

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**В. С. Бедарев**

## **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных занятий для  
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки  
15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 621.791

Рецензент

доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический  
университет» И. А. Соколова

Бедарев, В. С.

Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие по проведению лабораторных работ для студентов бакалавриата по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование / В. С. Бедарев. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 159 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по проведению цикла лабораторных работ по дисциплине «Технология конструкционных материалов» студентами, обучающимися по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение и 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Лабораторные работы предназначены для закрепления теоретического материала и приобретения навыков при изготовлении машиностроительных изделий, материала изделия, оптимального способа получения заготовок литьем, давлением, расчёта режимов механической обработки поверхностей детали.

Лабораторный практикум содержит цель работы и теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Технология конструкционных материалов», общие требования к выполнению лабораторных работ и их оформлению.

Табл. 25, рис. 98, список лит. – 7 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградского государственного технического университета» 12 сентября 2023 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 октября 2023г., протокол № 9

УДК 621.791

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Бедарев В. С., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Цели освоения дисциплины.....	7
Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий.....	8
Лабораторная работа 1. Изготовление отливки в разовой песчаной форме.....	9
Лабораторная работа 2. Кокильное литье.....	21
Лабораторная работа 3. Разделительные операции листовой штамповки.....	26
Лабораторная работа 4. Ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом.....	35
Лабораторная работа 5. Оборудование для газовой сварки и резки металлов .....	45
Лабораторная работа 6. Технология газовой сварки и резки металлов .....	55
Лабораторная работа 7. Дуговая сварка в углекислом газе.....	67
Лабораторная работа 8. Пайка металлов.....	73
Лабораторная работа 9. Токарная обработка. Оборудование и оснастка.....	78
Лабораторная работа 10. Технология обработки на токарных станках. Режущий инструмент.....	89
Лабораторная работа 11. Фрезерная обработка. Оборудование и оснастка.....	102
Лабораторная работа 12. Технология обработки на фрезерных станках. Режущий инструмент.....	109
Лабораторная работа 13. Сверлильные работы. Оборудование и оснастка....	117
Лабораторная работа 14. Технология обработки на сверлильных станках. Режущий инструмент.....	123
Лабораторная работа 15. Зубонарезные работы. Оборудование, оснастка и режущий инструмент.....	135
Лабораторная работа 16. Технология шлифования плоских поверхностей. Оборудование. Режущий инструмент.....	147
Список литературы.....	158

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум может использоваться студентами при оформлении контрольных работ, курсовых и дипломных проектов. Поэтому он оформлен в соответствии с действующими нормативными документами:

– ГОСТ Р 1.5-2002 Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению;

– ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

К технологии машиностроения относят следующие области производства:

- технология литья;
- технология сварки;
- технология обработки давлением;
- технология обработки резанием;
- технология сборки машин.

В каждой области производства используют специфические термины и определения. Поэтому в начале каждой лабораторной работы приведены термины и определения, касающиеся именно этой области машиностроения. Технология конструкционных материалов является комплексной дисциплиной, в которой рассматриваются основные сведения о способах обработки машиностроительных материалов с целью получения деталей с заданными свойствами и конфигурацией, пригодных для использования в машинах и конструкциях. Данное пособие посвящено лишь части технологических процессов, применяемых в машиностроении, таких как литьё, неразъёмные соединения, механическая обработка металлов.

Технология конструкционных материалов является одной из дисциплин профессионального цикла, изучаемых студентами, что требует знания обширной терминологии различных отраслей промышленности, названия оборудования, приспособлений, инструмента, с которыми ранее студенты не встречались. Поэтому лабораторный практикум не носит исследовательский характер, а имеет практическую направленность. В нём приведено большое количество схем, рисунков, позволяющих лучше понять технологию того или иного процесса, а также дающих возможность сопоставить изображение инструмента с его различными исполнениями, имеющимися в лаборатории.

Современное машиностроение невозможно без установления норм и требований к оформлению технологических процессов, поэтому при выполнении лабораторных работ уделяется внимание правильному их оформлению в соответствии с установленными стандартами.

Все лабораторные работы содержат теоретическую часть, так как начало чтения лекций и проведения лабораторных работ не совпадают по времени. Наличие теоретической части значительно облегчает самостоятельную подготовку студента к лабораторным работам, обеспечивает более сознательное проведение экспериментальной части и правильную оценку полученных результатов. Студент допускается к выполнению экспериментальной части работы только после усвоения теоретической части работы по данному лабораторному практикуму.

Лучшему усвоению теоретической части лабораторных работ поможет техническая литература [1, 2]. Содержание отчёта по каждой лабораторной работе указано в данном учебном пособии. Необходимые в отчёте рисунки следует выполнять аккуратно карандашом, используя чертёжные приборы. Рисунки следует сопровождать номером, поясняющей надписью, позициями и их наименованиями.

Отчёт по лабораторной работе следует выполнять с применением персонального компьютера на белых нелинованных листах бумаги формата А4 (210 x 297 мм) по ГОСТ 2.301, с учётом норм и требований документа [3].

Отчёт по лабораторной работе представляется к защите на следующем лабораторном занятии. Лабораторные работы завершаются зачётом в третьем семестре и допуском к экзамену в четвертом семестре.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей. Перед началом цикла лабораторных работ необходимо ознакомиться с правилами безопасности при эксплуатации металлорежущих станков, стендов и электроприборов.

Приступая к лабораторной работе на экспериментальных стендах, студент должен ознакомиться с инструкцией по технике безопасности и строго соблюдать ее правила:

1. Перед началом работы привести в порядок одежду (застегнуть рукава, убрать концы галстука, косынки или платка, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов, убрать волосы под плотно облегающий головной убор).

2. На рабочем месте должно находиться только все необходимое для работы на данном станке. Все лишние предметы необходимо убрать.

3. Необходимо тщательно ознакомиться с устройством, органами управления и приемами работы на станке.

4. Перед каждым включением оборудования убедиться, что его пуск никому не угрожает, что все его части хорошо закреплены.

5. Перед пуском станка необходимо опробовать работу механизмов вручную, проверить положение рукояток и других органов управления.

6. При обнаружении любых неисправностей станка, нарушении правил техники безопасности, травматизма, возникновении пожара немедленно доложить руководителю лабораторных работ.

7. Замену инструмента и заготовок, измерение обрабатываемой детали и очистку станка производить только после полной его остановки.

8. Необходимо проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на станке. Ограждения должны быть надежно закреплены.

9. Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены.

10. При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и не отвлекать других.

11. Во время работы оборудования с целью предотвращения травм от попадания стружки необходимо находиться на безопасном от него расстоянии.

12. Удалять стружку необходимо только с помощью специальных крючков и скребков.

13. При использовании подъемно-транспортных средств необходимо убедиться в их исправности, ознакомиться и строго соблюдать правила подъема и опускания грузов. Нельзя стоять под грузом или в зоне его возможного падения.

