрезерование целесообразно проводить лишь при обработке заготовок, не имеющих оплавленной термической резкой поверхности и не склонных к упрочнению. При обработке материалов, склонных к упрочнению, в процессе попутного фрезерования, зуб фрезы, врезаясь в материал, довольно значительный путь проходит по сильно наклепанному слою. Износ фрез в этом случае протекает излишне интенсивно.

По исполнению фрезы делятся на цилиндрические, когда зубья располагаются только на цилиндрической поверхности фрезы и торцевые, у которых режущие зубья располагаются на торцевой и цилиндрической поверхности фрезы.

По конструкции различают насадные и концевые фрезы. Насадные изготавливаются в виде диска с отверстием. Для закрепления на станке их насаживают на цилиндрическую оправку. Концевые фрезы изготавливают с цилиндрическим или коническим хвостовиком. Концевые фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в коническое отверстие переходных оправок, закрепляемых непосредственно в шпинделе станка. Фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в цанговых патронах.

Основными элементами режима резания при фрезеровании являются глубина резания, подача, скорость резания и ширина фрезерования.

Главным движением при фрезеровании является вращение фрезы, а вспомогательным поступательное перемещение заготовки. Движением подачи может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола или барабана (карусельно-фрезерные, и барабанно-фрезерные станки).

Схемы обработки заготовок на станках фрезерной группы представлены на рис. 2.5.

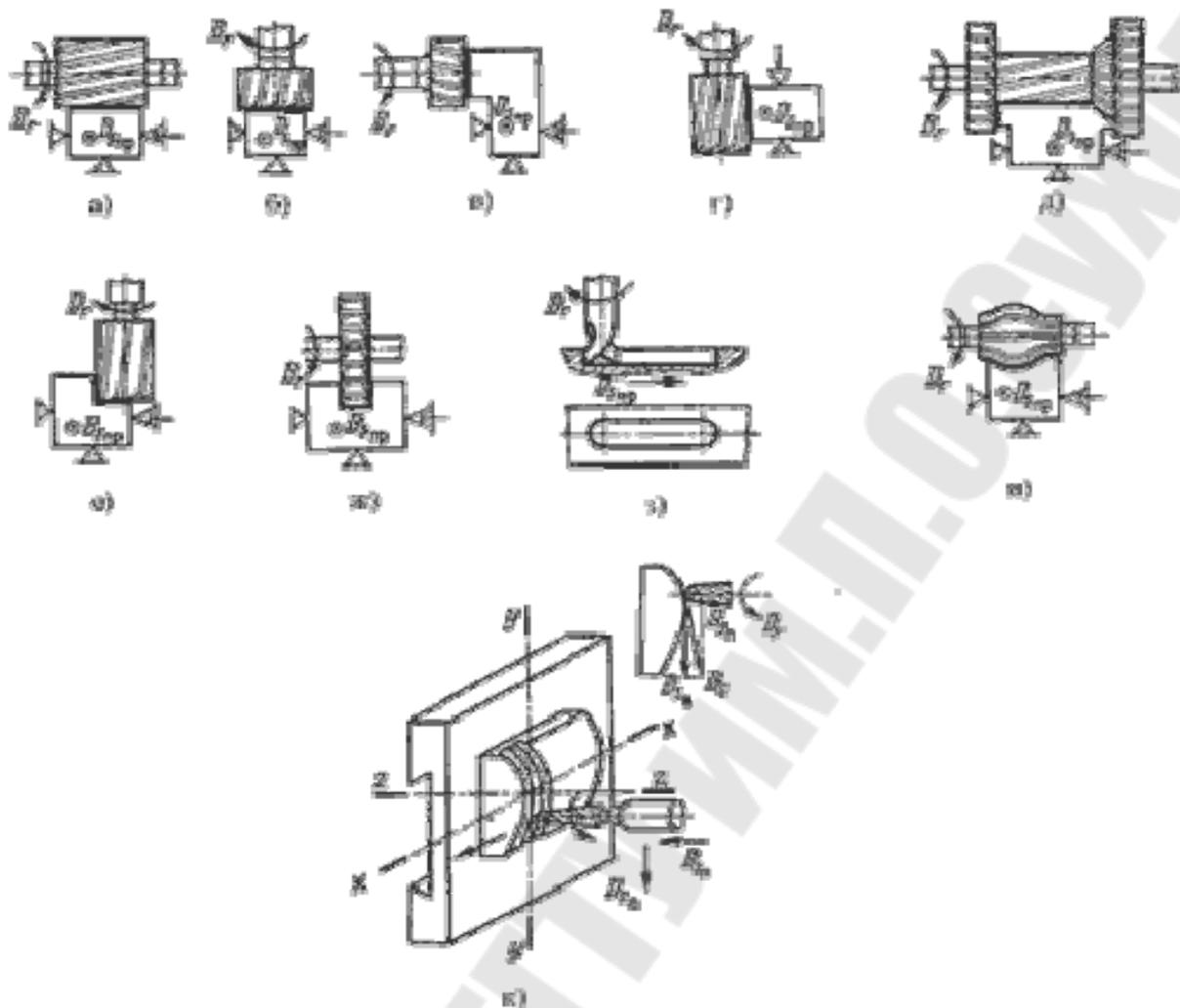


Рис. 2.5. Схемы обработки заготовок на станках фрезерной группы.

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис. 2.5.а) и на вертикально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 2.5.б).

Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 2.5.в) и торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках – боковой поверхностью концевых фрез (рис. 2.5.г).

Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 2.5.д) на горизонтально-фрезерных станках.

Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют концевыми (рис. 2.5.е) фрезами. Шпоночные пазы фрезеруют дисковыми (рис.2.5.ж) или концевыми шпоночными фрезами на вертикально-фрезерных станках (рис. 2.5.з).

Фасонные поверхности незамкнутого контура с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей фрезеруют фасонными фрезами соответствующего профиля (рис. 2.5.и).

Пространственно- сложные поверхности обрабатывают на копировально-фрезерных автоматах (рис. 2.5.к). Обработку производят специальной концевой фрезой. Фрезерование ведут по трем координатам: x , y , z (объемное фрезерование).

Устройство фрезерного станка приведено на рис. 2.6.

