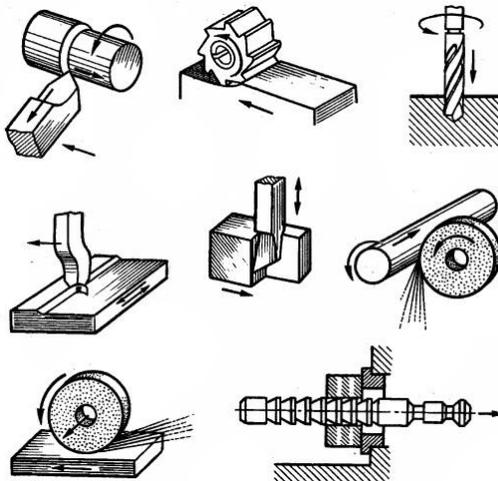


НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

**Материаловедение и  
технология конструкционных материалов**

**ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ**

**Методические указания по выполнению  
лабораторно-практических работ**



НОВОСИБИРСК 2021

УДК 389:621.753

ББК 30.10

**Составители:** А.Ю. Понизовский, к.т.н., доцент

**Рецензент:** Р.В. Конореев, к.т.н., доцент

**Материаловедение и технология конструкционных материалов. Обработка металлов резанием:** Метод. указ. к лабораторно-практическим работам /Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; сост.: А. Ю. Понизовский – Новосибирск, 2021. – 63 с.

Приведены методические указания по содержанию, выполнению и оформлению лабораторно-практических работ.

Предназначены для студентов Инженерного Института, обучающихся по направлениям подготовки Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Технология транспортных процессов, Профессиональное обучение (по отраслям), Техносферная безопасность.

Утверждены и рекомендованы к изданию к изданию методическим советом Инженерного института НГАУ (протокол №\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2021г.).

Новосибирский государственный  
аграрный университет, 2021  
© Инженерный институт, 2021

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1</b> .....	5
Изучение геометрических параметров токарных резцов, конструкции и принципы режимов работы токарно-винторезных станков	
<b>2. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2</b> .....	11
Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов, принципов и режимов работы на станках сверлильной группы	
<b>3. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3</b> .....	19
Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов (фрезы) и конструкции и принципа работы фрезерного станка	
<b>4. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4</b> .....	29
Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов (абразивный инструмент) и конструкции и принципа работы шлифовальных станков	
<b>5. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5</b> .....	41
Изучение конструкции, назначения и геометрические параметра многолезвийных режущих инструментов (протяжек) и конструкции и принципа работы протяжного, строгального и долбежного станков.	
<b>6. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6</b> .....	47
Изучение геометрических параметров, устройства и назначения токарных резцов	
<b>7. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7</b> .....	53
Изучение влияния геометрии токарного резца и режимов резания на качество обработанной поверхности и силы резания при точении	
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> .....	57
<b>БИБЛИГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях приведена классификация металлорежущих станков, рассмотрены основные узлы токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных и протяжных станков их управление и работа. Представлены параметры токарных резцов, фрез, сверел, метчиков, шлифовальных (абразивных) кругов, разверток и т.д. и их типы, методы обработки многолезвийным инструментом, приведены технологические возможности металлообрабатывающих станков. В методическом указании раскрыта сущность технологических методов обработки резанием на станках токарной, сверлильной, фрезерной и т. д. групп. Студентам предлагается методика практического закрепления теоретического материала, на примерах имеющегося в лаборатории оборудования, металлорежущих станков и металлорежущего инструмента.

В машиностроительной промышленности принята система, в которой металлорежущие станки делят на группы в зависимости от вида технологических операций, выполняемых на них. Кроме этого станки различают по степени автоматизации: станки – автоматы, полуавтоматы, с программным управлением, автоматические линии станков и т.п.

В зависимости от степени точности размеров обрабатываемых деталей станки разделяются на станки нормальной точности и высокой точности (прецизионные). По характеру выполняемых работ: черновые и чистовые. По конструктивным признакам (в зависимости от расположения шпинделя) – горизонтальные и вертикальные.

Станки каждой группы разделяются на 9 подгрупп (типов) в соответствии с конструктивными и технологическими особенностями, степени специализации и т.д.

Модель станка обозначают соответствующим номером: первая цифра определяет группу станка, вторая – подгруппу в пределах данной группы (тип, модель), третья (или третья и четвёртая) – условно характеризует основные технологические особенности станка (например, наибольший диаметр обрабатываемой на станке детали, размер стола и т.п.). Прописная буква после первой цифры указывает на модернизацию станка.

Например: Для станков токарной группы первая цифра 1, а вторая: 1 и 2 – автоматы и полуавтоматы; 3 –револьверные; 6 – токарно-винторезные и т.п.

Токарный станок модели 16К20 – токарно-винторезный с высотой центров 200 мм. Точение, как правило, производится на токарных станках первой группы.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### Изучение геометрических параметров токарных резцов, конструкции и принципы режимов работы токарно-винторезных станков.

#### Материальное обеспечение

- 1.Токарно-винторезный станок.
- 2.Металлорежущий и мерительный инструмент.
- 3.Заготовки для изготовления деталей.

#### Задание к лабораторно-практической работе

- изучить технологические возможности обработки заготовок на токарно-винторезных станках.
- изучить устройство и принцип работы токарно-винторезного станка;
- изучить способы закрепления заготовки при обработке на токарных станках;
- изучить способы закрепления режущего инструмента при обработке на токарных станках;
- изучить основные технологические операции, выполняемые при обработке на токарных станках.

#### Общие сведения

Технологический метод формообразования поверхностей заготовок точение – характеризуется двумя движениями: вращательным движением заготовки (скорость резания) и поступательным движением режущего инструмента – резца (движение подачи). Движение подачи осуществляется параллельно оси вращения заготовки (продольная подача), перпендикулярно оси вращения заготовки (поперечная подача), под углом к оси вращения заготовки (наклонная подача).

Разновидности точения: обтачивание – обработка наружных цилиндрических поверхностей; растачивание – обработка внутренних цилиндрических поверхностей; обработка плоских (торцевых) поверхностей; резка – разделение заготовки на части или отрезка готовой детали от заготовки – пруткового проката.

Основные части и элементы резца, представлены рисунке 1.1.

Верхняя передняя поверхность 1, по которой сходит стружка; главная режущая кромка 2; боковая поверхность 3, которая в пересечении с передней поверхностью 1 образует режущую кромку; вспомогательная боковая поверхность 4; вспомогательная режущая кромка 5 и вершина резца 6.

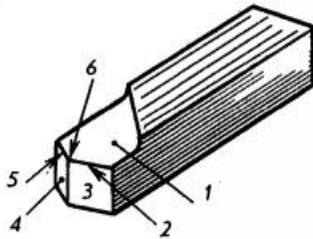


Рисунок 1.1 – Основные элементы токарного резца

Качество обработки деталей существенно зависит от правильности выбора резцов, конструкции которых определены назначением. Квалифицированный токарь, увидев конфигурацию детали, может определить, какие резцы понадобятся для ее обработки. Выбор резцов важная задача при токарной обработке. Точение поверхностей производится токарными резцами, которые представлены на рисунке 1.2

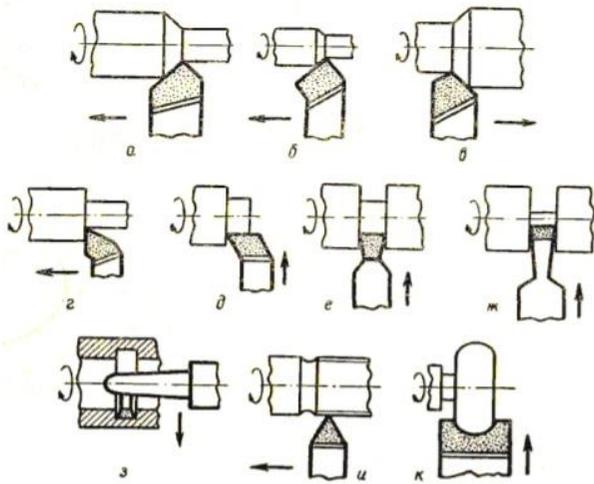


Рисунок 1.2 – Основные виды токарных резцов

По форме головки резцы для обточки разделяются на прямые – с прямолинейным стержнем (рисунок 1.2а) и отогнутые – со стержнем, отогнутым вправо или влево (рисунок 1.2б). По расположению режущей кромки различают правые (рисунок 1.2) и левые (рисунок 1.2в) резцы. Правые при обработке пе-

ремещаются в продольном направлении от задней бабки к передней, левые – от передней бабки к задней. Проходные резцы (рисунок 1.2а, 1.2б, 1.2в) предназначены для обточки, образования фасок, проходные упорные резцы (рисунок 1.2г) – для обточки и обработки образуемого торца ступени. Подрезные резцы (рисунок 1.2д) служат для образования ступени на торце обрабатываемой заготовки, для обработки плоскости торца. Канавки на наружной и внутренней поверхностях детали могут быть получены с помощью канавочных резцов (рисунок 1.2е, 1.2з). Аналогичные по конструкции резцы применяются для отрезки и называются отрезными (рисунок 1.2ж). Фасонные резцы (рисунок 1.3к) заточены по форме обрабатываемой детали и, так же как подрезные, канавочные и отрезные, имеют лишь поперечную подачу. На рисунке 1.2и показан резьбовой резец. Фасонные поверхности обрабатывают специальными фасонными резцами с поперечной подачи суппорта или с помощью копировальных механических или гидравлических устройств. Угол в плане, при вершине резьбового резца должен соответствовать углу профиля нарезаемой резьбы. Винтовую канавку прорезают за несколько проходов. При нарезании стандартных резьб станок настраивают с помощью коробки подач. Настройка станка на нарезание резьбы заключается в обеспечении условия, при котором, за оборот шпинделя, суппорт с резьбовым резцом перемещается на величину, равную шагу нарезаемой резьбы. Обработку конических поверхностей осуществляют следующим образом. Конические поверхности характеризуются следующими элементами (рисунок 1.4): – углом конуса  $2\alpha$  – угол между двумя образующими, лежащими в одной плоскости, проходящей через ось; – углом уклона конуса  $\alpha$  – угол между осью и образующей конуса; – уклоном  $Y$  тангенсом угла уклона ( $Y = \operatorname{tg} \alpha = (D - d)/2l$ ); – конусностью, или удвоенным уклоном ( $K = (D - d)/l$ ). Для получения конической поверхности необходимо, чтобы при вращении заготовки вершина резца перемещалась не параллельно, а под некоторым углом к оси центров. Этот угол должен быть равен углу уклона конуса  $\alpha$ . Перемещение вершины резца под углом к оси заготовки можно осуществить одним из следующих способов: применением широкого резца; поворотом верхней части суппорта; смещением задней бабки; с помощью конусной линейки.

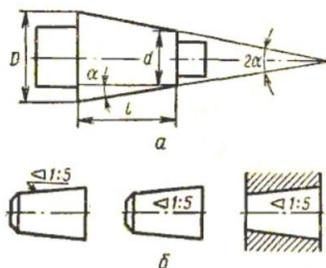


Рисунок 1.4 – Элементы конической поверхности

а – коническая поверхность б – условные обозначения конусности на чертеже

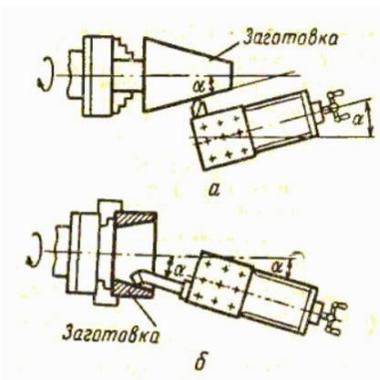


Рисунок 1.5 – Обработка конической поверхности

а – обтачивание наружной поверхности; б – растачивание внутренней поверхности

Универсальный способ получения конических поверхностей – обработка при повернутых верхних салазках суппорта (рисунок 1.5). Плиту суппорта вместе с верхними салазками поворачивают относительно поперечных салазков, ослабив гайки винтов крепления плиты. Угол поворота контролируют по делениям на плите.

При обработке сопрягаемых конических поверхностей вала и втулки применяют расточной резец с головкой, отогнутой вправо от стержня, а шпинделю сообщают обратное вращение. Положение поворотной плиты в этом случае не изменяется.

Ниже представлены параметры качества при обработке на токарных станках.

Качество поверхности: предварительное (черновое) 11 – 13, Rz 320 – 80 мкм; Чистовое 7 – 9, Rz 40 мкм Ra 1,25 мкм.

Точение производится на токарных станках, которые по принятой классификации относятся к первой группе.

Токарные станки составляют около 50% станочного парка машиностроительных заводов. Существует девять типов токарных станков:

- 1 – одношпиндельные автоматы и полуавтоматы;
- 2 – многшпиндельные автоматы и полуавтоматы;
- 3 – револьверные;
- 4 – сверлильно-отрезные;
- 5 – карусельные;
- 6 – токарные и лобовые;

- 7 – многорезцовые;
- 8 – специализированные
- 9 – разные.

Для токарно-винторезных станков основными характеристиками, определяющими их технологические возможности, является высота центров над станиной, которая определяет наибольший радиус (R) обрабатываемой заготовки, а также расстояния между центрами, определяющие наибольшую длину обрабатываемой заготовки, которую можно установить на станине.

Устройство и характеристика станка модели 16К20, его технологические возможности.

Максимальный диаметр заготовки: устанавливаемый над направляющей станиной составляет 400 мм, а над верхней частью суппорта 220 мм, максимальная длина обрабатываемой заготовки 1300 мм. Мощность привода электродвигателя 10 кВт, что позволяет снимать значительные припуски при обработке заготовок.

Наибольшее число оборотов шпинделя 2000 об/мин позволяет работать при больших скоростях резания. Станок имеет 48 продольных подач от 0,075 до 4,46 мм/об и столько же поперечных – от 0,038 до 2,23 мм/об и позволяет нарезать практически все виды резьб. На станке можно обрабатывать и растачивать наружные и внутренние цилиндрические и конические поверхности, нарезать на них резьбы, производить сверление, рассверливание, центрование, зенкерование, развёртывание отверстий, обработка и раскатывание цилиндрических и конических поверхностей, методами ППД, подрезку и отрезку заготовок, точение канавок, обработку фасонных и многогранных поверхностей при применении специальной технологической оснастки. Станок имеет механизм ускоренных перемещений в направлении продольных и поперечных подач. На рисунке 1.6 представлен токарно-винторезный станок.