14. При работе на металлообрабатывающих станках нельзя наклонять голову или выполнять операции руками близко к вращающимся частям. При работе на станках, где летит пыль или стружка, необходимо устанавливать защитные экраны или надевать очки.

15. Приступать к работе на оборудовании допускается только после его изучения и хорошего усвоения назначения и принципа действия всех частей. При работе необходимо учитывать состояние оборудования и показания контрольных приборов.

16. При работе с электрооборудованием, работающим под напряжением 220–380 В, необходимо иметь под ногами резиновые коврики и применять резиновые перчатки.

17. Все приводные и соединительные устройства вращающихся деталей должны быть надежно ограждены металлическими защитными кожухами.

18. Обязательно отключать оборудование при возникновении следующих ситуаций:

- уход от работающего оборудования даже на короткое время;
- временное прекращение работы;
- перерыв в подаче электроэнергии;
- обслуживание, уборка и очистка оборудования;
- обнаружение неисправности в работе оборудования.

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения студентами дисциплины является формирование у них навыков в области технологии конструкционных материалов, умений в выборе методов, способов формообразования деталей и изделий, получения неразъемных соединений, навыков использования полученных знаний в своей профессиональной деятельности. Наличие теоретической части значительно облегчает самостоятельную подготовку студента к лабораторным работам, обеспечивает более сознательное проведение экспериментальной части и правильную оценку полученных результатов. Студент допускается к выполнению экспериментальной части работы только после усвоения теоретической части работы по данному лабораторному практикуму.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- пути снижения массы заготовок;
- технологию и оборудование производства литых заготовок;
- технологию и оборудование производства заготовок, полученных обработкой давлением;
- технологию и оборудование производства заготовок, полученных сваркой и резкой;
- технологию и оборудование производства заготовок, полученных новыми способами;

уметь:

- используя справочную литературу, правильно выбрать материалы и изделия для деталей и узлов машин;
  - самостоятельно пользоваться учебной и научно-технической литературой;
  - производить правильный выбор способов и технологий изготовления деталей и узлов машин;
  - назначать методы обработки заготовок;
- владеть:
- навыками работы со справочной литературой и технической документацией;
  - практическим использованием знаний и умений, полученных при изучении этой дисциплины.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

Содержание лабораторного практикума.

Лабораторный практикум охватывает основные разделы курса и включает пять работ. Каждая лабораторная работа описана по единому плану: цель работы, задачи, контрольные вопросы. В конце каждой работы даны контрольные вопросы для самоконтроля и закрепления изучаемого материала.

Порядок выполнения лабораторных работ.

Студент в результате подготовки к выполнению работы должен усвоить назначение, сущность и особенности изучаемого процесса; цель работы; методику выполнения работы. Перед началом работы каждый студент подвергается опросу преподавателем для выяснения степени его теоретической подготовки. Студенты, допущенные к работе, приступают к ее выполнению в соответствии с последовательностью, изложенной в практикуме. Со всеми вопросами, возникающими в процессе работы, студент должен сразу же обращаться к преподавателю.

Отчет по выполненной работе должен содержать: цель работы, задание, расчеты, необходимые графики, диаграммы, таблицы, схемы, анализ полученных данных, выводы по результатам работы. Без сдачи оформленного отчета по выполненной работе студент не допускается к выполнению очередной работы. Каждую лабораторную работу (по мере выполнения)



студент защищает в течение семестра, а в конце семестра при успешной защите всех работ получает зачет по лабораторному практикуму.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1**

### **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВКИ В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНОЙ ФОРМЕ**

#### **1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Получение практических умений и навыков изготовления отливки в разовой песчаной форме.

#### **2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ**

- 2.1. Изучить теоретическую часть работы.
- 2.2. Выполнить опочную формовку по модели, выданной преподавателем.
- 2.3. Осуществить заливку формы и извлечь отливку из формы.
- 2.4. Составить отчёт по работе.

#### **3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

##### 3.1 Основные понятия процесса литья в песчаную форму

**Литьё** – изготовление заготовки или изделия из жидкого материала, заполнением им полости заданных форм и размеров с последующим затвердеванием.

**Отливка** – изделие или заготовка, полученная технологическим методом литья.

**Литьё в песчаную литейную форму** – литьё металла, осуществляемое заливкой литейной формы, изготовленной из песчаной формовочной смеси. Примерно четыре пятых всех отливок (по массе) получают в разовых песчаных формах и одну пятую – специальными видами литья. Разовые песчаные литейные формы получают с помощью стержней и моделей. Преимуществами литья в песчаные формы является их универсальность и низкая себестоимость

**Форма литейная** – система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом образуется отливка.

Форма литейная независимо от её конструкции, имеет внутреннюю полость, конфигурация и размеры которой соответствуют будущей отливке. Литейные формы могут быть: разовыми, которые заполняют металлом один раз и затем разрушают, и постоянными, т. е. многоразовыми, которые используют до нескольких десятков раз.

**Формовка** – формирование литейных форм и литейных стержней из формовочных и стержневых смесей

**Формовка по модели** – формовка, при которой рабочая полость литейной формы образуется по многократной или разовой литейной модели.

**Формовка по-сырому** – формовка, при которой сушке могут подвергаться только литейные стержни.

**Сборка формы** – установление, соединение и закрепление литейных стержней в литейной форме и частей литейной формы между собой.

Для изготовления формы используют модель отливки – элемент технологической оснастки, по которой получают негативный отпечаток внешних очертаний будущей отливки в пластичной формовочной смеси.

**Модель литейная** – литейная часть модельной оснастки, предназначенная для получения в литейных формах полостей, конфигурация которых соответствует изготавливаемым отливкам.

Размеры модели должны быть больше размеров отливки на величину литейной усадки и величину допуска на литейный размер отливки. Допуск вызван тем, что существующая технология литья не даёт возможности получить абсолютно точные размеры отливки.

**Допуск припуска** – разность между наибольшим и наименьшим значениями размера припуска

**Припуск** – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

**Припуск на усадку.** Литейная усадка характеризует изменение размеров отливки по сравнению с размерами модели и зависит от марки сплава.

**Технологический напуск** – местное или неравномерное увеличение тела отливки по сравнению с чертежом литой детали с нормативными припусками на обработку, вызванное особенностями литейной технологии. К технологическим напускам относятся: не проливаемые отверстия; усадочные ребра; формовочные уклоны и др. элементы отливки.

**Стержень** – элемент литейной формы, выполняющий те или иные её поверхности, которые нельзя сделать по модели. Он служит для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке.

### 3.2 Литниковая система

**Литниковая система** – это система каналов и устройств для подвода в определённом режиме жидкого металла к полости литейной формы, отделения неметаллических включений и обеспечения питания отливки при затвердевании. Модели литниковой системы служат для образования в форме совокупности каналов, по которым металл из заливочного ковша поступает в полость литейной формы (рисунок 1.1).