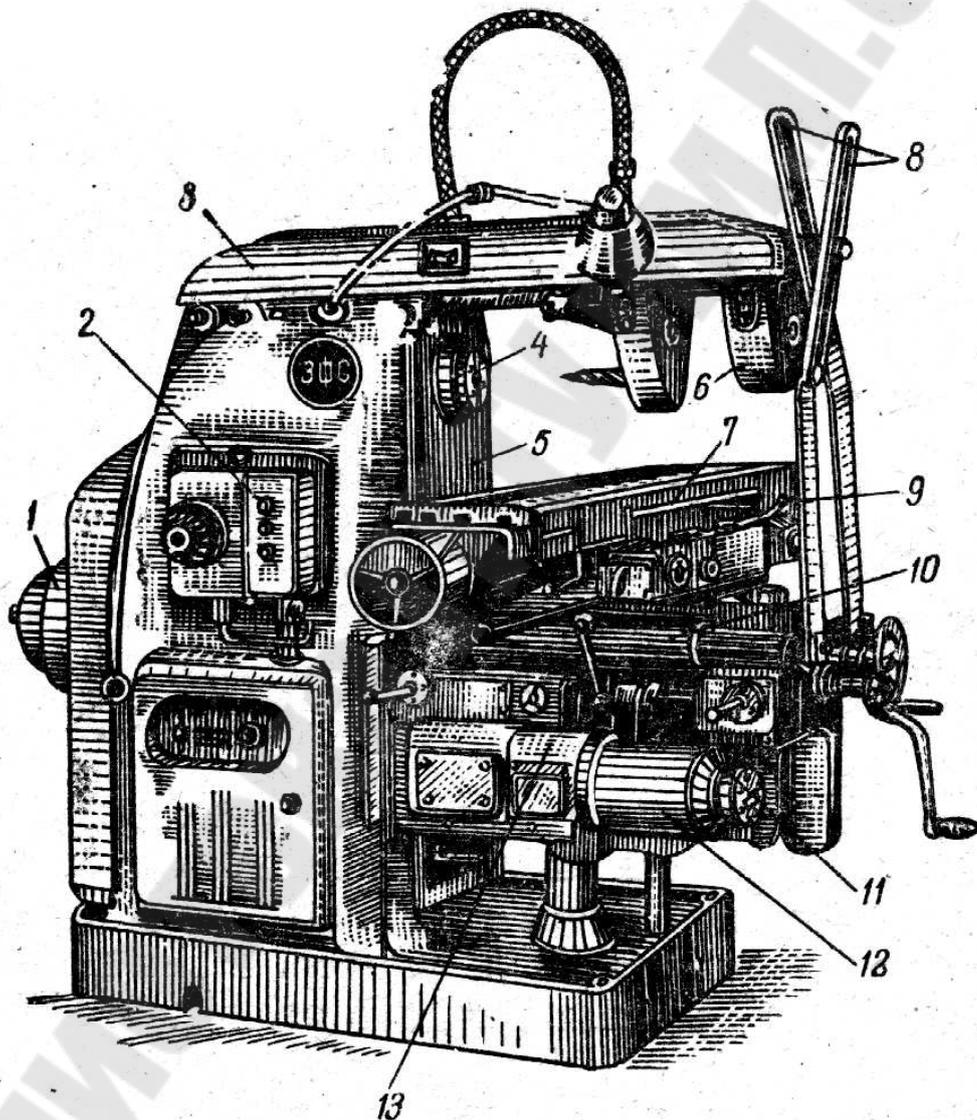


Рис. 2.6. Устройство горизонтально фрезерного станка

На станине 5 расположены все узлы станка. Хобот 3 может перемещаться по верхним направляющим станины, во время работы

он фиксируется в определенном положении и служит для поддержания при помощи подвесок 6 оправки с фрезой. Консоль 11 перемещается по вертикальным направляющим станины. Поперечные салазки 10 перемещаются по направляющим консоли, а стол 7 – по направляющим салазок. Поворотные верхние салазки 9 обеспечивают поворот стола. Привод шпинделя 4 состоит из электродвигателя 1 и коробки скоростей 2, расположенной в станине. Привод подачи состоит из электродвигателя 12 и коробки подач 13, расположенной в консоли. Поддержки 8 служат для повышения жесткости станка.

Обработка на шлифовальных станках (шлифование)

Шлифование – процесс обработки заготовок резанием с помощью инструментов (кругов), состоящих из абразивного материала.

Абразивные зерна расположены беспорядочно. При вращательном движении в зоне контакта с заготовкой часть зерен срезает материал в виде очень большого числа тонких стружек (до 100000000 в мин.).

Процесс резания каждым зерном осуществляется с очень высокой скоростью (до 50 м/сек). Обработанная поверхность представляет собой совокупность микро-выступов – следов движения абразивных зерен и имеет низкую шероховатость.

Шлифование применяют для чистовой и отделочной обработки деталей с высокой точностью.

Главным движением при шлифовании является вращение шлифовального круга, а перемещение круга относительно детали является движением подачи.

Различают следующие основные схемы шлифования: плоское, круглое, внутреннее (рис. 2.7.).

При плоском шлифовании (рис. 2.7.а) возвратно-поступательное движение заготовок необходимо для обеспечения продольной подачи Ds_{np} . Для обработки поверхности на всю ширину b , заготовка или круг должны иметь поперечную подачу которая осуществляется прерывисто при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически осуществляется движение вертикальной подачи Ds_{δ} , в крайних положениях заготовки в конце поперечного хода.

Плоское шлифование может осуществляться периферией или торцом шлифовального круга.

При круглом шлифовании (рис. 2.7.б) движение продольной подачи осуществляется возвратно-поступательным перемещением заготовки. Подача D_{np} соответствует осевому перемещению заготовки за один ее оборот. Вращение заготовки является движением круговой подачи $D_{кр}$. Подача D_n на глубину резания происходит при крайних положениях заготовки.

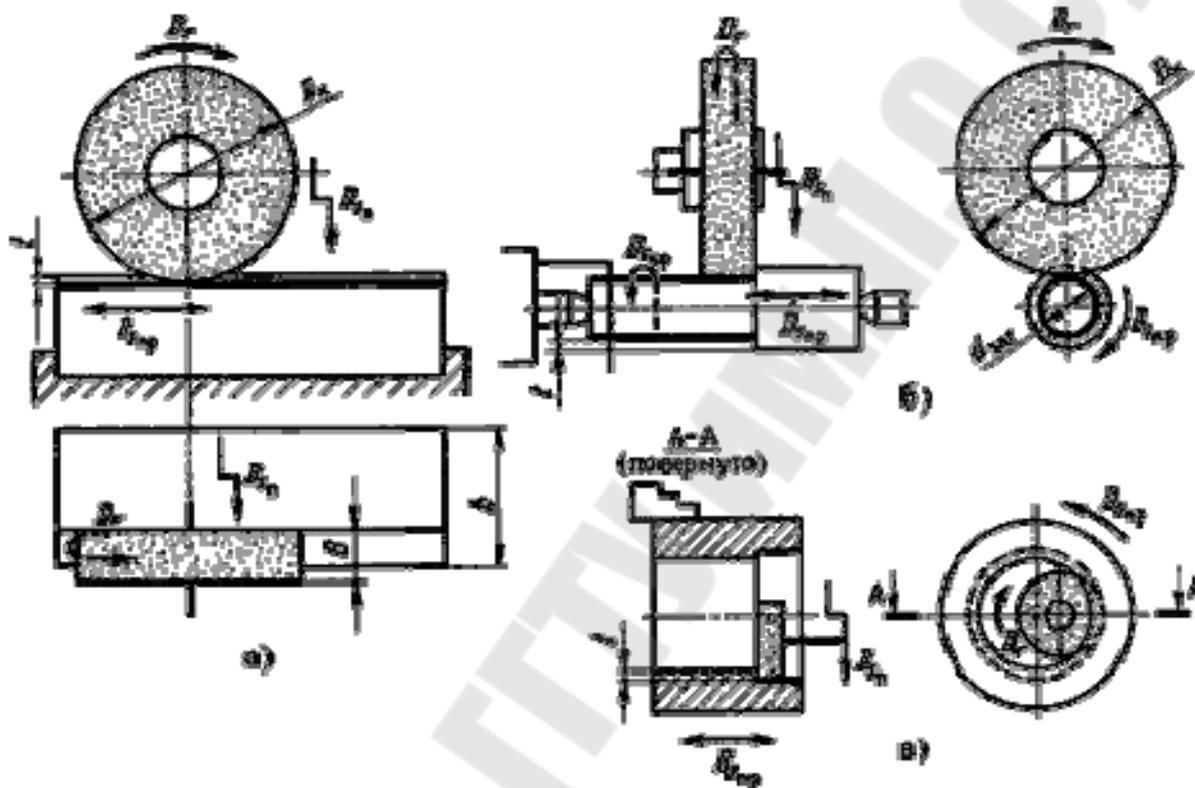


Рис. 2.7. Основные схемы шлифования

Движения, осуществляемые при внутреннем шлифовании показаны на рис. 2.7.в.