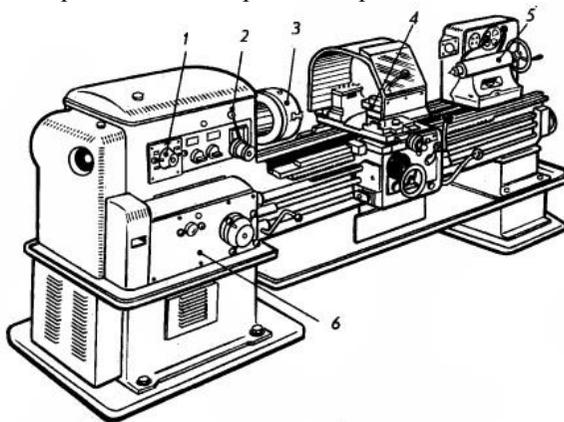


Рисунок 1.6 – Общий вид токарно-винторезного станка

Станина, на которой смонтированы узлы станка, установлена на передней и задней тумбах, которые крепятся к фундаменту или устанавливаются на виброопорах. По направляющим станины перемещаются салазки суппорта 4, задняя бабка 5. Передняя (шпиндельная) бабка 2 с коробкой скоростей 1 крепится на левом конце станины и служит для закрепления заготовки и придания ей вращательного движения с различными числами оборотов.

Шпиндель 3 – это последний в кинематической цепи вал коробки скоростей. Передний конец его имеет коническое отверстие, в которое устанавливается центр (для работы в центрах), и резьбу на наружной поверхности, на которую навинчивают кулачковый или поводковый патрон для закрепления обрабатываемых заготовок. Шпиндель изготавливают полым для размещения в нём обрабатываемого прутка. Коробку подач 6 крепят к лицевой стороне станины. Она обеспечивает получение необходимой величины подачи или шага нарезаемой резьбы. Суппорт служит для сообщения резцу подачи. Нижняя часть суппорта, называемая продольными салазками или кареткой, движется по направляющим станины при продольной подаче. На ней расположены поперечные салазки, которые перемещаются перпендикулярно оси вращения заготовки при поперечной подаче. На поперечных салазках расположен верхний поворотный суппорт с резцедержателем.

Фартук крепится к каретке суппорта. В нём расположен механизм, при помощи которого вращательное движение, передаваемое от шпинделя к ходовому валу или ходовому винту, преобразуется в поступательное прямолинейное (продольное или поперечное) движение суппорта. В нём монтируется устройства для включения поперечной или продольной подачи, движения для нарезания резьбы, а также ускоренного передвижения суппорта. Задняя бабка служит для поддержания обрабатываемой заготовки при работе в центрах, в ней также можно закрепить свёрла, зенкеры и другие инструменты при обработке отверстий. Для этого в пиноли задней бабки имеется конусное отверстие. Задняя бабка при помощи механизма сцепки может соединяться с суппортом и осуществляет механическую подачу.

Наладкой станка называют все подготовительные работы, связанные с выполнением заданной операции (установка инструмента, приспособлений, заготовки и др.).

Настройка станка заключается в приведении его кинематических цепей (оборотов, подач) в соответствие с заданным режимом резания. Резцы крепят к резцедержателю так, чтобы их вершина находилась на высоте оси заготовки (линии центров станка), а вылет составлял не более 1,5 высоты стержня-державки. Заготовки закрепляют с помощью универсальных и специальных приспособлений: кулачковых и других патронов, различных центров (простой, обратный, рифленый и т.п.). При обработке длинных (нежестких) валов для увеличения жесткости вал опирается на люнет, который устанавливается на суппорте.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить основные устройство и основные параметры токарных резцов.
2. Изучить устройство и назначение основных узлов токарно-винторезного станка.
3. Произвести наладку и настройку станка для операций – точение, торцевание и снятие фасок поверхностей.
4. Произвести настройку и наладку станка на нарезание резьбы. Проверить на выключенном станке.
5. Позиции 3 и 4 производить на ВЫКЛЮЧЕННОМ оборудовании.

### **Отчет по работе**

1. Записать цель и задачи работы.
2. Описать порядок настройки и наладки станка на заданное число оборотов и подач.
3. Привести эскизы режущего инструмента с указанием основных геометрических параметров при обработке поверхностей точением.
4. Описать способы закрепления режущего инструмента и заготовок.
5. Сделать эскиз деталей, с указанием полученных размеров.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие технологические операции можно производить на станке.
2. Как устанавливается классификация металлорежущих станков.
3. Общее устройство и назначение узлов станка.
4. Что называется наладкой и настройкой станка.
5. Назовите основные типы станков токарной группы.
6. Назовите основные узлы токарных станков.
7. Перечислите основные виды поверхностей, обрабатываемых на токарных станках.
8. Каково технологическое назначение токарных станков.
9. Какова размерность скоростей главного движения резания и движения подачи при обработке заготовок на токарных станках.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов, принципов и режимов работы на станках сверлильной группы

#### Материальное обеспечение

- 1.Сверлильный станок.
- 2.Металлорежущий и мерительный инструмент.
- 3.Заготовки для изготовления деталей.

#### Задание к лабораторно-практической работе

- изучить технологические возможности обработки заготовок на сверлильных станках.
- изучить устройство и принцип работы станков сверлильной группы;
- изучить способы закрепления заготовки при обработке на станках сверлильной группы;
- изучить способы закрепления режущего инструмента при обработке на станках сверлильной группы;
- изучить основные технологические операции, выполняемые при обработке на станках сверлильной группы.

#### Общие сведения

Сверление – распространенный метод получения отверстий в сплошном материале. Сверлением получают сквозные и несквозные (глухие) отверстия и обрабатывают предварительно полученные отверстия (в литье или поковке) в целях увеличения их размеров, повышения точности и снижения шероховатости поверхности.

Сверление осуществляют при сочетании вращательного движения инструмента вокруг оси – главного движения и поступательного его перемещения вдоль оси – движение подачи, оба движения на сверлильных станках сообщают инструменту, рис 2.1.



Рисунок 2.1 – Процесс сверления

Процесс резания при сверлении протекает в более сложных условиях, чем при точении, т.к. затруднён отвод стружки и подвод охлаждаемой жидкости к режущим кромкам инструмента для их охлаждения. При отводе стружки происходит её трение о поверхность канавок сверла и сверла о поверхность отверстия. Что повышает деформацию стружки и тепловыделение.

Скоростью резания при сверлении называют окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удалённой от оси сверла

$$V=3,14 \cdot D \cdot n / 1000 \quad (2.1)$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

$n$  – число оборотов сверла в мин.

Выбор величины скорости резания определяется многими факторами: механическими свойствами материала обрабатываемой заготовки и материала режущей части сверла, величины подачи, диаметра сверла, стойкости инструмента, глубины сверления и т.п. Режущим инструментом при сверлении являются сверла различной конструкции. Наиболее распространённый инструмент при сверлении – спиральные сверла. Спиральное сверло (рисунок 2.2) состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. В рабочей части различают режущую и направляющую или центрирующие части. Закрепление инструмента в шпинделе сверлильного станка показано на (рисунке 2.3). В направляющей части сверла расположены две канавки для отвода стружки из просверленного отверстия, а также две ленточки для обеспечения направления сверла при резании. Режущая часть сверла имеет две главные режущие кромки, поперечную кромку и две задние поверхности. Угол при вершине сверла  $2\phi$ , образуемый режущими кромками, выбирают в зависимости от твёрдости и хрупкости обрабатываемого материала. Например, для стали и чугуна средней твёрдости  $2\phi = 116-120$  градусов, для красной меди  $2\phi = 125$ , для алюминия, бронзы, латуни  $2\phi = 130-140$ . При сверлении можно получить чистоту поверхности R80 и IT10, IT11 качества точности.

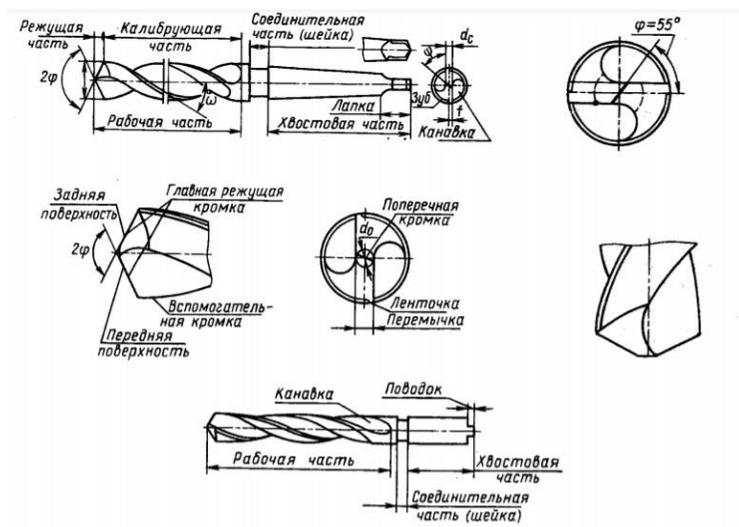


Рисунок 2.2 – Спиральное сверло

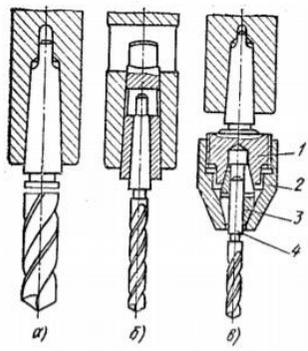


Рисунок 2.3 – Схемы закрепления инструмента в шпинделе станка

Для дальнейшей обработки отверстий, получаемых при сверлении, литье или штамповки, применяют зенкование и развёртывание. Ниже представлены параметры качества при обработке на сверлильных станках. Таблица 1.

Таблица 1 – Параметры обработки поверхности детали различным инструментом

Операция	Квалитет точности обработки	Качество обработки
Сверление-расточивание	10 – 11	Rz 80 – 20 мкм
Зенкование	9 – 10	До Ra 2,5 мкм
Развертывание	6 – 8	Ra 2,5 – 0,32 мкм

Режущим инструментом при зенкеровании и развёртывании является зенкер и развёртки.

Зенкер (рисунок 2.4) состоит из рабочей части, шейки, конического хвостовика и лапки. В рабочей части различают режущую (заборную) и калиброванную (направляющие) части. Режущая часть зенкера состоит из срезанной торцевой части – сердцевинины и трёх или четырёх режущих зубьев. Главный угол в плане  $\varphi = 45-60$  градусов. Калибрующий участок зенкера имеет три или четыре винтовые канавки и ленточки, которые обеспечивают направление инструмента. По виду обрабатываемых отверстий зенкеры разделяют на цилиндрические, конические и комбинированные (многоступенчатые), а также цельные – диаметром до 80 мм, насадные, со вставными ножами или напаянными пластинками из твёрдого сплава.

Рабочая часть зенкера состоит из задней поверхности 1, главной задней поверхности 2, вспомогательной задней поверхности (ленточки) 3, главной режущей кромки 4, вспомогательной режущей кромки 5 и вершины 6 зуба зенкера (рисунок 2.4а).

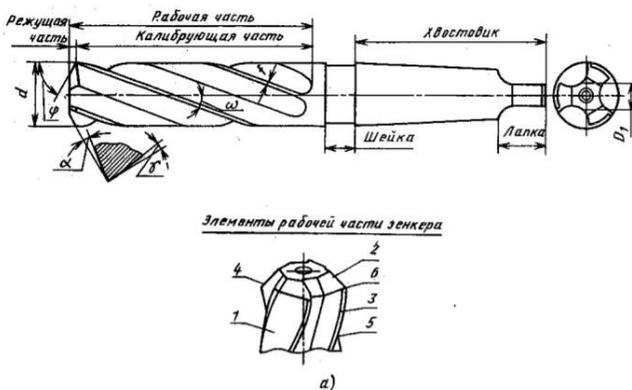


Рисунок 2.4 – Зенкер

Развёртка (рисунок 2.5) имеет рабочую часть, шейку и хвостовик. В рабочую часть входит направляющий конус или заборная часть, режущая часть, калибрующий участок и обратный конус. Основную работу выполняет режущая часть, каждый зуб которой имеет главную режущую кромку 1, переднюю и заднюю поверхности 3 рисунок 2.5б, в и угловой шаг. Развёртки бывают цилиндрические, конические, ручные, машинные.

У машинных разверток – рабочая часть значительно короче, чем у других. Конструктивно развёртки делят на хвостовые и насадные, цельные и со вставными ножами, оснащённые пластинками из твёрдого сплава.

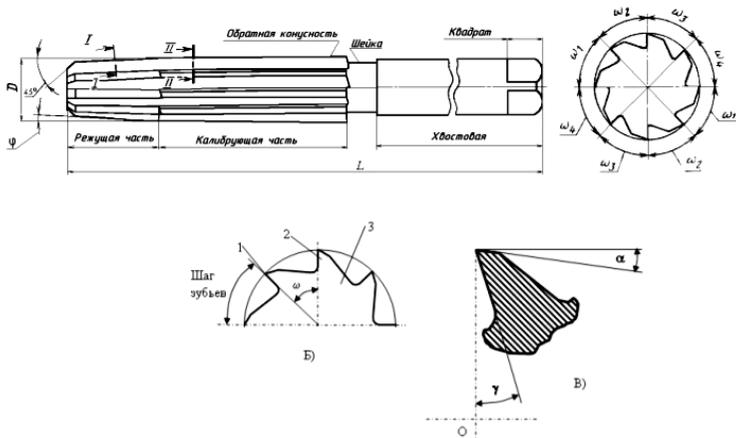


Рисунок 2.5 – Развертка

В массовом производстве для повышения производительности обработки применяют комбинированные режущие инструменты рисунок 2.6.