**Литниковая чаша** – элемент литниковой системы для приёма струи жидкого металла и направления его движения в литниковый стояк или непосредственно в литейную форму. **Литниковая воронка** – её назначение аналогично литниковой чаше, но применяют литниковую воронку, при получении мелких отливок,

**Литниковый стояк** – элемент литниковой системы в виде нисходящего от литниковой чаши (воронки) канала. Обычно используют вертикальные стояки круглого сечения, но для цветных металлов используют плоские и изогнутые стояки (змеевидные).

**Шлакоуловитель** – элемент литниковой системы для задержания шлака и неметаллических включений из потока заливаемого металла. Шлакоуловитель в сечении имеет форму трапеции.

**Питатель** – элемент литниковой системы, примыкающий непосредственно к рабочей полости литейной формы. Питателей может быть один или несколько.

**Прибыль** – элемент литниковой системы или полости литейной формы для питания отливки жидким металлом в период затвердевания и усадки.

**Выпор** – элемент литниковой системы или полости литейной формы для вывода газов, наблюдения за заполнением литейной формы и для питания при усадке затвердевающей отливки жидким металлом. Литниковая система отливки может содержать один или несколько выпоров в зависимости от конфигурации и объёма отливки. Выпоры устанавливают на самых высоких частях модели или в местах предполагаемого скопления газов.

**Зумпф** – служит для смягчения динамического напора струи металла в начале заливки литейной формы.

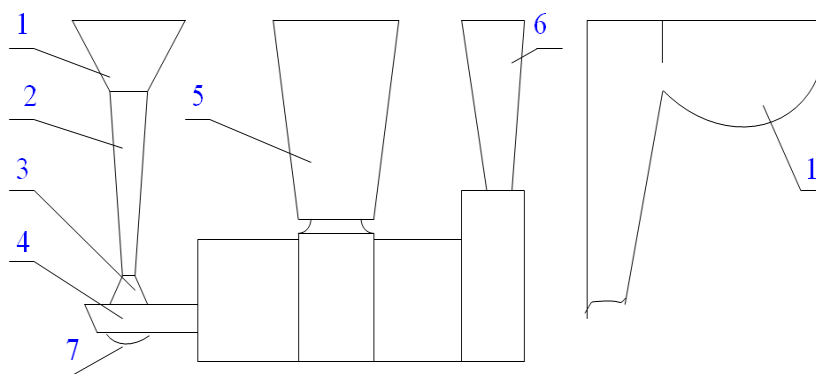


Рисунок 1.1 – Литниковая система:

1 – литниковая воронка или чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель;  
4 – питатель; 5 – прибыль; 6 – выпор; 7 – зумпф

### 3.3 Конструкция песчаной литейной формы

Рассмотрим получение песчаной литейной формы на примере отливки ролика с фланцами. На рисунке 1.2 показана в разрезе песчаная литейная форма для получения отливки. Форма состоит из нижней и верхней полуформ. Полуформы изготавливают в нижней 1 и верхней 2 опоках, представляющих собой металлические ящики без дна и крышки. Опоки придают песчаным полуформам необходимую прочность и жёсткость. Собранные полуформы соприкасаются друг с другом по плоскости разъёма 3. Для точной установки полуформ используют центрирующие штыри 11, а скрепление опок перед заливкой производится скобами 12. Рабочая полость 17 повторяет наружную конфигурацию будущей отливки. Металл подаётся в рабочую полость формы через систему каналов – литниковую систему. Она служит для заполнения рабочей полости формы металлом, а также для улавливания шлака и удаления воздуха, вытесненного из рабочей полости. Литниковая система состоит из литниковой воронки 7, стояка 8, шлакоуловителя 9, питателя 10 и выпоров 6.

Стояк и выпор имеют форму усечённого конуса с уклоном  $3-5^{\circ}$ . Шлакоуловитель и питатель в поперечном сечении имеют вид трапеции.

Для образования полости в отливке в форму устанавливают стержень 16, который закрепляется своими концами (знаками) в форме. Собранный форму устанавливают на металлическую плиту 14. Заливка формы металлом производится из ковша через литниковую воронку непрерывно до того момента, пока металл не покажется в выпоре.

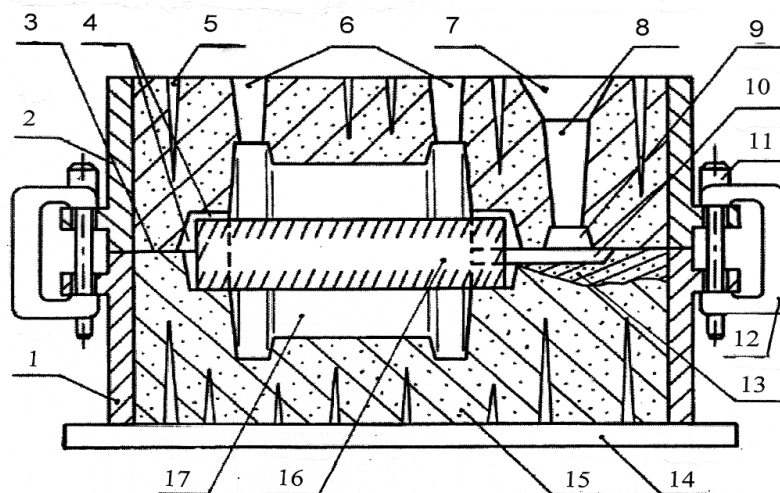


Рисунок 1.2 – Эскиз песчаной литейной формы в сборе: 1 – нижняя опока; 2 – верхняя опока; 3 – плоскость разъёма; 4 – зазоры; 5 – вентиляционный канал; 6 – выпоры; 7 – литниковая воронка; 8 – стояк; 9 – шлакоуловитель; 10 – питатель; 11 – центрирующий штырь; 12 – скоба; 13 – местный разрез; 14 – плита; 15 – формовочная смесь; 16 – стержень; 17 – рабочая полость формы

Спустя некоторое время после заливки металл затвердевает и отливку вместе с элементами литниковой системы (рисунок 1.3) извлекают из формы. Полуформы и стержень при этом разрушают. Затем от отливки отделяют элементы литниковой системы, которые впоследствии переплавляют.

Для изготовления формы используют модель отливки – элемент технологической оснастки, по которой получают негативный отпечаток внешних очертаний будущей отливки в пластичной формовочной смеси.

Модель отливки, показанная на рисунке 1.4, является разъёмной и состоит из двух симметричных половинок – верхней и нижней. Половинки модели соединяют по плоскости разъёма 4, совпадающей с плоскостью разъёма литейной формы. В нижней половинке модели отливки есть отверстия, а из верхней половинки выступают центрирующие шипы 5.