Для выполнения процесса шлифования наружных поверхностей деталей используются кругло-шлифовальные, плоско-шлифовальные и бесцентрово-шлифовальные станки. Для обработки сложных фасонных поверхностей используются специальные ленто-шлифовальные станки.

Общий вид плоскошлифовального станка показан на рис.2.8. Станина 1 имеет направляющие для стола, между которыми закреплен гидроцилиндр 2. Шток 15 гидроцилиндра перемещает кронштейн 16 и стол 18. Гидропривод станка и резервуар для масла располагаются внутри станины, на задней стенке которой закреплены тумба 12 и электродвигатель 13 гидропривода. Стол 18 вместе с

заготовкой совершает продольную подачу. На нем могут располагаться электромагнитная плита 19 либо приспособления. В пазу стола устанавливаются переставные кулачки 17 и 24 для реверса стола. Чугунные козырьки 20, 25 и стальные щитки 3, закрепленные на столе, предохраняют работающих при разрыве круга.

Стойка 21 жестко закрепляется на тумбе 12 и имеет вертикальные направляющие для перемещения каретки 6 вместе со шлифовальной бабкой 11. Внутри стойки помещен груз для уравнивания каретки бабки и уравнивания люфта между винтом и гайкой.

Каретка 6 служит для опускания и подъема шлифовальной бабки, в ней располагаются гидравлический цилиндр со штоком 8, перемещающие кронштейн 9 и бабку 11 по направляющим. Каретка имеет механизм 5 для ручного и автоматического поперечного перемещения шлифовальной бабки. Шлифовальная бабка 11 служит для поперечных перемещений шлифовального круга 22. В ней размещен электродвигатель, вал которого соединен со шпинделем шлифовального круга. Переставные кулачки 4 и 10 используются для реверсирования поперечной подачи круга. Каретку и шлифовальную бабку можно вертикально перемещать с помощью маховичка 14 с лимбом с ценой деления 0,01 мм.

Для реверсирования стола служит рукоятка 23, для изменения скорости его движения – 26, включения и выключения стола – 27, установки вида и величины поперечной подачи бабки – 28.

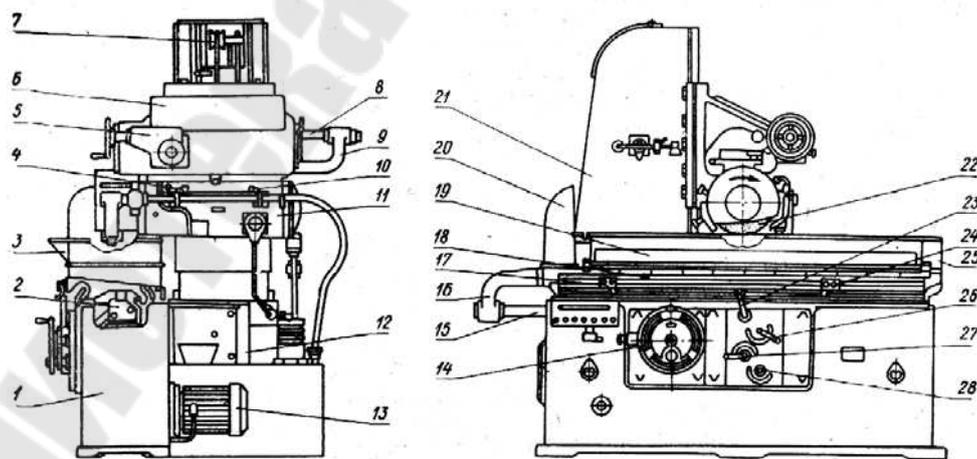


Рис.2.8. Устройство плоскошлифовального станка.

Практическая часть

По эскизу готовой детали рис. 2.9-2.19 вычертить схему обработки поверхности согласно индивидуальному заданию, приведенному в таблице 2.1

Таблица 2.1.

Номер варианта	Номер задания	Номер рисунка	Номер поверхности
1	1	2.11	1
2	2	2.12	1
3	3	2.13	1
4	4	2.14	1
5	5	2.15	1
6	6	2.16	1
7	8	2.18	1
8	9	2.19	1
9	10	2.20	1
10	11	2.21	1
11	1	2.11	2
12	2	2.12	2
13	3	2.13	2
14	4	2.14	2
15	5	2.15	2
16	6	2.16	2
17	7	2.17	2
18	8	2.18	2
19	10	2.20	2
20	11	2.21	2
21	1	2.11	3
22	2	2.12	3
23	3	2.13	3
24	4	2.14	3
25	5	2.15	3
26	6	2.16	3
27	7	2.17	3
28	8	2.18	3
29	9	2.19	3
30	10	2.20	3

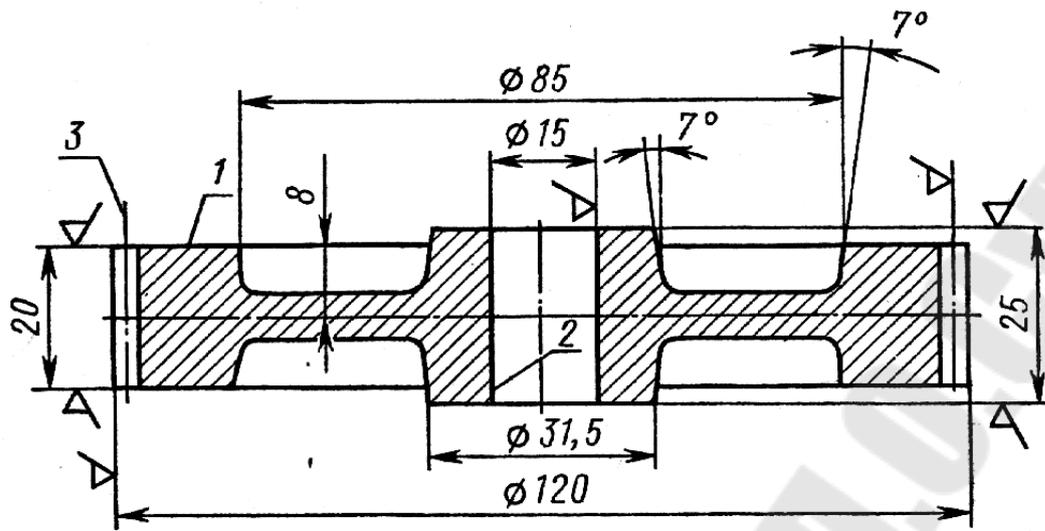


Рис. 2.9. Задание 1.