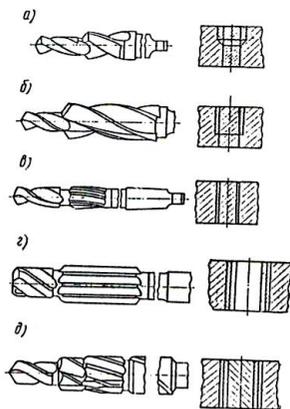


Рисунок 2.6 – Комбинированные режущие инструменты

Для образования резьб в штучных отверстиях применяют метчики. Метчик представляет собой винт с нарезанными канавками, образующие режущие кромки. Рисунок 2.7. Процесс получение резьбы показан на рисунке 2.8

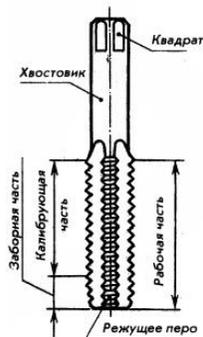


Рисунок 2.7 – Общий вид метчика

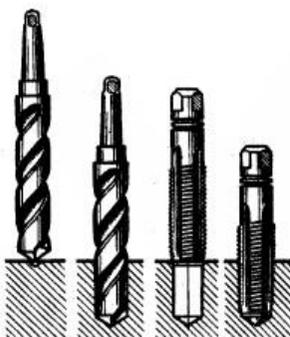


Рисунок 2.8 – Процесс получения резьбы

Профиль резьбы метчика должен соответствовать профилю нарезаемой резьбы. Метчик закрепляют в специальном патроне, имеющий предохранительную муфту. В случае заклинивания метчика, она разъединяет вращательный момент от шпинделя к рабочему инструменту. При обработке на сверлильных станках применяют различные приспособления для установки и закрепления заготовок на столах станков. Заготовки закрепляют прижимными планками или в тисках, трёх и четырёх кулачковых патронах и т.п.

На сверлильных станках проводят следующие технологические операции (рисунок 2.9): сверление (рисунок 2.9а), рассверливание (рисунок 2.9б), зенкование (рисунок 2.9в), развёртывание (рисунок 2.9г, д), цекование (рисунок 2.9е), зенкование (рисунок 2.9ж, з), нарезание резьбы (рисунок 2.9и), получение отверстий сложного профиля (рисунок 2.9к), сверление глубоких отверстий.

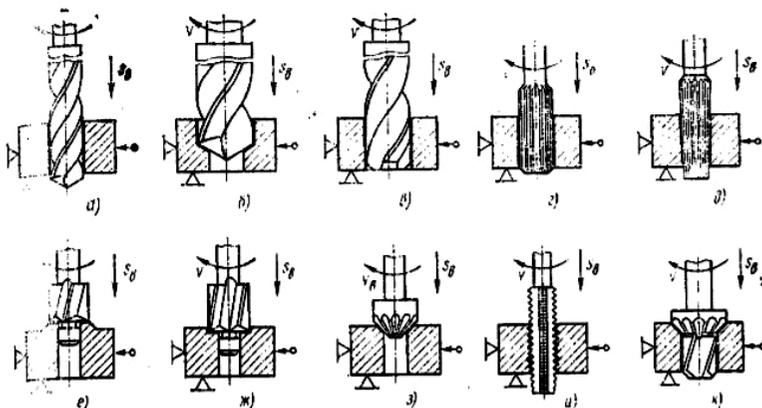


Рисунок 2.9 – Технологические операции производимые на сверлильных станках

Операции производят на вертикально-сверлильных станках. Основные узлы станка представлены на рисунке 2.10. Фундаментная плита 11, на которой смонтированы колодца или станина 7. На верхней части станины размещены коробка скоростей 4 с электродвигателем 5. На вертикальных направляющих установлена шпиндельная бабка 6, в которой размещён – механизм подачи, осуществляющий механическое вертикальное перемещение шпинделя с инструментом 14. Ручное перемещение шпинделя осуществляется штурвалом 9, при включении кнопки ручной подачи 8. Заготовки и приспособления устанавливаются на столе 12, который может перемещаться на вертикальных направляющих колонны 10. На шпиндельной бабке размещены органы управления переключения скоростей и подачи шпинделя 2, 13, а так же рукоятка 1 включения и выключения станка.

На станке можно сверлить отверстия диаметром до 50 мм, и глубиной до 300 мм, а также зенкеровать и развёртывать отверстия и нарезать на них резьбу, цековать и зенковать. Мощность электродвигателя 7 кВт, коробка скоростей позволяет получить 12 чисел оборотов шпинделя от 32 до 1400 об/мин, а коробочка подач обеспечивает 9 подач от 0,125 до 2,14 мм/об.

При обработке крупногабаритных и больших масс, заготовки обрабатываются на радиально-сверлильных одно шпиндельных станках у которых без изменения положения заготовки при обработке различных отверстий, расположенных в одной или нескольких параллельных плоскостях, обеспечивается совмещение осей режущего инструмента и обрабатываемых отверстий за счет перемещения шпиндельной головки.

При обработке заготовок с большим числом отверстий (корпусные детали) целесообразно использовать сверлильные станки с ЧПУ, которые автоматизи-

рованы с помощью дополнительных координатных столов, позволяющих автоматически перемещать и точно устанавливать заготовку относительно инструмента без предварительной разметки и координаторов. При массовом стабильном производстве используют агрегатные станки, изготовленные, из стандартных и нормализованных деталей и узлов (агрегатов), которые позволяют одновременно за один период обрабатывать несколько отверстий, расположенных в разных плоскостях у заготовки.

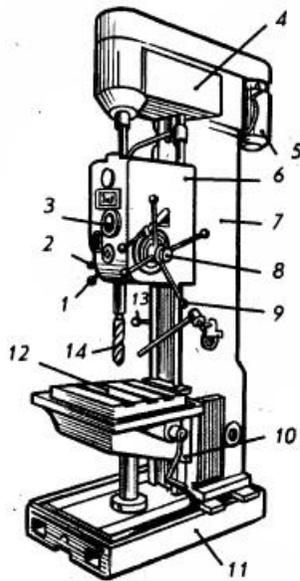


Рисунок 2.10 – Вертикально – сверлильный станок

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные устройство и основные параметры режущего инструмента при работе на сверлильных станках.
2. Изучить устройство и назначение основных узлов вертикально сверлильного станка.
3. Произвести наладку и настройку станка для операций – сверление, зенкование, развертывание и нарезание резьбы.
4. Проверить на ВЫКЛЮЧЕННОМ станке.

### Отчет по работе

1. Записать цель и задачи работы.

2. Описать порядок настройки и наладки станка на заданное число оборотов и подач.
3. Привести эскизы режущего инструмента с указанием основных геометрических параметров при обработке поверхностей.
4. Описать способы закрепления режущего инструмента и заготовок.
5. Сделать эскиз деталей, с указанием полученных размеров.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие технологические операции можно производить на сверлильных станках?
2. Назначение режущего инструмента для обработки отверстий.
3. Общее устройство и назначение узлов станка.
4. Каковы особенности процесса резания при сверлении по сравнению с методом точения?
5. Технологические операции - рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий?
6. Способы закрепления заготовки при обработке на станках сверлильной группы.
7. Способы закрепления режущего инструмента при обработке на станках сверлильной группы.
8. Назовите основные узлы сверлильных станков.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

### Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов (фрезы) и конструкции и принципа работы фрезерного станка

#### Материальное обеспечение

1. Фрезерный станок.
2. Металлорежущий и мерительный инструмент.
3. Заготовки для изготовления деталей.

#### Задание к лабораторно-практической работе

–изучить технологические возможности обработки заготовок на фрезерных станках.

– изучить устройство и принцип работы фрезерных станков; изучить способы закрепления заготовки при обработке на станках фрезерной группы;

– изучить способы закрепления режущего инструмента при обработке на фрезерных станках;

– изучить основные технологические операции, выполняемые при обработке на станках фрезерной группы.

#### Общие сведения

Фрезерование – процесс обработки плоских, фасонных и винтовых поверхностей, нарезание шлицев, резьбы и зубчатых колёс, получения винтовых канавок при помощи вращающегося режущего инструмента, называемого фрезой. Технологический метод формообразования поверхностей фрезерованием характеризуется главным вращательным движением инструмента и обычно поступательным движением подачи. Особенность процесса фрезерования – прерывность процесса резания каждым последующим зубом фрезы. Зуб находится в контакте с заготовкой и выполняет работу резания только на некоторой части оборота, а затем продолжает движение, не касаясь заготовки до следующего фрезерования.

В зависимости от направления вращения фрезы и поступательного перемещения обрабатываемой детали различают встречное фрезерование, когда заготовка подаётся на встречу движения фрезы и попутное фрезерование, когда направление подачи заготовки и вращения фрезы одинаковые. При встречном фрезеровании (против подачи) нагрузка на каждый зуб фрезы возрастает постепенно и на выходе достигает максимума. Сила резания, действующая на заготовку, стремится оторвать её от стола станка, что приводит к вибрациям и увеличению шероховатости обрабатываемой поверхности. Преимуществом этого метода является то, что работа зубьев фрезы происходит «из под корки»

т.е. фреза подходит к твёрдому поверхностному слою заготовки снизу и отрывает стружку при выходе.

Недостатком метода является повышенный износ фрезы т.к. появляется начальное скольжение зуба фрезы по наклепанной поверхности, образованной предыдущим зубом. При попутном фрезеровании (по подаче) зуб фрезы сразу снимает толстый слой металла – инструмент максимально нагружен. Это ухудшает условия работы инструмента и станка, но уменьшается износ фрезы и шероховатость обработанной поверхности. Сила, действующая на заготовку, прижимает её к столу, что уменьшает вибрации.

Скорость резания  $V$  представляет окружную скорость фрезы, измеренную по её наружному диаметру и определяется по формуле:

$$V=3,14 \cdot D \cdot n / 1000 \quad (3.1)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;  $n$  – число её оборотов в минуту.

Подачей  $S$  называется величина относительного перемещения обрабатываемой детали и фрезы, выраженная в мм/зуб, мм/об, мм/мин. Глубиной фрезерования  $t$  или глубиной резания, называют толщину слоя металла, снимаемого с обрабатываемой заготовки за один проход фрезы. В зависимости от выполняемых работ и конструктивных особенностей станки фрезерной группы можно разделить на станки общего назначения и специальные. К первым относятся горизонтально и вертикально – фрезерные станки, у которых, можно поворачивать стол на определённый угол (45 – 50 градусов) вокруг вертикальной оси, а также продольно-фрезерные; односторонние с одним горизонтальным шпинделем, двухсторонним с двумя горизонтальными шпинделями и многошпиндельными с горизонтальными и вертикальными шпинделями. К специальным станкам можно отнести торце-фрезерные, карусельно-фрезерные, резьбо-фрезерные и другие. На рисунке 3.1 показан общий вид вертикально-фрезерного станка. На фундаментной плите 1 крепится станина 2. В верхней части станины находится шпиндельная головка с вертикальным расположением шпинделя 4, в которой закреплена фреза, при помощи оправки 5, а также хобот 3 с подвеской(серой) 6. Консоль станка 9 перемещается вверх и вниз по вертикальным направляющим станины. На консоли по соответствующим направляющим передвигаются поперечные салазки 8 и по ним стол 7. Шпиндель вращается от электродвигателя через расположенную в станине коробку скоростей, в которой рукояткой переключаются скорости оборотов шпинделя. Перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальных направлениях для осуществления подачи обеспечивается от отдельного электродвигателя через коробку подач, расположенную в консоли.

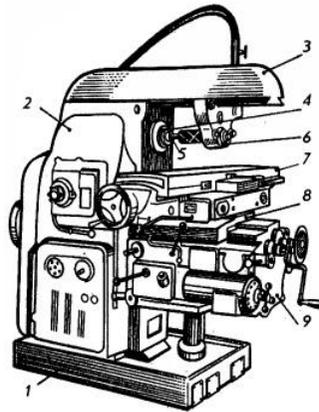


Рисунок 3.1 – Общий вид вертикально фрезерного станка

Фрезерные станки разделяют на станки общего назначения и специальные. К станкам общего назначения относят бесконсольно-вертикально фрезерные станки (рисунок 3.2а). Стол станка имеет два взаимно перпендикулярных направления движения, которые могут совершаться как с рабочей подачей, так и в режиме установочных быстрых ходов. Вертикальное перемещение совершает шпиндельная бабка и может поворачиваться в вертикальной плоскости для обработки наклонных плоскостей с поперечной подачей. Кроме того, шпиндель совершает осевое перемещение. Эти станки более жесткие и производительные, чем консольные, однако они менее удобны в обслуживании.

На рисунке 3.2б показан продольно-фрезерный станок общего назначения. Стол монтируется на станине и имеет только продольное перемещение. Поперечное и вертикальное перемещения совершают шпиндельные бабки, расположенные на траверсе и на вертикальных стойках. Эти станки предназначены для обработки плоскостей крупных заготовок. Наиболее распространенным видом обработки является работа с продольной подачей стола при неподвижных шпиндельных бабках. При этом можно обрабатывать заготовку одновременно с трех сторон. Шпиндели станка имеют индивидуальные приводы. Предусматривается также и обработка неподвижной детали с подачей шпиндельных бабок по вертикальным направляющим стоек и горизонтальным направляющим траверсы. Траверса имеет установочное перемещение в вертикальной плоскости. Во время работы она неподвижна.

На рисунке 3.2 в,г показаны схемы карусельно-фрезерного и барабанно-фрезерного специальных станков. На этих станках торцовыми фрезами обрабатывают плоские поверхности заготовок в массовом и крупносерийном производстве. Заготовки в специальных приспособлениях крепят на столе или барабане, которые медленно вращаются, совершая круговое движение подачи. Обычно в этих случаях совмещаются черновая и чистовая обработки. Высокая

производительность станков обеспечивается их непрерывным действием, так как установка и снятие детали осуществляются без остановки станка.

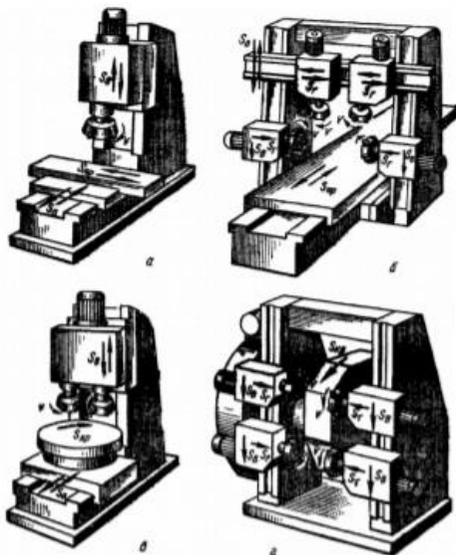


Рисунок 3.2 – Виды фрезерных станков

а – бесконсольный вертикально-фрезерный; б – продольнофрезерный; в – карусельно-фрезерный; г – барабанно-фрезерный

Основным режущим инструментом фрезерного станка является фреза.