При соединении половинок модели шипы входят в отверстия и препятствуют сдвигу верхней половинки относительно нижней в процессе формовки.

Основная (профилирующая) часть модели отливки длиной  $L$  соответствует наружному профилю будущей отливки. Кроме того, модель отливки имеет знаки 3, по которым в форме отпечатываются углубления для установки стержня.

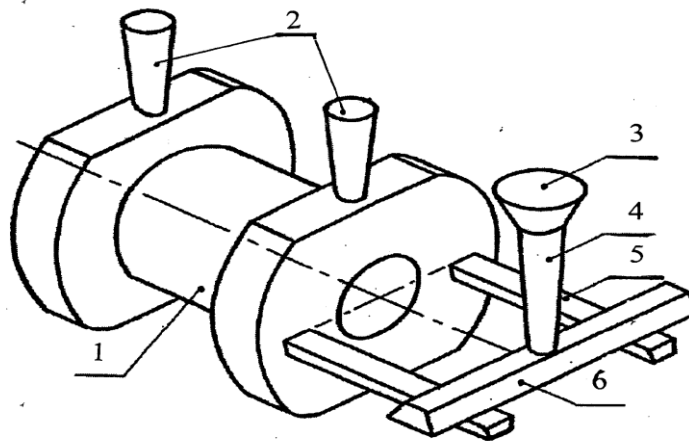


Рисунок 1.3 – Эскиз отливки с элементами литниковой системы:  
 1 – отливка; 2 – выпор; 3 – литниковая воронка; 4 – стояк; 5 – питатель;  
 6 – шлакоуловитель

На модели предусмотрены литейные уклоны 2, которые обеспечивают беспрепятственное извлечение модели из уплотнённой песчаной формы в процессе её изготовления. Уклоны назначают на всех поверхностях модели, перпендикулярных плоскости разъёма формы. Уклоны основной (профилирующей) части модели на длине –  $L$  составляют  $0,5-3^{\circ}$ . Величина уклонов знаков модели составляет  $5-15^{\circ}$ .

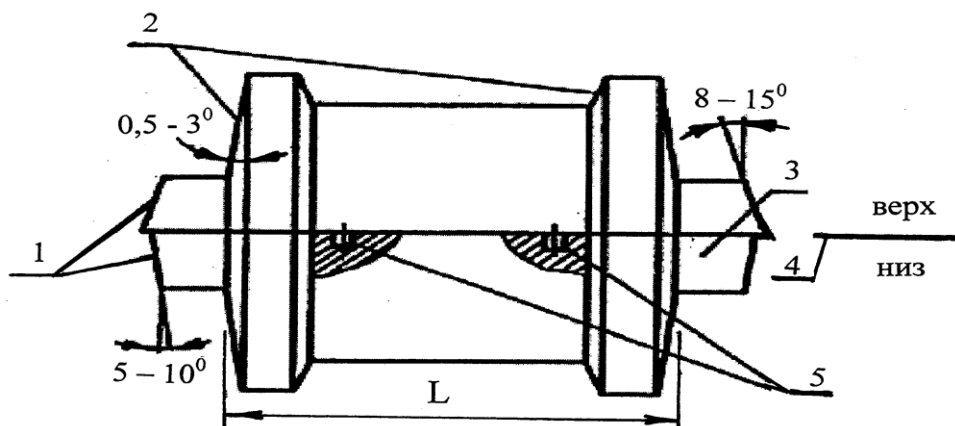


Рисунок 1.4 – Эскиз модели отливки:  
 1 – уклоны знака; 2 – уклоны модели; 3 – знак модели; 4 – плоскость разъёма;  
 5 – центрирующие шипы;  $L$  – основная (профилирующая) часть модели

### 3.4 Стержни литейной формы

Стержни – это элементы литниковой формы, выполняющие те или иные её поверхности, которые нельзя сделать по модели.

Стержень служит для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке. Стержень крепится в литейной форме благодаря его знаковой части.

Знаковые части модели должны обеспечить устойчивое положение стержней в форме, поэтому их снабжают фиксаторами. Между знаками формы и знаками стержней предусматривают зазоры, величина которых регламентируется нормативной документацией. Стержень, показанный на рисунке 1.5, служит для получения внутренней полости в отливке. Стержень состоит из основной (профилирующей) части 1 и знаков 2, являющихся опорными частями стержня.

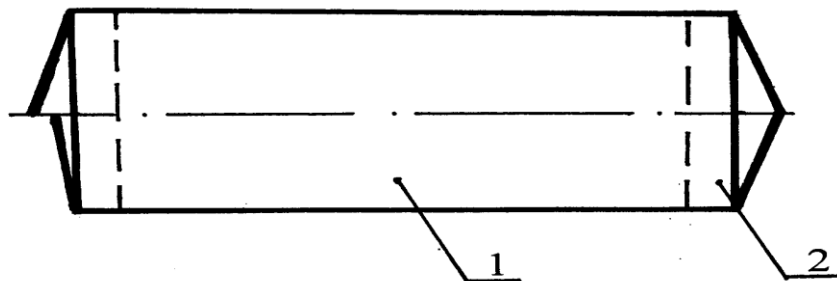


Рисунок 1.5 – Эскиз стержня:

1 – основная (профилирующая) часть стержня; 2 – знак стержня

При длине основной части стержня до 250 мм, диаметр (длина) стержневого знака модели больше диаметра (длины) знака стержня на 0,2–2,4 мм. За счёт этого между формой и стержнем образуются зазоры 4 (см. рисунок 1.2). Зазоры между формой и стержнем в области знаков облегчают установку стержня в полость нижней полуформы, а также верхней полуформы на нижнюю с предварительно установленным стержнем. Благодаря зазорам устраняется возможность деформации и разрушения формы стержнем в области знаков.

### 3.5 Стержневые ящики, опоки

Стержневой ящик служит для получения стержня. По конструкции стержневые ящики подразделяют на неразъёмные (вытряхные) и разъёмные.

Материалом для изготовления стержневых ящиков может служить: дерево, алюминиевые сплавы, пластмасса. Части разъёмного ящика скрепляют с помощью клиньев, крючков или стяжек.

Набивку стержневого ящика стержневой смесью производят вручную или же пескодувным способом, реже встряхиванием

Опока – приспособление для удержания формовочной смеси, а также для транспортирования её. В опоке при формовке располагается модель, стержень, литниковая система, формовочная смесь. Опоки делают из чугуна, стали, алюминиевых и магниевых сплавов. Они могут быть цельнолитыми и сварными. В зависимости от размеров и массы их подразделяют на ручные и крановые.

### 3.6 Формовочные и стержневые смеси

Формовочные и стержневые смеси являются строительным материалом для разовых форм и стержней. Смеси должны обладать следующими основными технологическими свойствами: пластичностью, прочностью, выбиваемостью, газопроницаемостью и огнеупорностью. Кроме того, смеси должны отвечать требованиям санитарии и гигиены, а также быть, по возможности, недорогими.