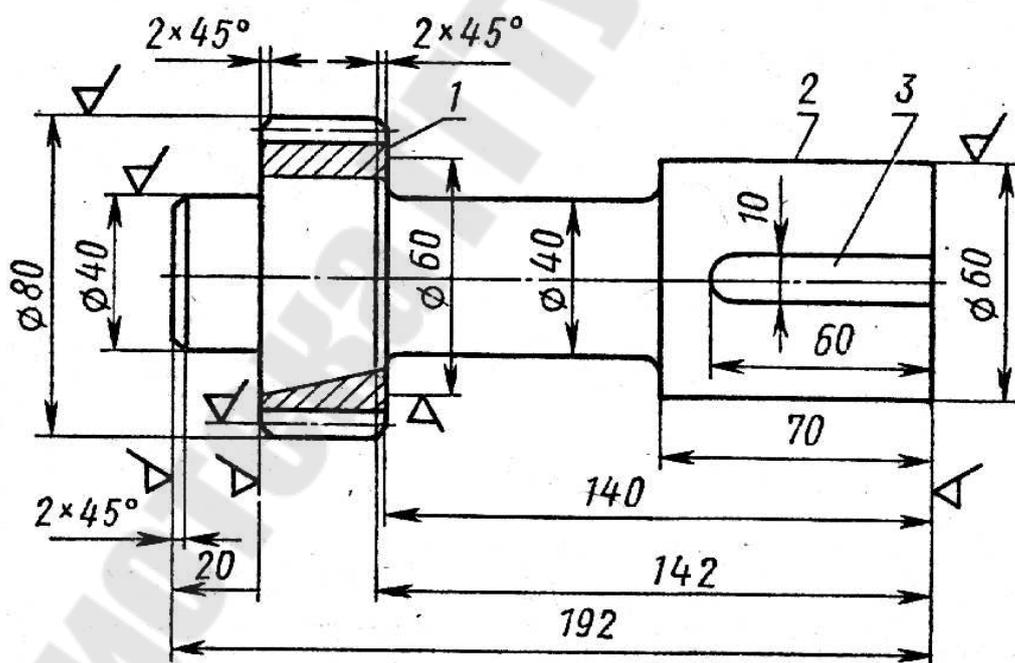


Рис. 2.10. Задание 2.

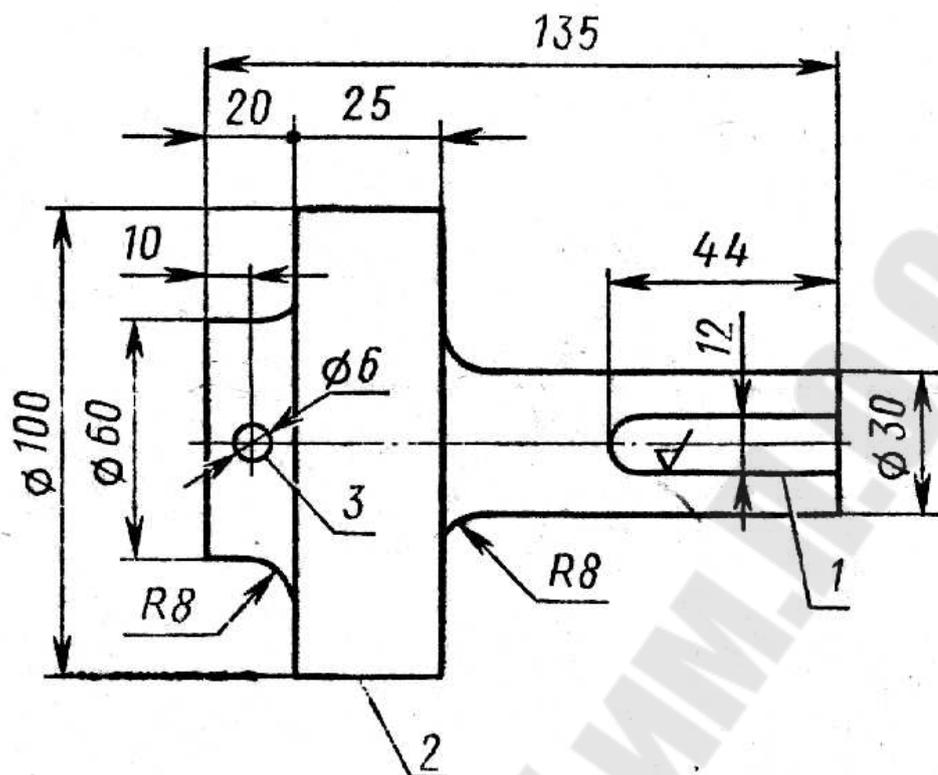


Рис.2.11. Задание 3.

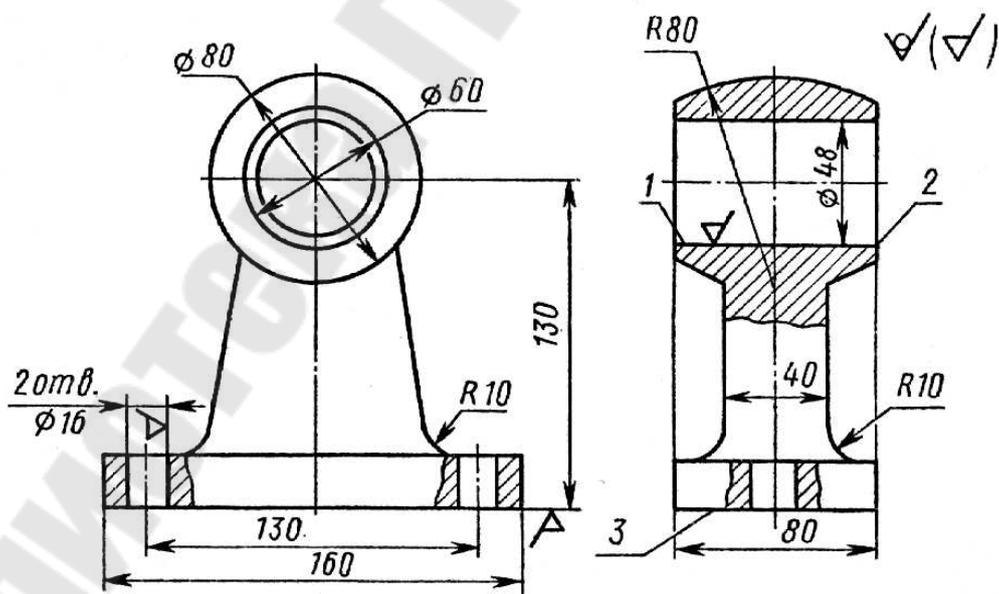


Рис.2.12. Задание 4.