Фреза – многолезвийный инструмент, у которого по окружности или на торце располагаются режущие зубья, представляющие собой простейшие резцы. Фрезы (рисунок 3.3) разделяют на цилиндрические и торцевые для обработки плоских поверхностей; дисковые, концевые и угловые для обработки фасонных поверхностей; модульные для нарезания зубьев; червячные для нарезания зубьев цилиндрических и червячных колёс. Фреза с прямыми зубьями врезается в обрабатываемую поверхность сразу по всей длине зуба, что приводит к переменной нагрузке на станок и несколько ухудшает поверхность обработки.

Фрезы с винтовыми зубьями работают более плавно станок работает более равномерно, т.к. зубья фрезы врезаются в деталь постепенно. В качестве материала при изготовлении фрез используют углеродистые инструментальные стали У12А для обработки сталей лёгкой и средней твёрдости или применяют из легированных сталей 9ХС, ХВ5 и ХВГ или быстрорежущие стали Р9, Р18.

При черновом фрезеровании применяют пластинки из твёрдого сплава марок ВК и ТК, при чистовом – марок ТК.

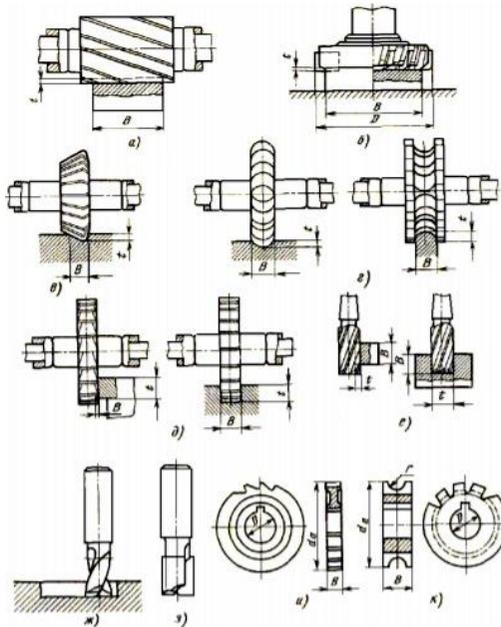


Рисунок 3.3 – Типы фрез и обрабатываемых поверхностей

Фрезы отличаются большим разнообразием типов, форм и назначения как стандартизованных (рисунок 3.3), используемых на универсальных фрезерных станках, так и специальных, проектируемых для обработки конкретных изделий.

Классификацию фрез проводят по следующим показателям.

По расположению зубьев относительно оси различают: фрезы цилиндрические с зубьями, расположенными на поверхности цилиндра (рисунок 3.3а); фрезы торцовые с зубьями, расположенными на торце цилиндра (рисунок 3.3б); фрезы угловые с зубьями, расположенными на конусе (рисунок 3.3е); фрезы фасонные с зубьями, расположенными на поверхности с фасонной образующей (рисунок 3.3 г) (с выпуклым и вогнутым профилем).

Некоторые типы фрез имеют зубья, как на цилиндрической, так и на торцовой поверхности, например дисковые двух- и трехсторонние (рисунок 3.3д), концевые (рисунок 3.3е), шпоночные (рисунок 3.3ж, з). По направлению зубьев фрезы могут быть: прямозубыми (рисунок 3.3д), в которых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и перпендикулярна направлению скорости главного движения резания (под направляющей линией

передней поверхности понимают линию, по которой движется точка прямой, описывающей эту поверхность); косозубые (рисунок 3.3г), у которых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и наклонена под углом к направлению скорости главного движения резания; с винтовым зубом (рисунок 3.3а), в которых направляющая линия передней поверхности является винтовой.

По конструкции фрезы могут быть: цельными; составными, например с припаянными или приклеенными режущими элементами; сборными, например оснащенными многогранными пластинами из твердого сплава; наборными, состоящими из нескольких отдельных стандартных или специальных фрез и предназначенные для одновременной обработки нескольких поверхностей.

Для изготовления сложной формы поверхности деталей машин используют специальные вспомогательные устройства, например такие как универсальные делительные головки. Их применяют для периодического поворота обрабатываемой заготовки на любые равные и неравные части окружности, что позволяет фрезеровать зубчатые колеса с прямыми зубьями, шестигранники, шлицевые валики и т. п.

Их используют также для передачи непрерывного вращательного движения заготовке, согласованного с подачей стола так, что на наружных поверхностях заготовок образуются винтовые канавки или винтовые поверхности.

Если шпиндель делительной головки повернуть относительно стола в вертикальной плоскости, то можно обрабатывать конические зубчатые колеса, цилиндрические зубчатые колеса больших диаметров, конические развертки.

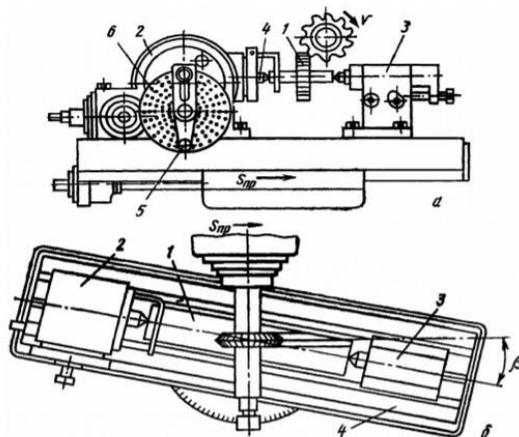


Рисунок 3.4 – Обработка заготовок с помощью делительной головки

На рисунке 3.4а показана схема обработки зубчатого колеса с использованием делительной головки. Заготовка 1 закреплена на оправке в центрах шпинделя делительной головки 2 и задней бабки 3.

Прорезание впадины колеса проводят дисковой модульной фрезой, которая совершает главное вращательное движение резания, а стол совершает движение подачи. После обработки очередной впадины между зубьями стол возвращают в исходное положение, а заготовку с помощью делительной головки поворачивают на угол, соответствующий шагу зубьев зубчатого колеса.

Поворот заготовки, соединенной с помощью поводкового патрона со шпинделем 4, совершают рукояткой 5, положение которой фиксируется в одном из концентрически расположенных отверстий лимба (диска) 6, в которое вводится пружинный фиксатор.

В комплекте к головке есть несколько таких дисков с различным количеством отверстий. На рисунке 3.4б показана схема фрезерования винтовой канавки с помощью делительной головки. Заготовка 1, установленная в центрах делительной головки 2 и задней бабки 3, вместе со столом 4 поворачивается на угол  $\beta$ , равный углу наклона винтовой канавки. Заготовке сообщается непрерывное вращательное движение от шпинделя делительной головки, соединенного с винтом продольной подачи стола сменными колесами.

Общее передаточное отношение сменных зубчатых колес определяют из условия, чтобы за время одного полного оборота заготовки относительно ее оси стол станка, на котором закреплена заготовка, переместился на величину шага фрезеруемой винтовой канавки.

Для закрепления режущего инструмента на станке применяют специальные оправки. На рисунке 3.5 показана фрезерная оправка 3 для крепления цилиндрической или дисковой фрезы или набора фрез с установочными кольцами 5.

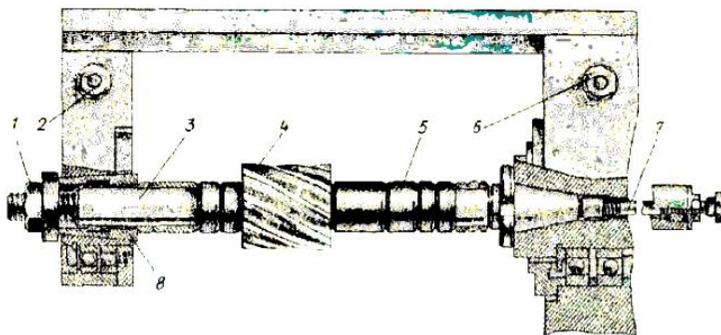


Рисунок 3.5 – Оправка для закрепления фрез

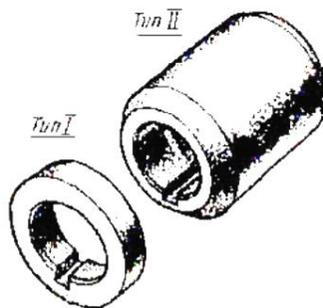


Рисунок 3.6 – Установочные кольца

Фрезерная оправка ставится в корпус шпинделя и затягивается шомполом. На оправку надевают установочные (проставные) кольца и на требуемом расстоянии от торца шпинделя – фрезу 4. Затем снова надевается ряд колец и конусная втулка 8 под серьгу с учетом желаемого удаления серьги от фрезы. Набор колец с фрезой (или набором фрез) и конусной втулкой затягивается на оправке гайкой 1.

После этого серьга подвигается на конусную втулку оправки до отказа и крепится на хоботе гайкой 2.

Хобот также должен быть закреплен на станине гайками 6. При тяжелых работах устанавливается вторая серьга, для чего в набор включается и вторая конусная втулка. Для установки одной или нескольких фрез на оправке пользуются установочными кольцами двух типов различной ширины (рисунок 3.6), Нормальный набор установочных колец, прилагаемых к фрезерному станку, состоит из колец шириной от 1 до 50 мм: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 3,0; 5,0; 8,0; 10; 15; 20; 30; 40 и 50 мм. В процессе фрезерования оправка работает на растяжение и изгиб, а установочные кольца – на сжатие. Когда на оправке устанавливают одну фрезу, ее желательно располагать ближе к шпинделю станка, так как в этом положении прогиб оправки будет минимальным.

Требуемое расположение фрезы относительно обрабатываемой заготовки при этом достигается соответствующей установкой стола в поперечном направлении. Если невозможно установить фрезы вблизи шпинделя, рекомендуется применять дополнительную подвесную серьгу (рисунок 3.1 поз 6). Установка и закрепление фрезы производятся в следующем порядке:

1. Выдвинуть хобот станка, поворотом торцового ключа, предварительно отвернув стопорящие винты.

2. Снять серьгу, предварительно отвернув винт.

3. Вставить оправку коническим концом в отверстие шпинделя, совместить пазы во фланце оправки с сухарями на конце шпинделя и закрепить оправку шомполом.

4. Надеть на оправку подобранные установочные кольца и фрезу. Обратить внимание на правильный выбор направления вращения шпинделя станка и направления винтовых канавок фрезы. После того как надели на оправку установочные кольца и фрезу, следует надеть на оправку остальные установочные кольца. При этом надо следить за тем, чтобы гайка не закрывала шейку оправки, которая входит в подшипник фрезы.

5. Установить серьгу так, чтобы конец оправки (шейка) вошел в подшипник серьги.

6. Закрепить фрезу на оправке, затянув ключом гайку.

7. Закрепить хобот и смазать подшипник серьги.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить основные устройство и основные параметры режущего инструмента при работе на фрезерных станках.

2. Изучить устройство и назначение основных узлов фрезерных станков.

3. Произвести наладку и настройку станка для операций – фрезерование плоской поверхности, фрезерование шпоночного паза, фрезерование зубчатых колес.

4. Проверить на **ВЫКЛЮЧЕННОМ** станке.

### **Отчет по работе**

1. Записать цель и задачи работы.

2. Описать порядок настройки и наладки станка на заданное число оборотов и подач.

3. Привести эскизы режущего инструмента с указанием основных геометрических параметров при обработке поверхностей.

4. Описать способы закрепления режущего инструмента и заготовок.

5. Сделать эскиз деталей, с указанием полученных размеров.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова особенность процесса фрезерования и почему в большинстве случаев плоскости удобнее обрабатывать торцовыми фрезами?

2. Каковы преимущества обработки фасонных поверхностей незамкнутого контура с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей на фрезерных станках с ЧПУ по сравнению с обработкой их на универсальных фрезерных станках?

3. Каково устройство и принцип работы фрезерных станков.

4. Опишите способы закрепления заготовки при обработке на станках фрезерной группы.

6. Каковы основные технологические операции, выполняемые при обработке на станках фрезерной группы.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

### Изучение конструкции, назначения и геометрические параметры многолезвийных режущих инструментов (абразивный инструмент) и конструкции и принципа работы шлифовальных станков

#### Материальное обеспечение

1. Шлифовальный станок.
2. Абразивный и мерительный инструмент.
3. Заготовки для изготовления деталей.

#### Задание к лабораторно-практической работе

- изучить основы процесса обработки шлифованием, основные типы станков, режущий инструмент и технологические схемы обработки.
- изучить устройство и принцип работы шлифовальных станков;
- изучить способы закрепления заготовки при обработке на станках шлифовальной группы;
- изучить способы закрепления режущего инструмента при обработке на шлифовальных станках;
- изучить основные технологические операции, выполняемые при обработке на станках шлифовальной группы.

#### Общие сведения

Шлифованием называется процесс обработки заготовок резанием с помощью шлифовальных кругов. С помощью шлифования можно производить обработку деталей с высокой точностью и малой шероховатостью поверхностей. Обрабатывать заготовки из самых разнообразных материалов, а для закалённых сталей и заточки режущего инструмента шлифование является одним из самых распространённых методов формообразования.

Абразивные зёрна расположены в шлифовальном круге беспорядочно и их удерживает связующий материал (связка). При вращении круга в зоне контакта с заготовкой часть зёрен срезает материал в виде большого количества тонких стружек.

Обработанная поверхность представляет собой совокупность микро следов абразивных зёрен и имеет малую шероховатость. Часть зёрен в круге ориентирована так, что резать не может, но производит работу трения по поверхности резания, поэтому в зоне резания выделяется большое количество теплоты. Мелкие частицы обрабатываемого материала, сгорая, образуют пучок искр, либо сплавляются.

Абразивные зёрна оказывают на заготовку существенное силовое воздействие, происходит поверхностное пластическое деформирование материала, его кристаллическая решётка искажается, возникает наклёп обработанной по-

верхности. Но этот эффект менее ощутим, чем при обработке механическим инструментом.

Для уменьшения тепловых эффектов, которые приводят к структурным превращениям и изменениям физико-механических свойств поверхностных обрабатываемых слоёв материала, шлифование производят при обильной подаче смазывающее – охлаждающих жидкостей (СОЖ) или сред (например: охлаждение распылением, туманом).

Для формирования любой поверхности методом шлифования необходимо иметь движения: вращательное движение круга и перемещение заготовки по координатным осям, которые могут быть заменены вращательным и движениями вокруг осей.