Пластичность смесей обеспечивает получение точного отпечатка формы и стержня с рабочих поверхностей модели и стержневого ящика.

Прочность смесей обеспечивает сохранность конфигурации и размеров полости формы в процессе её изготовления, транспортировки и заливки. Избыточная прочность нежелательна, так как увеличивается трудоёмкость извлечения отливки из формы, а также стержня из отливки.

Выбиваемость определяется работой, затрачиваемой на разрушение разовых форм и стержней в процессе извлечения отливок.

Газопроницаемость смесей обеспечивает удаление газов из формы и стержня.

Огнеупорность определяется температурой плавления смеси. Температура плавления формовочной и стержневой смесей должна быть выше температуры заливаемого в форму металла.

Типовая формовочная смесь содержит:

- 90 % кварцевого песка и отработанной смеси;
- 5–10 % глины;
- до 5 % компонентов, улучшающих свойства смесей;
- 3–6 % воды сверх 100 % сухой смеси.

Кварцевый песок  $\text{SiO}_2$  – огнеупорная основа смеси, состоящая из зёрен размером 0,06–0,8 мм.

Глина является связующим материалом песчаных смесей. Свои связующие свойства глина проявляет только в присутствии воды.



К добавкам, позволяющим регулировать свойства смеси, относятся: молотый уголь, мазут, асбестовая крошка, древесные опилки, битум. Типовая стержневая смесь содержит:

– 94–98 % кварцевого песка;

– 2–6 % связующих материалов на основе синтетических смол и других добавок.

К стержневым смесям предъявляются более высокие требования, чем к формовочным. Стержень испытывает значительные механические и температурные воздействия, поскольку находится внутри расплавленного металла. При остывании окружающий металл сдавливает стержень. Поэтому до заливки металла стержневая смесь должна иметь более высокую прочность, чем формовочная.

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНОЙ ФОРМЕ

### 4.1 Технологический процесс изготовления отливки в песчаной форме

Независимо от степени механизации формовка проводится в определённой последовательности. На рисунке 1.6 показана установка нижней половины модели отливки (металлической), модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту. На шипы 5 подмодельной плиты 4 устанавливаются половина модели отливки 1 и модели питателей 2 с отверстиями под шипы. Нижнюю опоку 3 устанавливают на центрирующие штыри 6. Модель питателя, имеющего в сечении форму трапеции, кладут большим основанием вниз. Модели отливки и питателя необходимо располагать так, чтобы между опокой и моделями сохранялось расстояние не менее 30 мм.

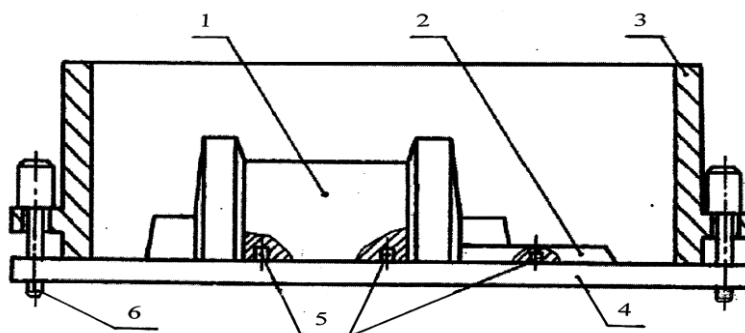


Рисунок 1.6 – Установка нижней половины модели отливки, модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту:

1 – половина модели отливки; 2 – модель питателя; 3 – нижняя опока;  
4 – подмодельная плита; 5 – центрирующие шипы; 6 – центрирующий штырь

На рисунке 1.7 показана набитая нижняя опока – полуформа. Для её получения на модель насыпают слой формовочной смеси 1 толщиной 20–25 мм и уплотняют острым концом трамбовки. Насыпают и уплотняют следующие слои смеси до верха опоки. Верхний слой утрамбовывают плоским концом трамбовки. Срезают избыток смеси поверх опоки плоской заострённой линейкой, а иглой производят наколы (вентиляционные каналы 2) в набитой нижней опоке. Игла имеет форму длинного шила диаметром около 3 мм. Конец иглы не должен доходить до поверхности модели на 10–15 мм. На 100 см<sup>2</sup> поверхности формовочной смеси следует наколоть 3–4 канала.

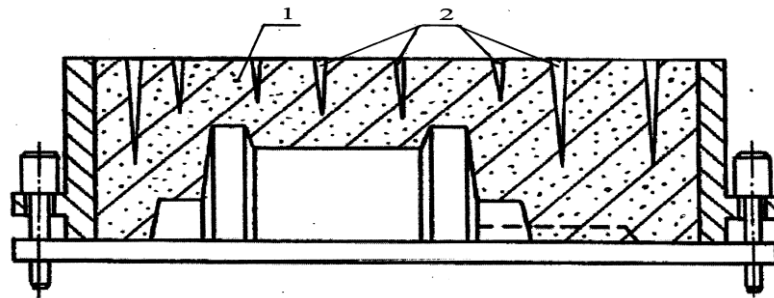


Рисунок 1.7 – Набитая нижняя опока – полуформа:  
1 – формовочная смесь; 2 – вентиляционные каналы

На рисунке 1.8 показаны набитые верхняя и нижняя опоки – полуформы.

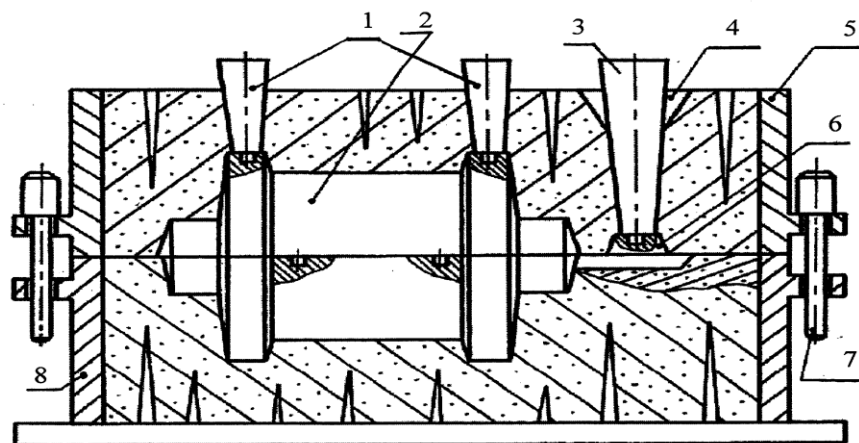


Рисунок 1.8 – Набитые верхняя и нижняя опоки – полуформы:  
1 – модели выпоров; 2 – модель отливки; 3 – модель стояка; 4 – литниковая воронка; 5 – верхняя опока; 6 – модель шлакоуловителя; 7 – центрирующий штырь; 8 – нижняя опока

Для изготовления верхней полуформы переворачивают нижнюю набитую опоку 8. Устанавливают верхнюю половину модели детали 2 так, чтобы центрирующие шипы вошли в отверстия нижней половины. Модели шлакоуловителя 6, стояка 3 и выпоров 1 устанавливают аналогично. Модель выпора устанавливают в самой верхней точке модели отливки. Если таких точек две и больше, то ставят несколько выпоров. Плоскость разъёма опок посыпают сухим кварцевым песком. Затем устанавливают по центрирующим штырям 7 верхнюю опоку 5, которую заполняют послойно формовочной смесью и уплотняют так же, как и нижнюю. После удаления избытка смеси и накола вентиляционных каналов в верхней полуформе вырезают литниковую воронку 4.