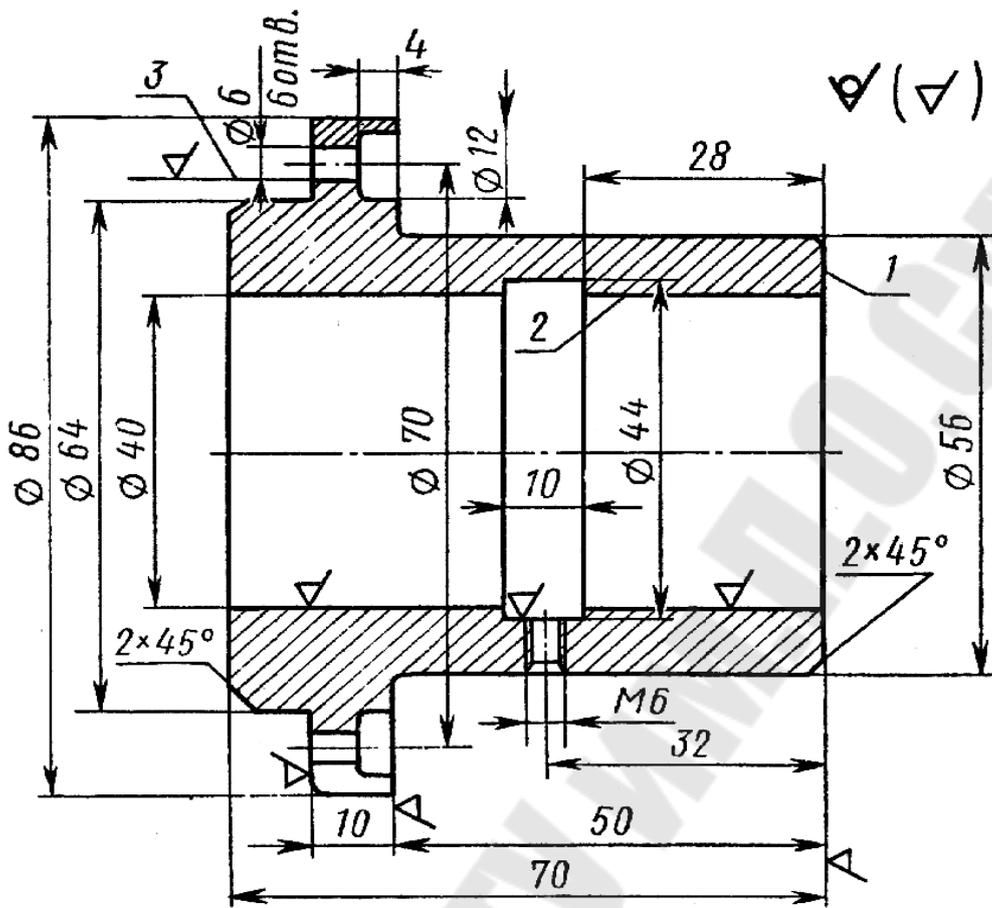


Рис.2.13. Задание 5.

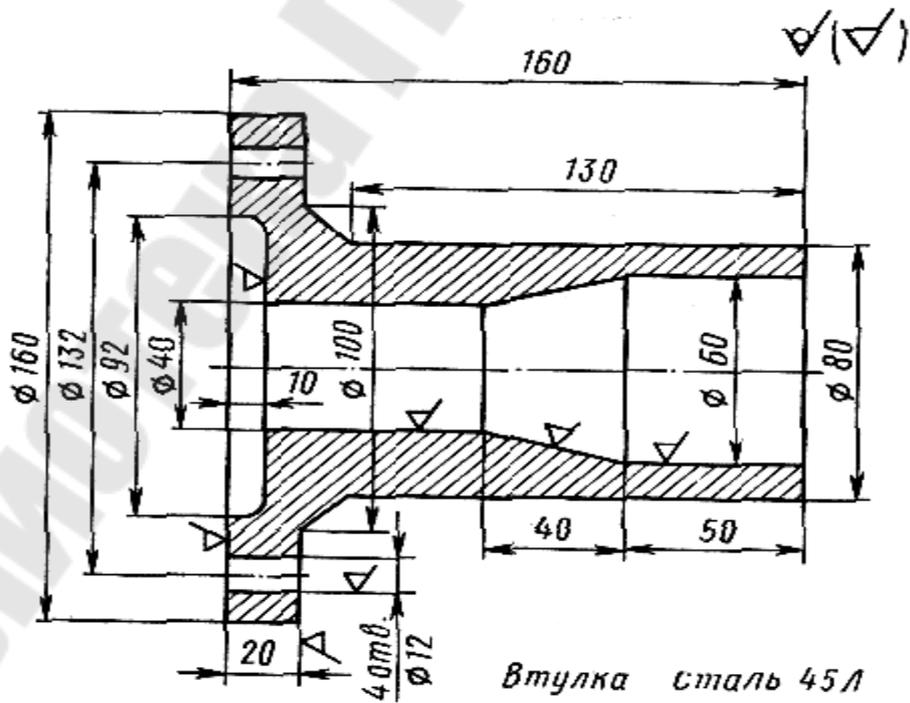


Рис.2.14. Задание 6.

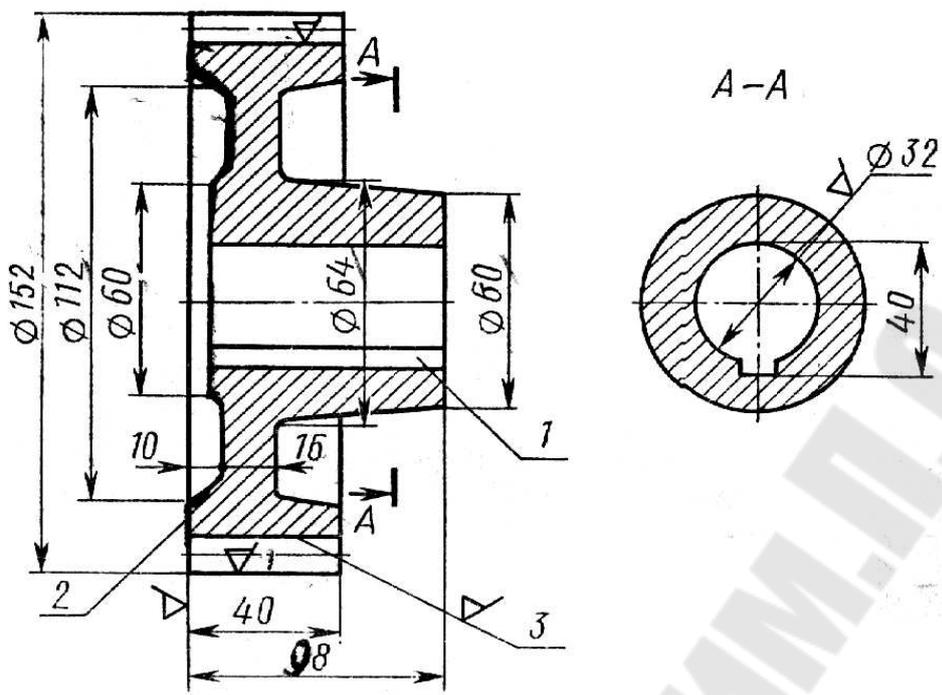


Рис.2.15. Задание 7.