На рисунке 4.1 изображены основные параметры шлифования. Где  $D$  - диаметр шлифовального круга,  $V$  – скорость его вращения,  $S_p$ ,  $S_{пр}$ ,  $S_v$  соответственно подачи поперечная, продольная и врезания.

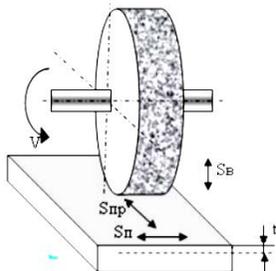


Рисунок 4.1 – Схема процесса шлифования

Элементами резания являются скорость резания и глубина резания. Скорость резания (м/с), равна окружной скорости периферии шлифовального круга.

$$V=3,14 \cdot D \cdot n / 1000 \cdot 60 \quad (4.1)$$

где  $n$  – частота вращения, об/ мин;

$D$ – наружный диаметр шлифовального круга, мм.

Подачами являются перемещения заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей.

Глубина резания  $t$  определяет толщину слоя материала, срезаемого за один рабочий ход.

Наибольшее распространение для операции шлифования получили круглошлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, заточные, а также специализированные станки. Для всех станков главное движение резания обеспечивается вращением шлифовального круга со скоростью  $V$ . Кругло-

шлифовальные станки разделяются: на простые, универсальные и разные (рисунок 4.2).

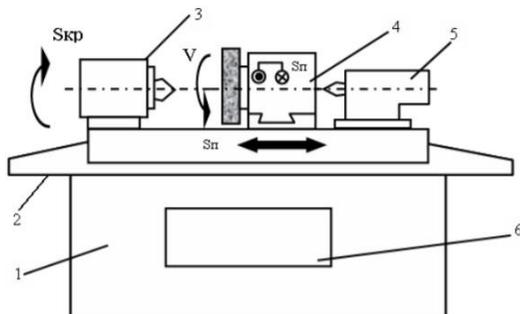


Рисунок 4.2 – Общий вид кругло-шлифовального станка

1 – станина, 2 – стол, 3 – передняя бабка с коробкой скоростей, 4 – шлифовальная бабка, 5 – задняя бабка, 6 – привод стола

Универсальные станки имеют поворотную переднюю и шлифовальную бабки, которые можно поворачивать на определённый угол вокруг вертикальной оси и закреплять для последующей работы. Простые станки снабжены не поворотными бабками. У врезных станков отсутствует продольная подача стола, а процесс обработки ведётся по всей длине заготовки широким абразивным кругом с поперечной подачей. Современные станки имеют высокую степень автоматизации. Так автоматически производится подача стола, шлифовального круга и компенсация его износа, изменение скорости отвода и подвода шлифовальной бабки. Оснащение станков, устройством программного управления (УПУ) даёт возможность создавать разнообразные вариации технологических параметров во время обработки. Шлифование плоских поверхностей производится периферией круга на плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом (рисунок 4.3).

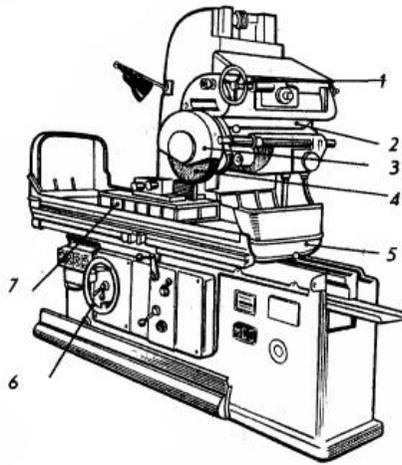


Рисунок 4.3 –Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом

Шлифуемая деталь устанавливается на магнитной плите 7, которая со столом 5 совершает движение подачи. Вращающийся шлифовальный круг 4, закрепленный в шпиндельной бабке 2 и прикрытый защитным кожухом 3, удаляет неровности, оставшиеся после предварительной обработки металлорежущими инструментами. Круг устанавливают в необходимое положение с помощью маховиков 1 и 6.

Движение подачи осуществляется вручную и при помощи привода станка. Привод продольного перемещения осуществляется с помощью гидравлического устройства – поршня, цилиндров и органов управления. Закрепление заготовок на шлифовальных станках зависит от метода шлифования. На круглошлифовальных станках они закрепляются в центрах передней и задней бабках. Для повышения точности обработки центры не вращаются. Круговую подачу заготовок обеспечивает поводковое устройство (поводок и хомутик), приводимое в действие вращающейся планшайбой шпинделя станка или они закрепляются в кулачковых патронах.

На плоскошлифовальных станках заготовки закрепляют с помощью магнитных плит в зажимных приспособлениях. Заготовки размещают на столе станка, затем включают ток и они притягиваются к магнитной плите.

В качестве режущего инструмента применяют абразивные инструменты. Их различают по геометрической форме и размерам, типу абразивного материала, зернистости, связки, твёрдости и структуре. Зёрна абразива представляют собой синтетические материалы или природные минералы, такие как, алмаз, кварц, корунд, кремний, гранит. Синтетические минералы: нормальный электрокорунд (Э), белый электрокорунд (ЭБ), монокорунд (М), зелёный кар-

бид кремния (КЗ), и чёрный (КЧ), карбид бора и т.д. Главной особенностью абразивных материалов является их высокая твёрдость.

При изготовлении инструмента зёрна скрепляют друг с другом при помощи цементируемого вещества – связки. Рисунок 4.4.

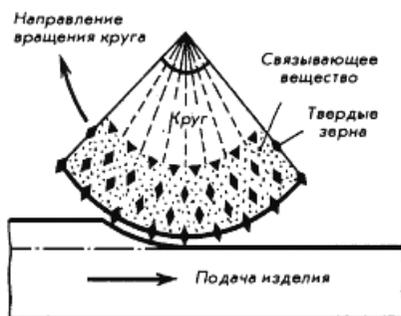


Рисунок 4.4 – Абразивный круг

Инструмент делают на керамической, бакелитовой или вулканитовой связках. Керамическая связка состоит из полевого шпата, кварца и других веществ.

Бакелитовая – из синтетической смолы – бакелита.

Вулканитовая – синтетический каучук, подвергнутый вулканизации для превращения его в прочный твёрдый эбонит.

Под твёрдостью абразивного инструмента понимают способность связи сопротивляться вырыванию абразивных зёрен с рабочей поверхности инструмента под воздействием внешних сил. Структура абразивного инструмента характеризует его внутреннее строение, т.е. соотношение между объёмным содержанием абразивных зёрен, связки и пор в единице объёма инструмента. Алмазные шлифовальные круги состоят из корпуса (алюминиевого, пластмассового или стального) и алмазного слоя толщиной 1,5 – 3 мм.

На шлифовальные круги наносят условное обозначение, называемые маркировкой, для правильного выбора инструмента для шлифования. Последовательность нанесения маркировки: абразивный материал и его марка, размер зернистости, степень твёрдости, номер структуры, вид связки.

На шлифовальных станках наибольшее распространение получили методы шлифования в центрах. Круглое шлифование (рисунок 4.5) производится вращательным движением круга со скоростью  $V$  и вращательным движением (круговой подаче  $S_{кр}$ ) заготовки. При шлифовании с продольной подачей (рисунок 4.5а) заготовка вращается равномерно и совершает возвратно-поступательное движение. В конце хода заготовки шлифовальный круг перемещается на величину  $S_{п}$ , а при следующем ходе срезает слой металла определённой глубины.

Процесс шлифования идёт до тех пор, пока не будет достигнут необходимый размер поверхности заготовки. Если необходимо шлифовать второй уча-

сток заготовки, устанавливают и настраивают, устанавливая упоры на столе для переключения продольной подачи уже в новых положениях.

Также устанавливают величину подач  $S_n$ ,  $S_{np}$ , в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

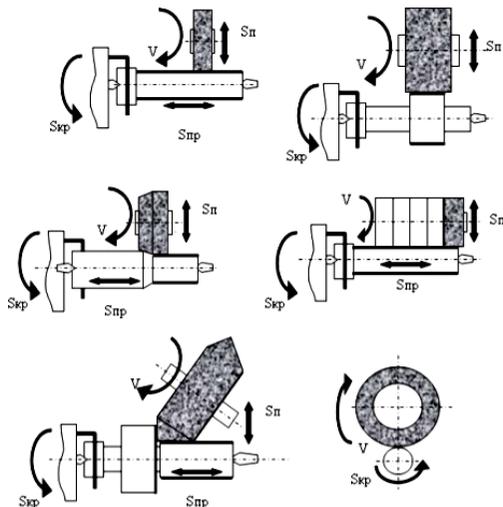


Рисунок 4.5 – Схемы процесса круглого шлифования  
а – с продольной подачей, б – врезного, в – глубинного, г – уступами, д – комбинированного

Производительным является врезное шлифование, применяемое при обработке жёстких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифуемого участка может быть перекрыта шириной шлифовального круга. Круг перемещается постоянной подачей (рисунок 4.5б) до достижения необходимого размера детали. Этот метод применяется, когда необходимо шлифовать фасонные поверхности и кольцевые канавки.

Глубинное шлифование позволяет за один ход снять слой материала всю глубину (рисунок 4.5в). На шлифовальном круге конический участок длиной 12 мм, который в ходе шлифования удаляет основную часть срезаемого слоя, а цилиндрический участок круга защищает обработанную поверхность. Поперечная подача отсутствует. Шлифование уступами представляет собой сочетание методов представленных на рисунке 4.5а, 4.5б.

Процесс шлифования состоит из двух этапов. На первом производится шлифование врезанием с подачей  $S_n$  мм/об, периодически передвигая стол на 0,8 – 0,9 ширины круга. На втором этапе делают несколько ходов с продольной подачей  $S_{np}$  для зачистки поверхности при включённой подаче  $S_n$  (про-

цесс выглаживания). Для обеспечения правильного взаимного расположения цилиндрических и плоских (торцевых) поверхностей детали шлифовальный круг специально запроваляют (рисунок 4.5д) и поворачивают на определённый угол. Так обрабатывают шейки валов, на которых крепятся подшипники качения.

Шлифование производится коническими участками круга. Обработка цилиндрической поверхности производится по схеме, аналогичной схеме, изображённой на рисунок 4.5а, с периодической подачей  $S_{\Pi}$  на глубину резания. Обработка торцевой поверхности детали производится с подачей вручную при плавном подводе заготовки к кругу или с помощью программного управления.

Шлифование наружных конических поверхностей производят по двум схемам. При обработке заготовок в центрах верхнюю часть стола поворачивают вместе с центрами на необходимый угол так, что положение образующей конической поверхности совпадает с направлением продольной подачи. Далее шлифование производится по аналогии с обработкой цилиндрических поверхностей. При консольном закреплении заготовок (в патроне) передняя бабка поворачивается на половину угла конуса и в таком положении фиксируется. Образующая конической поверхности также совпадает с направлением продольной подачи.

Внутреннее шлифование (рисунок 4.6а) применяют для получения отверстий высокой точности с малой шероховатостью поверхности на заготовках, как правило, прошедших термическую обработку. Шлифуют сквозные, глухие, конические и фасонные поверхности. Диаметр шлифовального круга составляет 0,7–0,9 диаметра шлифуемого отверстия, чем меньше круг, тем больше его частота вращения.

У кругло-шлифовальных станков отсутствует задняя бабка. Инструмент расположен на консольном шпинделе шлифовальной бабки, которая установлена на столе совершающий возвратно-поступательное продольное перемещение.

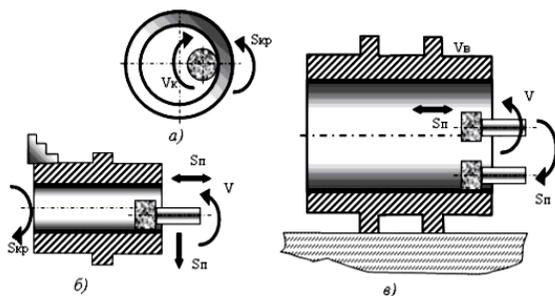


Рисунок 4.6 – Схемы внутреннего шлифования

Основную схему внутреннего шлифования можно реализовать двумя методами. При шлифовании заготовки часто закрепляют в трёх кулачковом патроне (рисунок 4.6б). Если наружная поверхность детали не симметрична относительно оси отверстия, применяют четырёх кулачковые патроны или зажимные приспособления.

Технологическое назначение движений при обработке аналогичное движениям кругло-шлифовальных станков, что позволяет шлифовать отверстия на всю длину либо часть их длины, когда необходимо обрабатывать лишь определённые участки

Также можно обрабатывать и внутренние торцовые поверхности. Фасонные поверхности шлифуют специально запрограммированным кругом методом врезания.

Конические – с поворотом передней бабки.

Заготовки больших размеров и масс шлифовать описанными методами не рационально, поэтому применяют планетарное шлифование (рисунок 4.6в). Заготовку неподвижно закрепляют на столе станка, шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а также вокруг оси отверстия, что является аналогией круговой подачи (положение круга, совершившего в планетарном движении пол оборота, показано на рисунок 4.6в). Периодически круг подаётся на глубину резания. Основные схемы плоского шлифования можно представить в четырёх основных видах (рисунок 4.7).

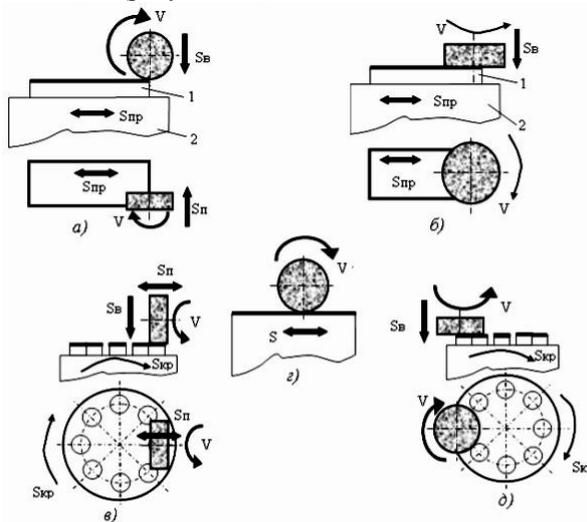


Рисунок 4.7 – Схемы плоского шлифования

Заготовки 1 закрепляют на прямоугольных или круглых столах 2. Прямоугольные столы совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивая

продольную подачу. Подача на глубину резания делается в крайних положениях столов. Поперечная подача необходима в тех случаях, когда ширина круга меньше ширины заготовки. Можно производить продольное шлифование специально заправленным кругом.