Производят раскрытие полуформ, из которых извлекают при помощи подъёмников половинки модели отливки и модели элементов литниковой системы. При сборке формы (см. рисунок 1.2) в нижнюю полуформу, устанавливают стержень 16 и затем по штырям 11 накрывают верхней полуформой. Опоки скрепляют скобами 12. После спаривания опок внутри образуется рабочая полость литейной формы 17, которая будет заполнена металлом через литниковую систему.

Форму устанавливают на заливочный участок, где производится заливка металла в форму из ковша. Металл должен быть предварительно очищен от шлака. Струя металла падает с небольшой высоты в литниковую чашу. Перерыв в процессе заливки не допускается. Заливка прекращается, как только металл появится в выпоре.

После остывания металла форма разрушается и из неё извлекается отливка. Затем из отливки удаляется стержень, производится обрубка элементов литниковой системы с удалением заливок и очистка отливок.

#### 4.2 Заливка металла

Заливку литейной формы металлом производят из литейных ковшей различных конструкций. Температуру заливки сплавов назначают на 100... 150 °С выше температуры ликвидуса.

При выполнении лабораторной работы, по требованиям норм и правил охраны труда, литейную форму заливают не металлом, а воском.

## 5 ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Рабочее место формовщика.

5.2. Инструмент для формовки: гладилка, трамбовка, вентиляционная игла, металлическая линейка, ланцет, подъёмник для извлечения модели.

5.3. Опоки парные. Два комплекта.

5.4. Модели металлические: отливки (разъёмная), стойка, шлакоуловителя, питателя, выпора. Два комплекта.

5.5. Плиты подмодельные для каждого комплекта моделей отливки.

5.6. Воск для заливки формы.

5.7. Ёмкость для воска.

5.8. Печь или электрическая плитка для разогрева ёмкости с воском.

5.9. Единая формовочная смесь и прокалённый кварцевый песок.

## 6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

6.1. Дайте определение терминам: литьё, отливка, припуск на механическую обработку резанием, допуск.

6.2. Для чего необходим литейный стержень?

6.3. Для чего нужны формовочные уклоны и галтели на поверхности модели?

6.4. Дайте определение литейной модели.

6.5. Что такое литейная форма?

6.6. Назначение литниковой системы и её элементов.

6.7. Назначение и состав формовочной и стержневой смесей.

6.8. Назначение опок.

6.9. Технологический процесс изготовления опочной литейной формы.

## 7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

7.1. Цель работы.

7.2. Основные термины, применяемые при изготовлении песчаной литейной формы и отливки.

7.3. Рисунок – разрез опочной формы для изготовления отливки по модели, выданной преподавателем (пример выполнения рисунка приведён на рисунке 1.9). Стержень в разрезе штрихуется только у контурных линий.

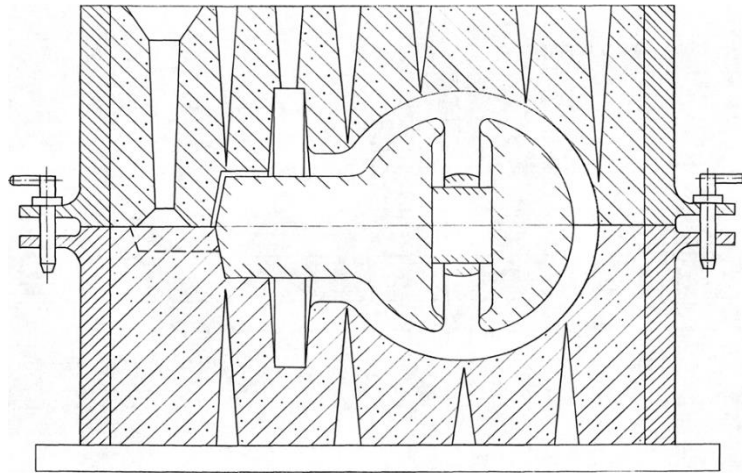


Рисунок 1.9 – Разрез опочной формы для отливки корпуса вентиля

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 КОКИЛЬНОЕ ЛИТЬЁ

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков изготовления кокильного литья.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

- 2.1. Изучить теоретическую часть работы.
- 2.2. Осуществить литьё в кокиль.
- 2.3. Извлечь отливку.
- 2.4. Выполнить рисунок поперечного сечения отливки (по указанию преподавателя).
- 2.5. Составить отчёт по работе.

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Кокильное литьё** – литьё металла, осуществляемое свободной заливкой кокилей.

**Кокиль** – металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

Кокили изготавливают из чугуна, стали или алюминиевых сплавов. Принципиальное различие кокиля и песчаной формы состоит в том, что металлическая форма в целом (или большая часть её элементов), изготовленная из металла, многократно используется для получения большого числа отливок. Отдельные элементы кокиля, главным образом стержни, формирующие сложные внутренние полости отливки, могут быть изготовлены из песка на том или ином связующем и предназначаться только для разового использования. На рисунках 2.1 и 2.2 показаны схемы кокилей.

Кокили могут быть неразъёмными (вытряхными) и разъёмными. Последние делают с вертикальной, горизонтальной или наклонной поверхностями разъёма.