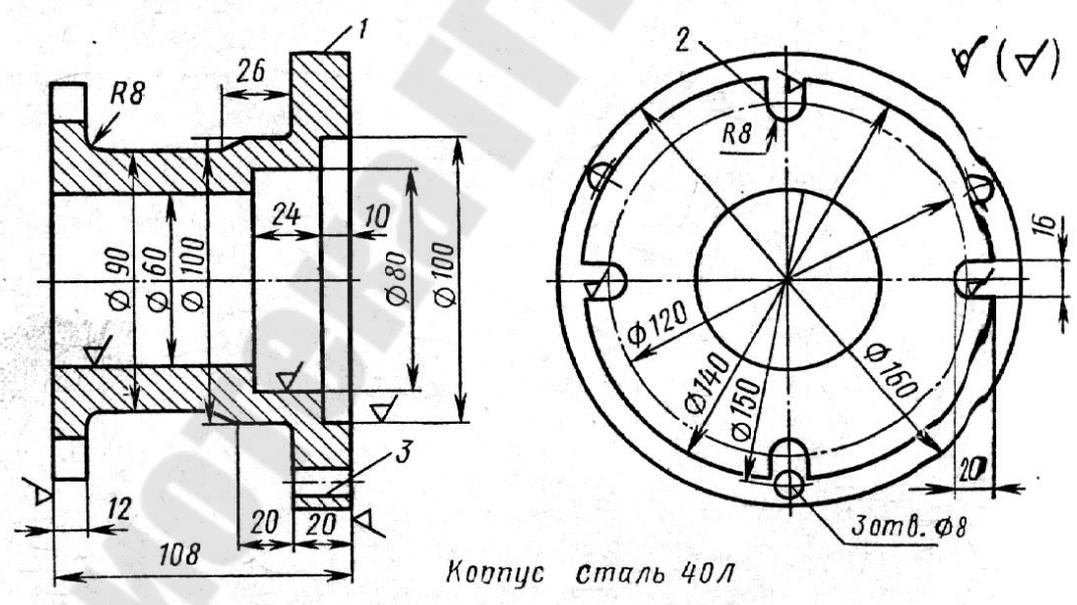


Рис.2.16. Задание 8.

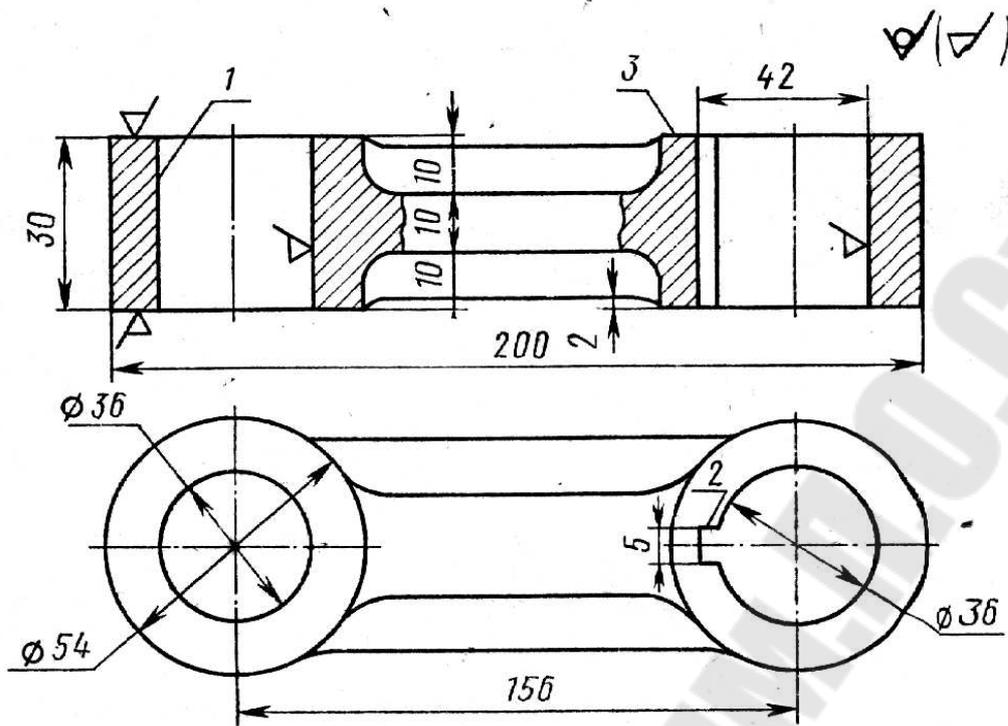


Рис.2.17. Задание 9.

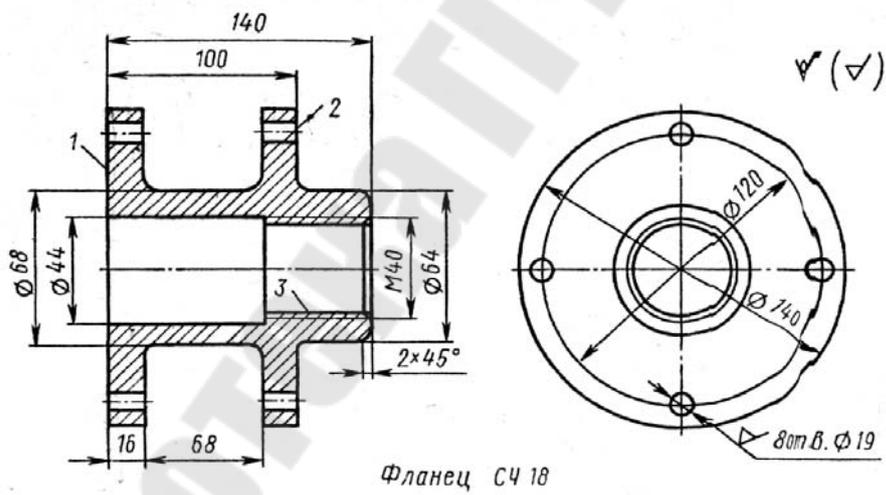


Рис.2.18. Задание 10.

Лабораторная работа №3

Инструментальные материалы для режущего инструмента

Цель работы:

Изучить маркировку, свойства, выбор и область применения инструментальных материалов.

Инструментальные материалы должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, достаточной прочностью и вязкостью (для инструментов ударного действия).

Режущие кромки могут нагреваться до температуры 500...900°C, поэтому важным свойством является теплостойкость, т. е., способность сохранять высокую твердость и режущую способность при продолжительном нагреве (красностойкость).

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435).

Инструментальные углеродистые стали в соответствии с ГОСТ 1435–90 маркируют буквой «У» и числом, указывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента. Для изготовления инструмента применяют качественные стали марок У7–У13 и высококачественные стали марок У7А–У13А. В составе последних понижено содержание вредных примесей – серы и фосфора.

Стали У7...У13А – обладают высокой твердостью, хорошо шлифуются, дешевы и недефицитны.