Круглые столы совершают вращательные движения, обеспечивая круговую подачу. Остальные движения аналогичны шлифованию на прямоугольных столах. Высокопроизводительным является шлифование торцом круга, так как в работе одновременно участвуют большое число абразивных зёрен, но шлифование периферией круга на прямоугольных столах позволяет выполнить большое число разнообразных работ.

Круги, работающие торцом и имеющие большие диаметры, делают составными из отдельных частей – сегментов, которые закрепляют на массивном металлическом диске, выступ которого надёжно их обхватывает. При этом повышается безопасность шлифования и можно увеличивать глубину резания, т.е. производить предварительное черновое шлифование со снятием больших припусков металла.

Бесцентровое шлифование (рисунок 4.8) позволяет существенно повысить производительность обработки вследствие ужесточения режимов обработки и автоматизации станков. Заготовка обрабатывается в незакреплённом состоянии. Для шлифования не требуется наличие центровых отверстий.

На бесцентрово-шлифовальном станке одновременно работают шлифующий круг и ведущий.

Заготовка кладётся на нож и одновременно контактирует с обоими кругами. Каждый из кругов подвергается периодической правке с помощью специальных механизмов. При шлифовании по схеме (рисунок 4.8а) заготовка 2, устанавливается на нож 3 между рабочим кругом 4 и ведущим 1, которые вращаются в одном направлении, но с разными скоростями.

Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между заготовкой и рабочим кругом, поэтому заготовка вращается со скоростью близкой к окружной скорости ведущего круга.

Ведущий круг устанавливают наклонно под углом (10–70 градусов) к оси вращения заготовки, при этом возникает продольная подача. Заготовка перемещается по ножу вдоль своей оси и может быть прошлифована на всю длину. Чем больше угол наклона ведущего круга, тем больше подача. Заготовки не закрепляясь, кладутся одна за другой на нож станка.

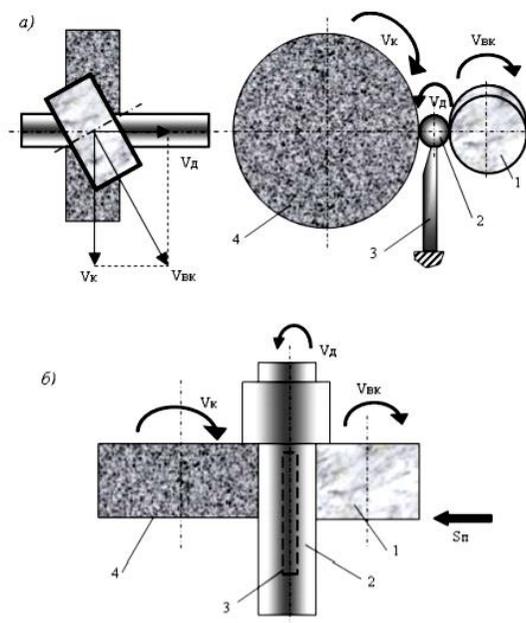


Рисунок 4.8 – Схемы бесцентрового шлифования.

Если шлифуют заготовки с уступами, то бабку ведущего круга не поворачивают (рисунок 4.8б), а вся она перемещается по направляющим станины с подачей  $S_n$  до определённого положения (упора).

Перед шлифованием ведущий круг отводят в сторону, заготовку кладут на нож и затем поджимают её ведущим кругом. Обработка ведётся с поперечной подачей до получения необходимого размера детали.

На резьбо-шлифовальных станках шлифовальный круг заправляют по форме впадины резьбы, как правило, нарезается предварительно на других токарных станках. Заготовка установленная в центрах резьбо-шлифовального станка, за один свой оборот перемещается в осевом направлении на один шаг резьбы.

Цилиндрические поверхности (например: кулачки) шлифуют на специализированных станках – полуавтоматах, снабжённых копирами, методом врезания. При шлифовании сложных по профилю деталей, например: турбинных лопаток, используют несколько копировальных устройств и в качестве абразивного инструмента применяют бесконечную абразивную ленту. Соответствующие специализированные станки используют для обработки шлицевых валов, профилей зубьев у зубчатых колёс, сложных фасонных поверхностей у штампов и пресс-форм и других деталей.

Для обработки различных режущих инструментов (резцы, фрезы, свёрла, протяжки и др.) используют заточные станки.

При заточке на точильно-шлифовальных станках резцы устанавливают на поворотный столик или подручник, а затем вручную прижимают к шлифовальному кругу обрабатываемой поверхностью. Заточка резцов на универсально-заточных станках в поворотных тисках позволяет наиболее точно получать необходимые геометрические параметры режущей части резца. Для повышения качества поверхностей деталей и режущих лезвий при заточке инструментов применяют алмазные круги, а также используют высокочастотные колебания круга или заготовки.

Все типы современных шлифовальных станков снабжены системами ЧПУ (числового программного управления), что значительно повышает их производительность и качество обработки деталей.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и основные параметры абразивного инструмента при работе на шлифовальных станках.
2. Изучить устройство и назначение основных узлов шлифовальных станков.
3. Произвести наладку и настройку станка для операций – плоское шлифование плоской поверхности, круглое шлифование (бесцентровое) цилиндрической поверхности.
4. Проверить на **ВЫКЛЮЧЕННОМ** станке.

### **Отчет по работе**

1. Записать цель и задачи работы.
2. Описать порядок настройки и наладки станка на заданные режимы шлифования.
3. Привести эскизы абразивного инструмента с указанием основных геометрических параметров при обработке поверхностей.
4. Описать способы закрепления заготовок.
5. Сделать эскиз деталей, с указанием полученных размеров.

### **Контрольные вопросы**

1. В чём сущность процесса шлифования?
2. Какие движения используют для формообразования поверхности методом шлифования?
3. Что является элементом режима шлифования?
4. Основные типы шлифовальных станков и их назначения?
5. Материалы, применяемые для изготовления абразивного инструмента?
6. Что такое твёрдость и структура абразивного инструмента?

7. Какие технологические методы бесцентрового шлифования?

8. Какие существуют технологические методы внутреннего шлифования и плоского шлифования? Показать на схемах.

## **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5**

### **Изучение конструкции, назначения и геометрические параметра многолезвийных режущих инструментов (протяжек) и конструкции и принципа работы протяжного, строгального и долбежного станков**

#### **Материальное обеспечение**

- 1.Строгальный станок.
- 2.Режущий и мерительный инструмент.
- 3.Заготовки для изготовления деталей.

#### **Задание к лабораторно-практической работе**

- изучить основы процесса обработки протягиванием, строганием, основные типы станков, режущий инструмент и технологические схемы обработки.
- изучить особенности обработки заготовок на протяжных и строгальных станках;
- изучить способы закрепления заготовки при обработке на протяжных и строгальных станках;
- изучить способы закрепления режущего инструмента при обработке на протяжных и строгальных станках;
- изучить основные технологические операции, выполняемые при обработке на протяжных и строгальных станках.

#### **Общие сведения**

Протягивание – высокопроизводительный метод формирования наружных и внутренних поверхностей деталей многолезвийными инструментами – протяжками. Формообразование поверхностей производится копированием с большой точностью режущих лезвий инструмента на обрабатываемой заготовке.

При протягивании осуществляется только главное движение, которое осуществляет инструмент или заготовка. Непрерывность врезания инструмента в материал заготовки, т.е. функции подачи, заложены в самой конструкции протяжки. Протягивание широко применяется в серийном, крупносерийном и массовом производстве.

Различают горизонтально и вертикально протяжные станки, основной характеристикой которых является номинальное тяговое усилие, которое колеблется от 98 до 980 кН.

Горизонтально-протяжные станки общего назначения применяют для обработки внутренних цилиндрических и фасонных поверхностей, шлицевых и шпоночных пазов, винтовых канавок, внутренних зубьев и т.д. Они отличаются простотой управления и обслуживания, легко и быстро переналаживаются.

Реже применяются горизонтально-протяжные станки для наружного протягивания или станки непрерывного действия (конвейерные и карусельные).

Вертикальные станки занимают меньшую площадь, легче автоматизируются, но имеют большую высоту, что затрудняет их обслуживание. Сплошные наружные поверхности, зубья конических колёс, цилиндрических и косозубых колёс и т.д. обрабатывают на специальных протяжных станках. В качестве оборудования для выполнения протяжных работ иногда используют прессы различных типов.

Протяжные станки отличаются более высокой производительностью, потому что обработка ведется многолезвийным инструментом-протяжкой. На протяжных станках обрабатывают внутренние и внешние поверхности разнообразной формы (рис. 5.1). По конструкции эти станки подразделяют на горизонтальные и вертикальные, по характеру работы они делятся на станки для внутреннего и наружного протягивания. Станки могут быть универсальными и специальными. На горизонтально-протяжных станках (модель 7А540 и др.) протяжка закреплена горизонтально; деталь упирается в неподвижный корпус станины. Они предназначены в основном для отделки внутренних поверхностей. Вертикально-протяжные станки (модель 774 и др.). Занимают меньшую площадь; протяжка закреплена вертикально на рабочем ползуне, деталь устанавливается на горизонтальном столе, совершающему колебательные движения: после рабочего хода протяжки (вниз), стол отходит от нее, а после холостого хода (вверх) возвращается в исходное положение.

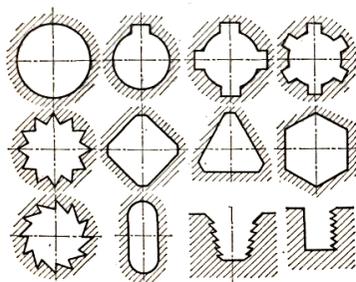


Рисунок 5.1 - Примеры протяжных работ внутреннего протягивания

Станкостроение выпускает горизонтальные протяжные станки с наибольшей тяговой силой 25-980 кН (2,5-100 тс) при наибольшем ходе каретки 1-2 м. В полую часть сварной станины (рисунок 5.2) 1 коробчатой формы смонтированы основные агрегаты гидравлического привода, являющегося основным для этого вида станков. Слева расположен силовой цилиндр 2. Шток поршня

связан с рабочими салазками, которые, перемещаясь в направляющих вдоль оси станка, служат дополнительной опорой. На конце штока насажена втулка с патроном для закрепления левого конца протяжки 3; правый конец ее зажат во вспомогательном патроне 4. Приспособление для установки детали и сама деталь упираются в неподвижный корпус 5 станины.

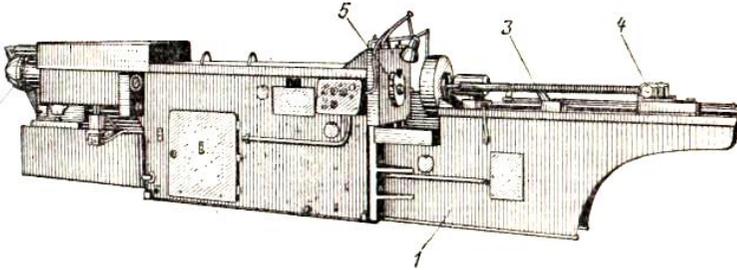


Рисунок 5.2 — Горизонтальный протяжный станок.

Правая часть станины приставная и служит для монтажа узлов автоматического подвода и отвода протяжки. Необходимые движения осуществляются вспомогательным силовым цилиндром, смонтированным в правой части станка. Происходит это следующим образом. При рабочем ходе влево салазки вспомогательного патрона 4 сопровождают протяжку до тех пор, пока не коснутся жесткого упора. При этом связь между протяжкой и патроном прерывается с помощью подпружиненного кулачка. После этого происходит рабочий ход, осуществляемый силовым цилиндром 2. При обратном ходе задний хвостовик протяжки, снова входит во вспомогательный патрон и толкает его вправо в исходное положение. Станок работает с полным и простым циклом.

При полном цикле прямого хода осуществляется подвод протяжки, замедленный рабочий ход; настроенный рабочий ход - замедленный рабочий ход при работе калибрующих зубьев и стоп. При обратном ходе осуществляется замедленный ход и отвод протяжки. Простой цикл отличается от полного отсутствием подвода и отвода протяжки.

Вертикальные протяжные станки для внутреннего протягивания выпускаются заводами отечественного станкостроения с наибольшей тяговой силой 25 - 785 кН (2,5-80 тс) при наибольшем ходе каретки 0,8 - 1,25 м, мощностью 7 — 75 кВт. Основным инструментом при протягивании являются протяжки.

Протяжки делают из инструментальных сталей и твёрдых сплавов. В зависимости от типа обрабатываемых поверхностей различают внутренние протяжки и наружные. По конструкции протяжки делят: на цельные и сборные. Режущие кромки внутренних протяжек бывают круглыми, квадратными, шлицевыми, шпоночными и других форм.

Круглыми протяжками обрабатывают отверстия диаметром 10-90 мм, а сборными диаметром до 160 мм. Шлицевые протяжки применяют для получения в отверстиях прямых и винтовых канавок плоского и эвольвентного про-

филя, а шпоночные для получения шпоночных пазов в цилиндрических отверстиях. Общий вид протяжки представлен на рисунке 5.3.

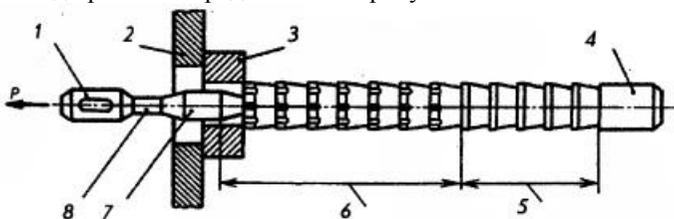


Рисунок 5.3 – Элементы протяжки

1 – хвостовик; 4 – направляющая; 5 – калибрующая часть; 6 – режущая часть; 7 – передняя направляющая; 8 – шейка. Заготовку 3 устанавливают на кронштейне протяжного станка 2, после чего в ее отверстие (предварительно полученное или черновое) вставляют хвостовик протяжки, который соединяют с ползуном станка. Зубья режущей части выполнены так, что каждый последующий зуб расположен выше предыдущего на величину толщины срезаемого слоя (0,01- 0,05мм). Таким образом, если первый зуб протяжки, начинает резание, то последний его заканчивает. Принцип протягивания и инструменты типа протяжек применяют и в других видах обработки и конструкциях инструментов, отличных от описанных.. Например, дисковые (рисунок 5.4а) и плоские (рисунок 5.4в) протяжки используют для обработки деталей типа тел вращения с прямолинейными и фасонными образующими, внутренних поверхностей (рисунок 5.4г), шеек коленчатых валов (рисунок 5.4д). Протяжки могут быть закреплены неподвижно, а относительно них перемещается приспособление карусельного (рисунок 5.4е) или цепного (рисунок 5.4ж) типа с установленными заготовками.