Из сталей марок У7, У8А изготавливают инструмент для работы по дереву и инструмент ударного действия, когда требуется повышенная вязкость – пуансоны, зубила, штампы, молотки.

Стали марок У9...У12 обладают более высокой твердостью и износостойкостью – используются для изготовления сверл, метчиков, фрез.

Сталь У13 обладает максимальной твердостью, используется для изготовления напильников, граверного инструмента.

Для снижения твердости и создания благоприятной структуры, все инструментальные стали до изготовления инструмента подвергают отжигу.

Для заэвтектоидных сталей проводят сфероидизирующий отжиг, в результате которого цементит вторичный приобретает зернистую

форму. Регулируя скорость охлаждения можно получить любой размер зерен.

Окончательная термическая обработка – закалка с последующим отпуском.

Для доэвтектоидных сталей (содержание углерода 0,3...0,8%) проводят полную закалку, а для заэвтектоидных (содержание углерода >0,8%) – неполную. Структура закаленных доэвтектоидных сталей – мартенсит, заэвтектоидных мартенсит + карбиды.

Температура отпуска выбирается в зависимости от твердости, необходимой для инструмента.

Для инструментов ударного действия, требующих повышенной вязкости, из сталей У7, У8 отпуск проводят при температуре 280...300°C, что обеспечивает твердость HRC 56...58 и достаточную вязкость.

Для напильников, метчиков, плашек отпуск проводят при температуре 150...200°C, при этом обеспечивается получение максимальной твердости — HRC 62...64.

Основными недостатками углеродистых инструментальных сталей является их невысокая прокаливаемость (5...10 мм), низкая теплостойкость (до 200°C), то есть инструменты могут работать только при невысоких скоростях резания ($v_p \sim 20$ м/мин).

Легированные инструментальные стали

Легированные инструментальные стали, применяемые для изготовления режущего инструмента, содержат 0,9...1,4 % углерода. Его содержание указывается цифрой в десятых долях процента в начале марки стали. Если цифра в начале марки стали, отсутствует, то количество углерода $\approx 1\%$. В качестве легирующих элементов добавляют хром (Х), вольфрам (В), ванадий (Ф), марганец (Г), кремний (С), ниобий (Б), молибден (М), титан (Т), кобальт (К), маркируя их буквами, приведенными в скобках. Содержание легирующего элемента в целых долях процента указывается после соответствующей буквы. Если цифра отсутствует, то массовая доля элемента не превышает 1,5%. Исключение составляет маркировка азота (А), его количество указывается в десятых долях процента, а буква А располагается в середине марки стали. Если буква А является последним символом марки стали, то это указывает на то, что содержание вредных примесей – серы и фосфора, не превышает

0,025%. Такую сталь называют высококачественной. Общее содержание легирующих элементов обычно не превышает 10%.

Высокая твердость и износостойкость легированных сталей в основном определяются высоким содержанием углерода. Легирование используется для повышения закаливаемости и прокаливаемости, сохранения мелкого зерна, повышения прочности и вязкости.

Термическая обработка включает закалку и отпуск.

Закалку проводят с температур 800...1000°C в масле непрерывным или ступенчатым охлаждением. В последнем случае уменьшается возможность коробления и образования закалочных трещин.

Отпуск проводят низкотемпературный, при температуре 150...200°C, что обеспечивает твердость HRC 61...66. Иногда, для увеличения вязкости, температуру отпуска увеличивают до 300°C, но при этом наблюдается снижение твердости HRC 55...60.

Для деревообрабатывающего инструмента из сталей 6ХС и 9ХФ рекомендуется изотермическая закалка, значительно улучшающая вязкость.

Повышенное содержание кремния (сталь 9ХС) способствует увеличению прокаливаемости до 40 мм и повышению устойчивости мартенсита при отпуске. Недостатками сталей, содержащих кремний, являются чувствительность их к обезуглероживанию при термообработке, плохая обрабатываемость резанием и деформированием из-за упрочнения феррита кремнием.

Повышенное содержание марганца (стали ХВГ, 9ХВСГ) способствует увеличению количества остаточного аустенита, что уменьшает деформацию инструмента при закалке. Это особенно важно для инструмента, имеющего большую длину при малом диаметре, например, протяжек.

Хром увеличивает прокаливаемость и твердость после закалки.

Теплостойкость легированных сталей достигает 300-350°C, что позволяет проводить обработку резанием со скоростями до 25 м/мин.

Быстрорежущие стали

Быстрорежущие стали маркируют буквой «Р» (rapid — быстрый) и числом, показывающим среднее содержание вольфрама (W), а также последующим перечислением буквами и цифрами,

других легирующих элементов и их количества, как в стандартной маркировке легированных сталей. В марках быстрорежущих сталей, как правило, не указывают углерод и хром (их массовая доля $\approx 1\%$ и $\approx 4\%$ соответственно), а также молибден и ванадий, если количество каждого из них не превышает 1% .

Стали получили свое название за эксплуатационные свойства. Вследствие высокой теплостойкости ($550\dots 650^\circ\text{C}$), изготовленные из них инструменты могут работать с достаточно высокими скоростями резания, до 100 м/мин .

Твердость стали после закалки и трехкратного отпуска составляет $64\dots 65\text{ HRC}$. Структура стали после термообработки состоит из мартенсита отпуска и карбидов.

Основными видами режущих инструментов из быстрорежущей стали являются резцы, сверла, долбяки, протяжки, метчики машинные, ножи для резки бумаги. Часто из быстрорежущей стали изготавливают только рабочую часть инструмента.

Твердые сплавы

В соответствии с ГОСТ 3882–74 выпускают три группы твердых сплавов: вольфрамовые (однокарбидные), титановольфрамовые (двухкарбидные), и титанотанталовольфрамовые (трехкарбидные).

Твердость и прочность твердых сплавов зависят от количества связующей фазы (кобальта) и величины зерен карбидов. Чем крупнее зерна карбидов, тем выше прочность. Твердые сплавы отличаются большой износостойкостью и теплостойкостью.

Сплавы вольфрамовой группы (WC—Co) имеют наибольшую прочность, но более низкую твердость, чем сплавы других групп. Они теплостойки до 800°C . Их применяют в режущем инструменте для обработки чугунов, сталей, цветных сплавов и неметаллических материалов. Повышенная износостойкость и сопротивляемость ударам сплавов группы ВК определяет их применение в горном инструменте и для изготовления штампов, пуансонов, матриц, фильер и т. д. Наиболее распространенными сплавами группы ВК являются сплавы марок ВК3, ВК6, ВК8, ВК20, где число показывает содержание кобальта в процентах, остальное – карбиды вольфрама WC.

Сплавы группы ТК (WC + TiC + Co) например Т30К6, Т14К8 – первое число показывает содержание карбида титана в процентах, второе – содержание кобальта в процентах, остальным материалом является карбид вольфрама. Сплавы этой группы лучше противостоят изнашиванию, обладают большей твердостью, тепло- и жаростойкостью, стойкостью к коррозии, но меньшей теплопроводностью и большей хрупкостью. Используются на средних и высоких скоростях резания.

Третью группу образуют сплавы системы (WC—TiC—TaC—Co), например ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9 – первое число показывает содержание карбидов титана и тантала в процентах, второе – содержание кобальта в процентах. Основой данного типа сплава, как и в двухкарбидных является карбид вольфрама. В этих сплавах структура карбидной основы представляет собой твердый раствор (Ti, Ta, W)C, и избыток WC. Сплавы этой группы отличаются от предыдущей большей прочностью, лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Они применяются в наиболее тяжелых условиях резания — при черновой обработке стальных поковок, отливок, а также труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Сплавы с малым количеством кобальта обладают повышенной твердостью и износостойкостью, но минимальной прочностью, Поэтому их используют для чистового точения (BK3, Т30К4, ТТ8К6).

Сплавы с повышенным содержанием кобальта используют для чернового точения (BK8, Т14К8, ТТ7К12).

Сплав BK20 используют для штампов, что повышает их износостойкость.

Износостойкость инструментов из твердых сплавов превышает износостойкость инструментов из быстрорежущих сталей в 10...20 раз и сохраняется до температур 800...1000°C.

Сверхтвердые материалы для изготовления инструментов

Сверхтвердыми называют материалы, твердость и износостойкость которых выше чем у твердых сплавов на кобальтовой основе.

К таким материалам относят синтетические и природные алмазы, а также алмазоподобные материалы на основе нитрида бора, оксида алюминия, нитрида кремния, оксида циркония и др.

подавляющее большинство сверхтвердых материалов используется для изготовления абразивного инструмента – шлифовальных кругов, притиров, хофов, надфилей и др., для обработки особо твердых металлов и горных пород. Большое значение имеют заточные круги для твердосплавного инструмента, это увеличивает производительность труда и срок службы инструмента. Повышение стойкости твердосплавного инструмента обеспечивается высокой чистотой (отсутствие зазубрин, мелких трещин) лезвия инструмента.

Для изготовления лезвийного инструмента, в основном, используют природные и синтетические алмазы, а также поликристаллические материалы на основе нитрида бора и оксида алюминия. Алмазные резцы и фрезы используют для обработки твердых сплавов, цветных металлов и неметаллических материалов. Из-за высокой химической активности алмаза по отношению к железу алмазным инструментом не производят обработку сталей и чугунов. Для этих целей используют инструменты, изготовленные из других сверхтвердых материалов.

Абразивные инструменты и их маркировка

Все абразивные инструменты имеют свою маркировку. В маркировке абразивного инструмента указывается природа абразивного материала, размер его зерен (зернистость) и зерновой состав (содержание основной фракции), твердость инструмента, природа и свойства связки, класс точности и класс неуравновешенности круга.

Так, например, маркировка абразивного круга может быть:

25А 16 П СМ2 8 К8 Б 3,

где

25А – шлифовальный материал-электрокорунд белый,

16 — зернистость (160-200 мкм.),

П — зерновой состав (содержание основной фракции 55%),

СМ2 – твердость круга,

8 — номер структуры,

К8 — связка керамическая,

Б — класс точности,

3 — класс неуравновешенности круга.

Кроме этого на абразивном круге указывается обозначение его формы, размеры и максимальная окружная скорость (скорость резания) в метрах в секунду

В качестве шлифовальных материалов применяются:

- на основе кристаллической окиси алюминия Al_2O_3 -нормальный электрокорунд (марки *13А, 14А и 15А*), электрокорунд белый (*23А, 24А, 25А*), хромистый электрокорунд (*33А и 34А*), монокорунд (*43А, 44А*);
- на основе карбида кремния SiC- карбид кремния черный (*53С, 54С, 55С*) и карбид кремния зеленый (*63С, 64С*);
- природный алмаз (*А1, А2, А3, А5, А8*);
- синтетический алмаз (*АС2, АС4, АС6, АС15, АС20*).

В зависимости от размера зерен шлифовальные материалы делятся на четыре группы: шлифзерно (2000-160 мкм), шлифпорошки (125-40 мкм), микрошлифпорошки (63-14 мкм) и тонкие микропорошки (10-3 мкм). В номере зернистости размер зерен основной фракции указывается в сотых долях миллиметра.

Содержание основной фракции обозначается буквенными индексами: **В** (высокое), **П** (пониженное), **Н** (низкое) и **Д** (допустимое).

Твердость абразивного инструмента зависит от прочности связки и характеризует способность связки удерживать зерна шлифовального материала. Установлены семь степеней твердости инструментов: весьма мягкие (*ВМ1, ВМ2*), мягкие (*М1, М2, М3*), среднемягкие (*СМ1, СМ2*), средние (*С1, С2*), среднетвердые (*СТ1, СТ2, СТ3*), твердые (*Т1, Т2*), весьма твердые (*ВТ*) и чрезвычайно твердые (*ЧТ*).

Номер структуры круга показывает объемное содержание шлифовального материала. С увеличением номера от 1 до 16 содержание шлифовального материала уменьшается, а объем пор увеличивается.

Связки абразивных инструментов могут быть: керамические (*К1-К10*), бакелитовые (*Б, Б1-Б4*), вулканитовые (*В, В1-В5*), металлические (*М1, МК, МВ1*), глифталевые (*Г*) и другие.

Шлифовальные круги изготавливаются трех классов точности (*АА, А и Б*) и четырех классов неуравновешенности (*1, 2, 3 и 4*).

При шлифовании вращательное главное движение резания всегда придается режущему инструменту — шлифовальному кругу. Скорость его является скоростью резания, измеряемой, в отличие от

всех других видов обработки резанием, в метрах в секунду. По форме обрабатываемой поверхности шлифование может быть плоским или круглым.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Получить у преподавателя карточку с марками инструментальных материалов.

Расшифровать маркировку и объяснить назначение каждого из материалов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях применяются инструментальные углеродистые стали?
2. Как маркируются инструментальные углеродистые стали и какие виды ТО применяются для получения требуемой твердости?
3. Маркировка легированных инструментальных сталей и применяемые виды ТО для получения требуемой твердости.
4. Как маркируются быстрорежущие стали и применяемые виды ТО?
5. Как маркируются твердые сплавы и до каких температур сохраняется их износостойкость?
6. Как маркируются абразивные инструменты и область применения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология конструкционных материалов / под общ.ред. А. М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1985 г., 448 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К.Мещерякова. 1 том, 1986 г., 655 с., 2 том, 1985 г., 495 с.
3. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / Под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988 г., 736 с.
4. Нефедов Н. А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 1990 г., 444 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. В. И. Баранова – М.: Машиностроение, 1996 г., 399 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
2. Лабораторная работа № 1 «Общие сведения об обработке металлов резанием».....	4
3. Лабораторная работа № 2 «Конструкция и принцип действия металлорежущего оборудования».....	14
4. Лабораторная работа № 3 «Инструментальные материалы для режущего инструмента».....	33
5. Литература.....	41

Учебное электронное издание комбинированного распространения

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

**Лабораторный практикум
по курсу «Технология материалов»
для студентов машиностроительных
специальностей дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Авторы-составители: **Степанкин Игорь Николаевич**
Рыженко Михаил Михайлович

Подписано в печать 24.05.07.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,66.

Изд. № 99.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.