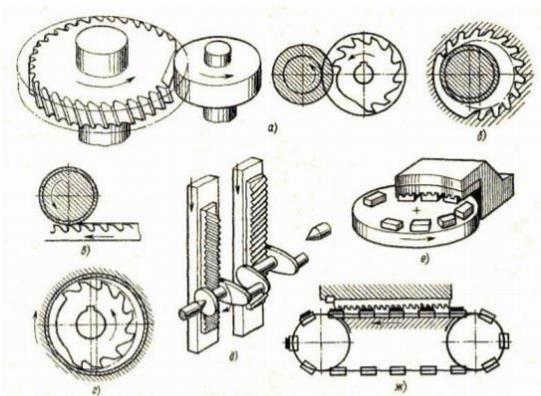


Рисунок 5.4 – Виды протяжек и способов обработки протягиванием

На строгальных станках обрабатывают плоскости, пазы, выемки различных профилей, фасонные отверстия, шпоночные канавки и др. Рисунок 5.5.

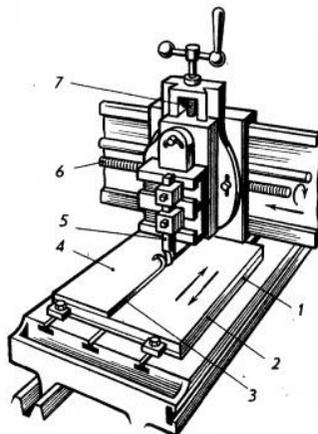


Рисунок 5.5 – Продольно-строгальный станок

Работа на таком станке производится в следующей последовательности. Вначале разметчик с помощью кернов 2 и разметочных рисок 1 наносит на заготовке 4 контур будущей детали. Затем деталь устанавливается на станок и резец 5 закрепленный в суппорте срезает (снимает) припуск 3. С помощью ходовых винтов – поперечного 6 и вертикального 7 резец можно перемещать в горизонтальном и вертикальном направлениях.

В зависимости от характера выполняемой работы строгальные станки подразделяются на поперечно-строгальные, продольно-строгальные и долбежные. На рисунке 5.6 изображен поперечно-строгальный станок, предназначенный для строгания горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей на заготовках мелких и средних деталей. Основные узлы станка: основание (фундаментная плита) 10 и станина 9, по горизонтальным направляющим которой перемещается ползун 5 с суппортом 2. По вертикальным направляющим станины перемещается стол 1, который для большей устойчивости поддерживается опорной стойкой 12. 6 Обрабатываемая деталь закрепляется на столе, горизонтальная и вертикальная поверхности которой имеют для этой цели Т-образные пазы. Резец закреплен в резцедержателе, установленном в суппорте 2 и с помощью рукоятки 3 и ходового винта 4 может менять свое положение. В рабочее состояние станок приводится от электродвигателя 8. На станке имеется гидروпанель 7 для управления гидравлическими устройствами, в том числе приводом подачи 11. Перемещение стола ограничивают переставные упоры 6.

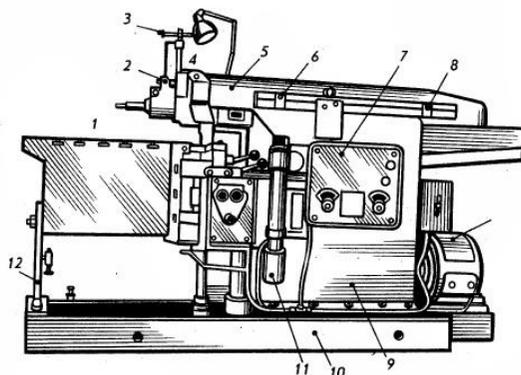


Рисунок 5.6 – Поперечно-строгальный станок

Долбежный станок (рис. 5.7) применяется главным образом для обработки шпоночных пазов и обработки различных отверстий в условиях единичного и мелкосерийного производства. При обработке резец 4, закрепленный в суппорте 3, вместе с ползуном 2 совершает вертикальное возвратно-поступательное движение по направляющим станины 1. Стол 5 обеспечивает продольную, поперечную и круговую подачу.

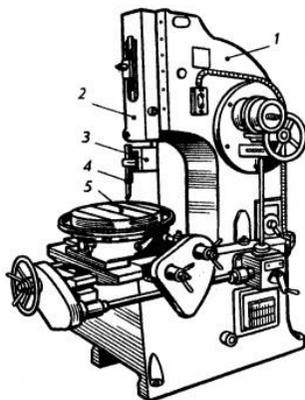


Рисунок 5.7 – Долбежный станок

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методами обработки заготовок на протяжных, строгальных и долбежных станках.
2. Ознакомиться с настройкой и наладкой протяжного, строгального и долбежного станков под руководством учебного мастера, просмотреть процесс протяжки (строгания).

### **Отчет по работе**

1. Записать наименование и цель работы.
2. Описать порядок настройки и наладки станка.
3. Привести эскизы режущего инструмента и оборудования при обработке.
4. Описать способов закрепления режущего инструмента (с эскизами) при обработке.
5. Описать и конструкции приспособления (с эскизами) для закрепления заготовки при обработке.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы особенности процесса резания при протягивании?
2. Что обеспечивает высокую точность формы и размеров обрабатываемой поверхности при протягивании?
3. Что обеспечивает центрирование заготовки по оси протяжки, если протягивается отверстие в литой или штампованной заготовке без ее предварительной обработки?
4. Чему будет равен диаметр отверстия после протягивания, если число рабочих зубьев круглой протяжки равно 30, подача на зуб составляет 0,05 мм/зуб, а диаметр исходного отверстия заготовки равен 97 мм?
5. Сколько рабочих зубьев должна иметь плоская протяжка, если на вертикально-протяжном станке с заготовки срезается припуск величиной 1,5 мм, а подача составляет 0,1 мм/зуб?
6. В каких целях иногда применяют протягивание вместо других методов обработки, например строгания, фрезерования?
7. Каковы особенности технологического метода формообразования – протягивание?

## **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6**

### **Изучение геометрических параметров, устройства и назначения токарных резцов**

#### **Материальное обеспечение**

1. Оборудование и наглядные пособия;
2. Токарные, строгальные, долбежные резцы;
3. Универсальный угломер ЛТМ, инструментальный угломер;
4. Демонстрационные плакаты и макеты резцов.

#### **Задание к лабораторно-практической работе**

- научиться классифицировать и определять технологическое назначение резцов;
- изучить геометрические параметры резцов;
- познакомиться с приборами и научиться измерять углы резцов.

### Общие сведения

Одним из наиболее простых и распространенных режущих инструментов является токарный резец. Поэтому геометрические параметры инструмента рассматриваются на примере *токарного проходного резца*.

Он состоит из *рабочей (режущей) части* и *стержня (присоединительной части)*, служащего для закрепления резца в резцовой головке суппорта станка или державке. Рабочая часть резца заточена так, что образует лезвие (клин), являющееся основной формой режущей части всех режущих инструментов, даже таких сложных, как фреза, сверло и др.

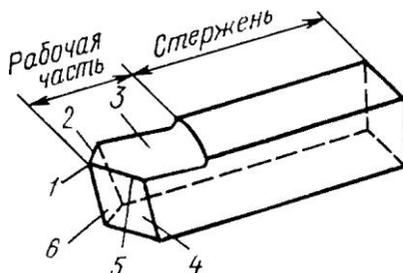


Рисунок 6.1 – Основные части токарного резца:

- 1 – вершина резца; 2 – вспомогательная режущая кромка; 3 – передняя поверхность; 4 – главная задняя поверхность; 5 – главная режущая кромка; 6 – вспомогательная задняя поверхность

Передней поверхностью называют поверхность лезвия резца, контактирующую в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Задними поверхностями называют поверхности лезвия резца, контактирующие в процессе резания с поверхностями заготовки. Режущие кромки образуются при пересечении передней и задних поверхностей лезвия. Различают главную и вспомогательную режущие кромки. Главная режущая кромка выполняет основную работу резания, и она, как правило, длиннее вспомогательной.

Место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной резца.

Углы резца рассматриваются в главной и вспомогательных секущих плоскостях и в плане. Рисунок 6.2

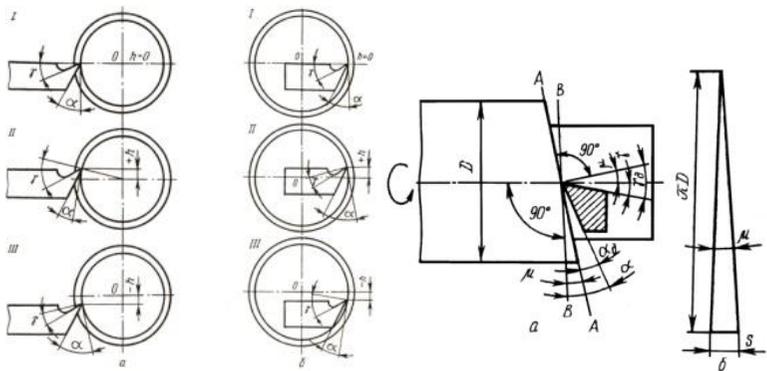


Рисунок 6.2. Схема расположения углов в плане

### Классификация токарных резцов

1. По форме головки и направлению подачи на правые и левые.
2. По изогнутости головки режущей части могут быть отогнутые вправо или влево, изогнутые вверх или вниз (ось резца изогнута в боковой проекции), оттянутые.
3. По конструкции различают: цельные резцы, с приваренной встык головкой, с припаянной пластинкой (твердого сплава, или б/р стали), резцы с механическим креплением пластинок.  
Особой разновидностью резцов с механическим креплением пластин являются неперетачиваемые резцы.
4. По сечению стержня различают прямоугольные, квадратные и круглые резцы.
5. по материалу рабочей части – резцы из б/р стали, твердого сплава или минералокерамики.
6. По назначению – проходные, подрезные, отрезные, расточные, галтельные, фасонные, специальные и резьбовые резцы.

### Применение резцов

Проходные резцы – служат для наружной обточки, бывают черновыми и чистовыми.

Подрезные резцы – в основном для подрезания торцов. Работают с поперечной подачей.

Отрезные резцы – для разрезания заготовок и прорезки канавок. Имеют одну главную и две вспомогательные кромки. Для уменьшения трения вспомогательные задние поверхности затачивают под углами  $1,5 \dots 2^{\circ}$ .

Расточные резцы – для растачивания отверстий, предварительно просвер-

ленных или полученных в процессе штамповки или отливки. Для растачивания глухих и сквозных отверстий.

Галтельные резцы применяют для обтачивания закруглений (галтелей).

Фасонные резцы – для обработки деталей сложной формы. Имеют фасонный профиль, передаваемый обрабатываемой детали при работе с поперечной подачей.

По конструкции делятся на призматические и дисковые. Широко применяются в условиях крупносерийного и массового производства.

Резьбовые резцы и гребенки применяют для нарезания наружной и внутренней резьб (метрической, дюймовой, трапецеидальной и прямоугольной).

### **Требования, предъявляемые к инструментальным материалам**

Режущие лезвие инструмента в процессе работы находится под действием больших давлений, трения и высоких температур, что приводит к изнашиванию режущего инструмента. Поэтому инструментальные материалы должны обладать особыми физико-механическими свойствами и отвечать определенным требованиям, связанным с условиями протекания процесса резания, технологическими особенностями каждого вида обработки, свойствами и состоянием обрабатываемого материала.

К инструментальным материалам, применяемым для изготовления режущей части инструмента, предъявляют следующие требования: высокие механические свойства (особенно прочность на изгиб и твердость); высокая износостойкость, заключающаяся в способности инструментальных материалов сопротивляться изнашиванию при работе; высокая теплостойкость – свойство инструментальных материалов сохранять свою твердость, а следовательно, и режущие свойства при высокой температуре нагрева.

Кроме того, инструментальные материалы должны обладать определенной технологичностью, т.е. обрабатываемостью резанием, свариваемостью, отсутствием склонности к образованию трещин при напайке, заточке и доводке, закаливаемостью и т.д.

Современные инструментальные материалы подразделяют на следующие группы: инструментальные стали, твердые сплавы, керамические материалы, алмазы и синтетические сверхтвердые материалы.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с классификационными признаками резцов;
2. Ознакомиться с технологией применения различных резцов;
3. Ознакомиться с частями и элементами резцов;
4. Изучить материалы режущей части и способы их крепления резцов;
5. Изучить геометрические параметры резцов, плоскости для их определения.

### Отчет по работе

1. Охарактеризовать по всем классификационным признакам заданный резец.
2. Измерить все углы заданного резца универсальным или инструментальным угломером ЛТМ.
3. Дать полную характеристику по всем классификационным признакам заданного резца.
4. На эскизе резца указать его части и элементы, изобразить проекцию в плане с указанием соответствующих углов и секущих плоскостей, сечения в главной и вспомогательной секущей плоскости, вид в плоскости главной режущей кромки с указанием соответствующих углов в общем виде.
5. Заполнить таблицу измерений углов резца (см. таблица).
6. Привести расшифровку и анализ свойств материала режущей части. По результатам индивидуального задания и измерений дать заключение (вывод) о техническом состоянии и применении предложенного резца. При неудовлетворительном состоянии резца дать рекомендации по его восстановлению.

Таблица – Результат измерения углов резца

Показатели	$\varphi$	$\varphi_1$	$\varepsilon$	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$	$\beta$	$\delta$	$\lambda$
Измеренное значение углов, град									
Интервал рекомендуемых значений углов данного типа резцов, град.									

При наличии 2 аналогичных углов указать оба значения в соответствующей колонке. При  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varepsilon$  - углы в плане, соответственно: главный, вспомогательный и при вершине;  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  - углы в главной секущей плоскости, соответственно: передний, задний, заострения, резания;  $\alpha_1$  -вспомогательный задний угол;  $\lambda$  - угол наклона главной режущей кромки.

### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

**Изучение влияния геометрии токарного резца и режимов резания на качество обработанной поверхности и силы резания при точении**

### **Материальное обеспечение**

1. Токарно-винторезный станок (1В62Г, 1А62);
2. Однокомпонентный динамометр ДК-1;
3. Образцы шероховатости;
4. Универсальный угломер ЛТМ, инструментальный угломер;
5. Токарные резцы;
6. Демонстрационные плакаты и макеты резцов.

### **Задание к лабораторно-практической работе**

- изучить технику безопасности при выполнении работ на металлорежущих станках в учебных мастерских.
- ознакомиться с методикой цехового контроля шероховатости обработанной поверхности.
- изучить устройство, принцип работы, назначение однокомпонентного динамометра ДК-1, используемого для измерения главной составляющей силы резания при точении
- ознакомиться с порядком настройки токарного станка для выполнения данной лабораторно-практической работы.
- составить план эксперимента с внесением соответствующих параметров в таблицу.
- под руководством учебного мастера или преподавателя настроить станок на требуемые режимы резания.
- провести требуемый эксперимент, с последующей перенастройкой перед каждым следующим опытом, с фиксацией результатов в таблице.
- убрать станок надлежащим образом, сдать рабочее место учебному мастеру (преподавателю).
- составить отчет о работе и сдать преподавателю.

### **Общие сведения**

Знание сил резания необходимо для определения мощности резания, расчета на прочность инструмента, узлов станка, приспособлений и расчета на жесткость технологической системы СПИД. Рисунок 7.1

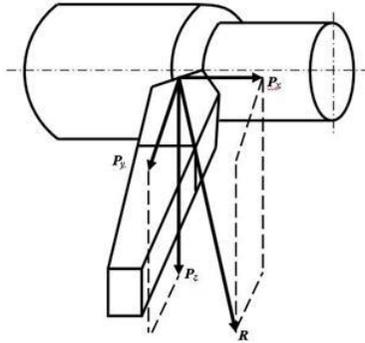


Рисунок 7.1. силы, действующие на резец при точении

Для измерения составляющих сил резания и изучения влияния на них различных факторов применяют специальные приборы - динамометры. В зависимости от количества измеряемых составляющих динамометры бывают одно-, двух- и трехкомпонентные. По принципу действия динамометры подразделяют на электрические, механические и гидравлические.

В лабораторной работе используется механический динамометр ДК-1 Он служит, в основном, для определения тангенциальной силы резания  $P_z$ . Данный прибор устанавливается на суппорте станка вместо резцедержателя.

Корпус динамометра 1 выполнен таким образом, что люлька 1, в которую вставляется и закрепляется резец, соединяется с остальной частью прибора посредством торсионных брусков 2 квадратного сечения. Под действием тангенциальной (вертикальной) составляющей силы резания вершина резца отклоняется вниз, закручивая торсионные бруски. При этом конец длинной балки 4, приваренной к люльке 2 в нижней ее части, поднимается, нажимая посредством стержня 5 на ножку индикатора часового типа 6. Перемещение стрелки индикатора пропорционально деформации торсионных брусков и, следовательно, силе резания. Рисунок 7.2

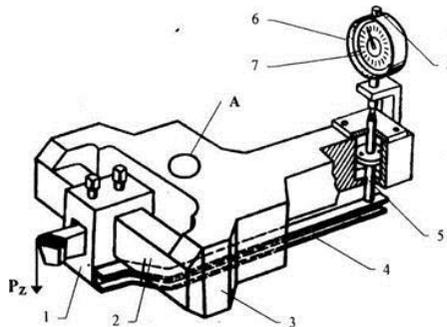


Рисунок 7.2. Однокомпонентный динамометр механического типа ДК-1

1 – малый корпус (люлька), 2 – торсионные балки прямоугольного сечения, 3 – большой корпус, 4 – жесткая балка прямоугольного сечения, приварена к малому корпусу, и касается штока демпфера, действующего на шток индикатора часового типа (микрометра), 5 – шток демпфера, 6 – индикатор, 7 – защитный корпус индикатора, 8 – регулировочный стержень индикатора

#### Порядок выполнения работы

1. Измерить углы у заданных резцов, результаты занести в таблицу 1.
2. Составить программу эксперимента для установления зависимости сил резания и шероховатости обработанной поверхности от углов  $\varphi$  и  $\gamma$ , для чего необходимо из таблицы 3 выбрать последовательно 3 - 4 резца с постоянными значениями углов, кроме исследуемого параметра (угла  $\gamma$  и  $\varphi$ ). При необходимости произвести переточку резцов.

Таблица 1 – Результаты измерения углов, град

Номер резца	Углы в плане			Углы в главной секущей плоскости			Другие углы	
	$\varphi$	$\varphi_1$	$\epsilon$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\lambda$

3. Обработать вал постоянного диаметра выбранными резцами с фиксацией показаний индикатора динамометра. Обработку производить на постоянных режимах, заданных преподавателем каждому звену.
4. Обработать вал одним из резцов (по заданию преподавателя) с переменными режимами резания:
  - а) при постоянной скорости и глубине резания, переменной подаче;
  - б) при постоянной глубине резания и подаче, переменной скорости резания (частоте вращения шпинделя);
  - в) при постоянной скорости резания и подаче, переменной глубине резания.
5. Составить программу опытов по выявлению закономерностей влияния главного и вспомогательного углов в плане на шероховатость поверхности (не менее 3 точек).
6. Обработать шейки вала равного исходного диаметра на постоянных режимах различными резцами. Режимы обработки задаются преподавателем.
7. Оценить визуально, по образцам, шероховатость поверхностей, обработанных резцами с различными углами в плане.

8. Обработать шейки вала одним из резцов (по указанию преподавателя) с переменными режимами резания:

а) при постоянных значениях  $S$  и  $t$  и переменной скорости резания  $V$  (достигается изменением  $n$  частоты вращения шпинделя  $V = \pi D n/1000$ );

б) при постоянных значениях  $V$  и  $t$ , переменной подаче  $S$  мм/об.

в) при постоянных значениях  $V$  и  $S$ , переменной глубине  $t$  резания, мм.

9. Оценить шероховатость поверхности, полученную при обработке на переменных режимах.

10. Повторить эксперимент с применением смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

### Отчет по работе:

1. Привести показания индикатора динамометра в микрометрах, показания вертикальной составляющей силы резания в килоньютонках с учетом тарировочного масштаба. Заполнить таблицу 2 .

3. Построить графические зависимости силы резания от значений главного угла в плане ( $\phi$  и переднего угла  $\gamma$ . Заполнить таблицу 3 показаний динамометра и силы резания при обработке с переменными режимами.

Таблица 2 – Результаты измерения силы резания при обработке

Показатель	$\alpha =$ ; $\phi =$ ; $\phi_1 =$ ;			$\alpha =$ ; $\gamma =$ ; $\phi_1 =$ ;		
	$\gamma =$	$\gamma =$	$\gamma =$	$\phi =$	$\phi =$	$\phi =$
$H$ , мкм						
$P_z$ , кН						

Таблица 3 – Результаты измерения силы резания при обработке на различных режимах

$\phi =$	$n = \dots\dots$ , об/мин;	$t = \dots\dots$ , мм;	$n = \dots\dots$ , об/мин;	
	$\phi =$	$v = \dots\dots$ , м/мин;	$s = \dots\dots$ , мм/об	$v = \dots\dots$ , м/мин;
$\alpha =$	$s = \dots\dots$ , мм/об.	$v = \dots\dots$ , м/мин;	$t = \dots\dots$ , мм	
$\gamma =$	$t$ , мм		$n$ , об/мин	$s$ , мм/об
$H$ , мкм				

$P_z$ , кН									
------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4. Изобразить графические зависимости силы резания от режимов обработки. По результатам выявленных зависимостей дать заключение о влиянии геометрических параметров инструмента и режимов резания на силу резания  $P_z$ .

5. Заполнить таблицу 4 оценки шероховатости поверхности, обработанной резцами с различными углами заточки  $\gamma$  и  $\phi_1$ .

По данным таблице 4 построить графические зависимости  $R_z = f(\phi_1)$  и  $R_z = f(\phi)$ .

6. Заполнить таблицу 5 оценки шероховатости обработанной поверхности при точении с переменными режимами.

Таблица 4 – Результаты оценки шероховатости поверхности, обработанной резцами с различным значениями главного и вспомогательного угла в плане

Параметр шероховатости	Значение углов, град: $\alpha =$ ; $\gamma =$					
	$\phi_1 =$			$\phi =$		
	$\phi =$	$\phi =$	$\phi =$	$\phi_1 =$	$\phi_1 =$	$\phi_1 =$
$R_z$ мкм, без СОЖ						
$R_z$ , мкм, с СОЖ						

Таблица 5 – Результат оценки шероховатости поверхности в зависимости от режимов обработки

$\alpha =$ ; $\gamma =$ ; $\phi =$ ; $\phi_1 =$	$t = \dots$ , мм;		$t = \dots$ , мм;		$S = \dots$ , мм/об,	
	$S = \dots$ , мм/об		$n = \dots$ , об/мин		$n = \dots$ , об/мин	
	$n$ , об/мин		$S$ , мм/об		$t$ , мм	
$R_z$ , мкм, без СОЖ						
$R_z$ , мкм, с СОЖ						

7. Построить графические зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки  $S$ ,  $t$  и  $V$ .

8. По результатам опытов сделать выводы о влиянии углов в плане резцов и режимов точения на шероховатость обработанной поверхности. Обосновать, при наличии на графиках характерных точек, пояснив их физическую природу (наrost, вибрация, деформация и др.) Оценить влияние СОЖ на шероховатость поверхности при точении.

### Основные термины и определения

**Передняя поверхность резца** - поверхность, по которой сходит стружка в процессе резания;

**Главная задняя поверхность** - поверхность, обращенная к поверхности резания заготовки;

**Вспомогательная задняя поверхность** - поверхность, обращенная к обработанной поверхности заготовки;

**Главное лезвие (режущая кромка)** – линия пересечения передней и главной задней поверхностями;

**Вспомогательное лезвие** - линия пересечения передней и вспомогательной задней поверхностями;

**Вспомогательные (координатные) плоскости:**

**Основная плоскость** - плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи;

**Плоскость резания** - называется плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости;

**Рабочая плоскость** – это плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения  $v$  и движения подачи  $V$ ;

**Главная секущая плоскость** – плоскость, проведенная через какую-то точку главной режущей кромки перпендикулярно к ней;

**Вспомогательная секущая плоскость** - плоскость, проведенная через какую-то точку вспомогательной режущей кромки перпендикулярно к ней;

**Передний угол  $\gamma$**  – угол в главной секущей плоскости между проекцией следа от пересечения главной секущей плоскости и передней поверхности на основную плоскость и самой основной плоскостью;

**Главный задний угол  $\alpha$**  – угол в главной секущей плоскости между проекцией следа от пересечения главной секущей плоскости и главной задней поверхности на плоскость резания и плоскостью резания;

**Вспомогательный задний угол  $\alpha_1$**  – угол в главной секущей плоскости между проекцией следа от пересечения главной секущей плоскости и вспомогательной задней поверхности на плоскость резания и плоскостью резания;

**Угол заострения** – угол в угол в главной секущей плоскости между проекцией следа от пересечения главной секущей плоскости и задней поверхности на плоскость резания и плоскостью резания;

**Угол резания** – угол в главной секущей плоскости между следами от ее пересечения с передней и главной задней поверхностями;

**Главный угол в плане** – угол между проекцией главного режущего лезвия на основную плоскость и направлением подачи;

**Вспомогательный угол в плане** – угол между проекцией вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость и направлением подачи;

**Угол при вершине** – угол между проекциями режущих лезвий на основную плоскость;

**Угол наклона главной режущей кромки** – измеряют в плоскости, проходящей через главное режущее лезвие резца перпендикулярно основной плоскости, между главным режущим лезвием и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости.

**Главная составляющая силы резания  $P_z$**  – сила, действующая в направлении главного движения по касательной к поверхности резания

**Радиальная составляющая силы резания  $P_y$**  – сила, действующая в горизонтальной плоскости по радиусу заготовки

**Осевая составляющая (сила подачи)  $P_x$**  – сила, действующая в осевом направлении (направлении подачи)

**Динамометр** – в данном случае прибор для измерения только одной, главной, составляющей силы резания. Однокомпонентный механический динамометр ДК-1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 1. [Электронный ресурс]: Учебник / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе; Под ред. В.А. Горохова. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 589 с. (п) ISBN 978-5-16-009531-8 - Текст : электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/446097> [ЭБС ИНФРА-М]
2. Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2. [Электронный ресурс]: Учебник / В.А. Горохов и др; Под ред. В.А. Горохова. - Москва : НИЦ ИНФРА-М; Минск : Нов. знание, 2014. - 533 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-009532-5 - Текст : электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/446098>[ЭБС ИНФРА-М]
3. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов / В.А. Оськин, В.Н. Байкалова, Карпенко В.Ф. и др.; Под ред.В.А. Оськина, В.Н. Байкаловой. – М.: Колос, 2008. – 318с.
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. учеб-ник для студентов вузов. Кн.2. /В.Ф. Карпенко, В.Н. Байкалова и др. Кн. 2 –М.: КолосС, 2006. – 311с.
5. Дальский А.М. технология конструкционных материалов./А.М. Дальский и др.- М.: Машиностроение; 2005. - 592с.
6. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению./ Под общ. ред. С.С. Некрасова. - М.: Колос, 1983. - 256 с.
7. Основы технологии машиностроения, курс лекций, / М.Е. Перфилов, НГАУ, 2010. – 120 с.
8. Дополнительная литература: альбомы, справочники по металлорежущему инструменту.
9. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. – М. : «Высшая школа», 2004. – 298 с.

Составитель: Понизовский Алексей Юрьевич

Материаловедение и  
технология конструкционных материалов

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Методические указания по выполнению  
лабораторно-практических работ

Редактор  
Компьютерная верстка

Понизовский А.Ю.

Подписано в печать

Формат 60x84. 1/16 Объем уч.- изд. л., усл. печ.л.

Тираж \_\_\_ экз. Бумага офсетная. Изд. № 2. Заказ № \_\_\_

---

Отпечатано в издательстве НГАУ  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, офис 106.  
Тел. факс (383) 267-09-10. E-mail: [2134539@mail.ru](mailto:2134539@mail.ru)