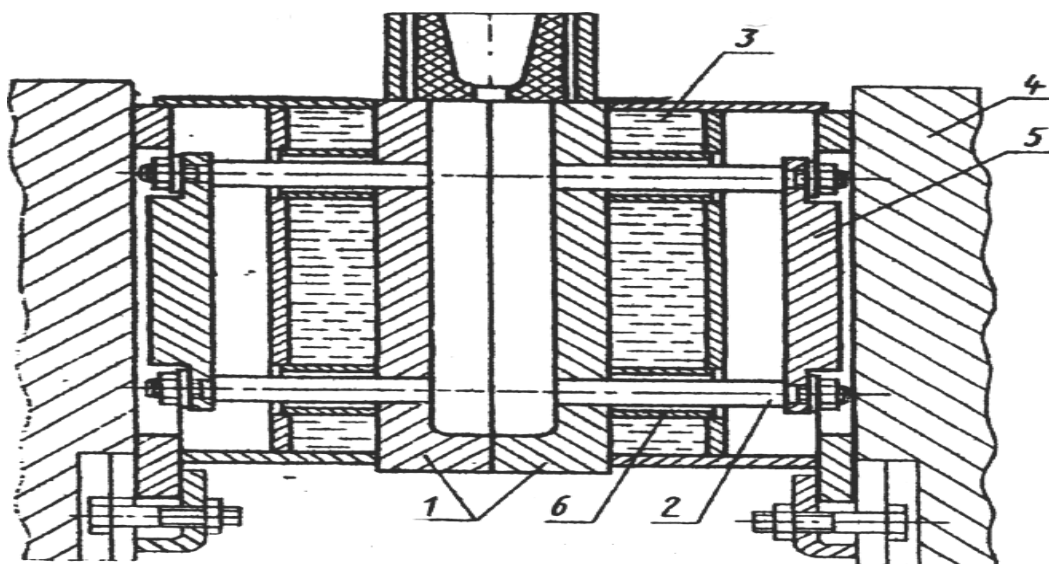


Рисунок 2.1 – Схема кокиля с жидкостным охлаждением:

1 – кокиль; 2 – выталкиватель; 3 – камера охлаждения; 4 – плита кокильной машины; 5 – плита выталкивателей; 6 – втулка выталкивателей

Полости в отливках оформляются песчаными, оболочковыми или металлическими стержнями. Песчаные стержни применяют преимущественно для получения чугунных и стальных отливок, металлические – для отливок из цветных сплавов (алюминиевых, магниевых). Металлические стержни удаляют из отливки до её извлечения из кокиля, после образования достаточно прочной корки твёрдого металла. Для выхода воздуха из полости кокильной формы во время заливки предусматривают выпоры – вентиляционные риски по плоскости разъёма. Кокили обычно заполняют через расширяющиеся литниковые системы,

которые рассчитывают так же, как и для песчаных форм. Литниковые каналы покрывают более толстым слоем краски (толщиной до 1мм), чтобы уменьшить охлаждение в них сплава, а также снизить температуру рабочей поверхности кокиля у литников и повысить его долговечность. В кокилях трудно изготавливать сложные стальные отливки ввиду значительной усадки литейных сталей, практически полного отсутствия податливости формы, высокой интенсивности охлаждения и других факторов, вызывающих возрастание вероятности образования трещин.

При изготовлении стальных отливок кокили выдерживают более десятков и в некоторых случаях – сотен заливок. Это на два – три порядка меньше кратности использования кокилей при производстве отливок из алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов.

Трудоёмкость изготовления отливок в кокилях меньше, чем при литье в разовые песчаные формы, качество поверхности и точность размеров отливок выше, припуски на механическую обработку резанием меньше, условия труда лучше.

В механизированных кокильных цехах изготавливают чугунные и стальные отливки массой до 160 кг, а из цветных сплавов до 30 кг, в немеханизированных – соответственно до 14 и 0,5 т. В кокилях можно получить чугунные прокатные валки, с отбелённым твёрдым износостойким поверхностным слоем, а также плотные без рыхлот с повышенными свойствами отливки из алюминиевых сплавов с широким интервалом температуры затвердевания. При оценке целесообразности изготовления отливок литьём в кокиль учитывают затраты на изготовление детали с учетом стоимости кокиля, потерь металла в виде стружки и трудоёмкости механической обработки резанием. Этот способ литья целесообразно применять в массовом и крупносерийном производстве, когда партия составляет не менее 300 мелких и 20 крупных отливок. Наиболее точные кокили изготавливают механической обработкой резанием. Их применяют для литья алюминиевых, магниевых сплавов. Такие кокили дороги. Для литья чугуна и стали используют литые, более дешёвые, хотя и менее точные чугунные кокили с минимальной механической обработкой резанием или без неё. С целью снижения трудоёмкости изготовления и повышения стойкости кокили облицовывают слоем плакированной песчаной смеси, отверждаемой при нагреве.

После изготовления отливки остатки облицовочного слоя удаляют дробеструйной обработкой и на кокиле образуют новый слой песчаной смеси. Облицованные кокили применяют при изготовлении чугунных и стальных отливок.

Литье в облицованные кокили сочетает достоинства способов литья в оболочковые формы и кокили, преимущество этого способа растёт с увеличением размеров изготавливаемой отливки.

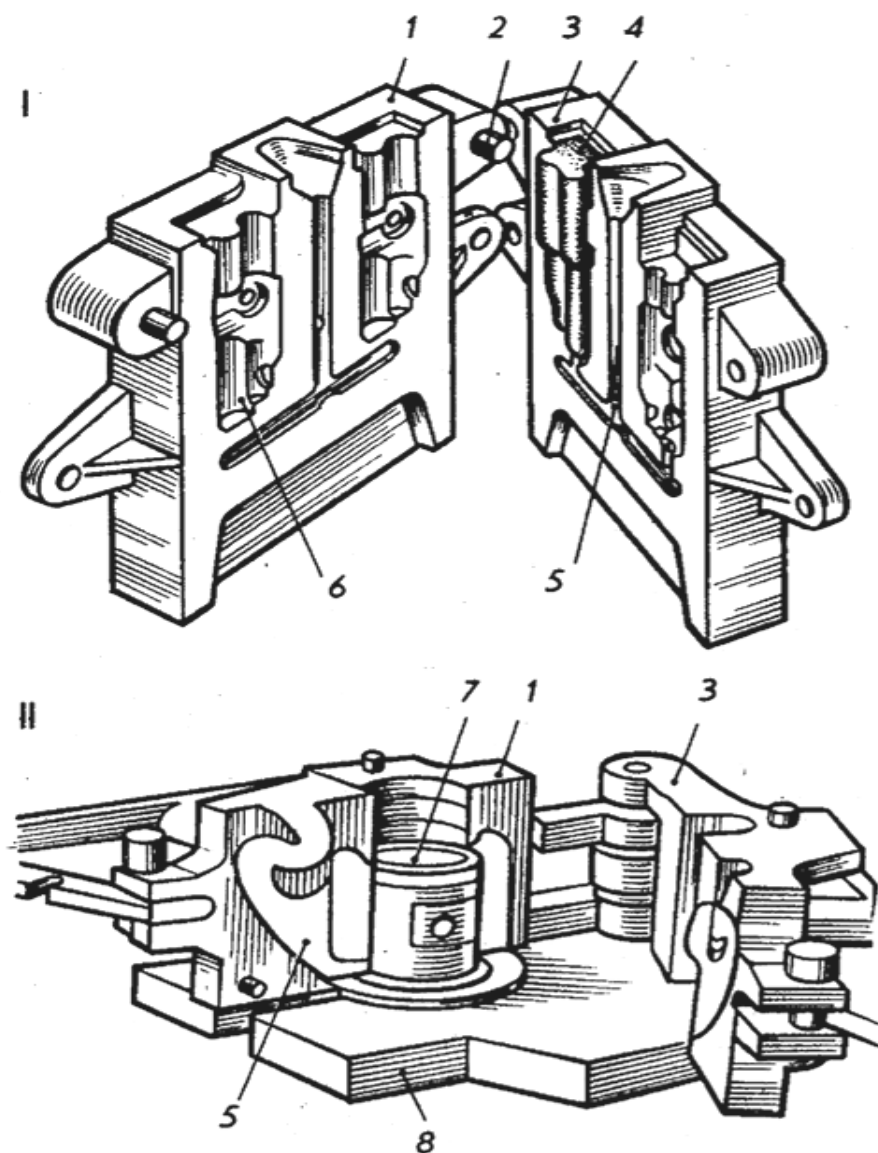


Рисунок 2.2 – Схема кокилей с вертикальным разъемом:

I – кокиль для отливки корпуса сигнального устройства; II – кокиль для отливки поршня; 1 – левая часть кокиля; 2 – направляющие штыри, служащие для скрепления двух частей кокиля; 3 – правая часть кокиля; 4 – стержни; 5 – литниковая система; 6 – полость, соответствующая конфигурации получаемой отливки; 7 – поршень; 8 – нижняя часть формы



## 4 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЬЯ В КОКИЛЬ

Время от начала заливки кокиля до удаления отливки и продолжительность подготовки кокиля к очередной заливке составляет продолжительность одного цикла, рисунок 2.3. Как правило, оптимальную температуру кокиля поддерживают изменением продолжительности цикла.



Рисунок 2.3 – Схема технологического процесса (цикл) литья в кокиль

Подготовка кокиля к заливке заключается в окраске рабочих поверхностей полости кокиля огнеупорной краской, состав которой определяется видом сплава; в доведении (нагревом или охлаждением) температуры кокиля до оптимального для данного сплава уровня и сборке формы (проставке стержней, соединении металлических частей в единое целое). Все последующие операции технологического процесса такие же, как и при литье в разовые песчаные формы. Только значительно облегчаются, а в ряде случаев исключаются операции очистки поверхностей отливок.

## 5 ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

- 5.1. Кокили для литья (два комплекта).
- 5.2. Воск и ёмкость под воск для заливки кокиля.
- 5.3. Огнеупорная краска и кисть для нанесения покрытия.
- 5.4. Печь или электрическая плитка для разогрева ёмкости с воском.

## 6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 6.1 Дайте определение способу литья – «кокильное литьё».
- 6.2 Что такое кокиль?
- 6.3 Из каких материалов изготавливают кокили?
- 6.4 Из каких материалов изготавливают стержни для литья в кокиль?
- 6.5 Назовите системы охлаждения кокиля.
- 6.6 Преимущества и недостатки литья в кокиль?
- 6.7 Конструктивные исполнения кокилей.
- 6.8 Технологический процесс кокильного литья.

## 7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 7.1. Цель работы.
- 7.2. Основные термины и технология процесса литья в кокиль.
- 7.3. Рисунок полученной отливки в кокиль.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3** **РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ**

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков в области технологии разделительных операций листовой штамповки.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

- 2.1. Изучить теоретическую часть работы.
- 2.2. Выполнить эксперименты: отрезка (по прямой линии и окружности) стального листа; вырубка листового материала; высечка листового материала; штамповка резиной листового материала.
- 2.3. Провести измерения толщин листового материала.
- 2.4. Выполнить рисунки схем операций: вырубки, пробивки, высечки, просечки, штамповки резиной.
- 2.5. Составить отчёт по работе.

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Разделительная операция** – операция обработки металлов давлением, в результате которой происходит полное или частичное разделение одной части заготовки от другой.

Разделительные операции широко применяются в холодноштамповочном производстве (таблица 3.1). С их помощью осуществляется разрезка рулонного и листового проката на ленты и полосы, разрезка сортового проката на заготовки, вырубка различного рода плоских деталей, вырубка заготовок для штамповки пространственных пустотелых деталей и пр.

Наиболее целесообразно рассмотреть механизм деформирования при выполнении разделительных операций на примере отрезки. Эту операцию выполняют с помощью специальных ножниц или штампов. Рабочие органы – ножи, внедряясь в металл, пластически деформируют его до полного отделения одной части от другой, рисунок 3.1.

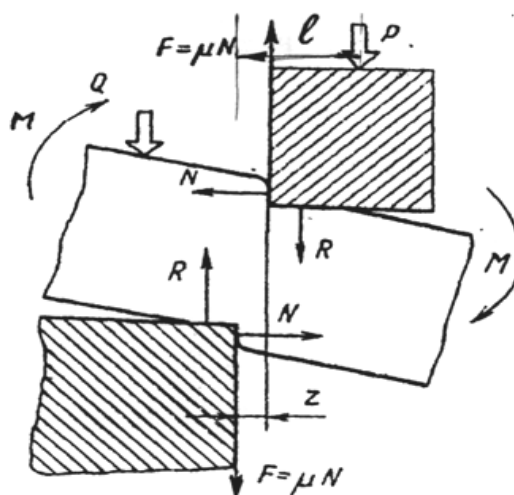


Рисунок 3.1 – Схема действия сил при отрезке листового металла

Ножи устанавливают с некоторым зазором  $Z$ . При отрезке возникает изгибающий момент  $M$ , равный произведению силы, приложенной к ножу, на плечо  $\ell$ , несколько большее, чем зазор  $Z$  между ножами.

$$M = P \times \ell \quad (3.1)$$

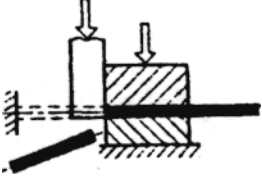
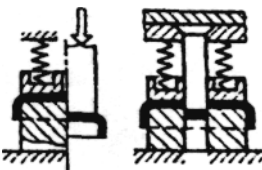

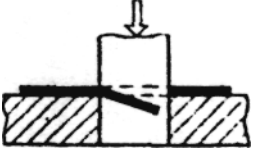
Изгибающий момент вызывает поворот отрезаемой заготовки, что в свою очередь вызывает возникновение распирающих реакций  $N$  на боковых поверхностях ножей. Для устранения возможности поворота листа (или прутка) в процессе отрезки предусмотрено прижимное устройство, создающее силу

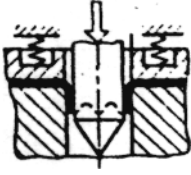
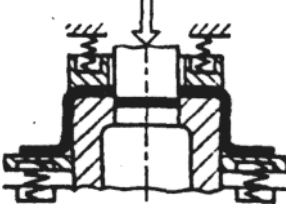
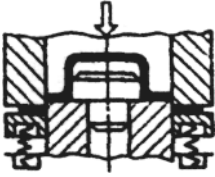
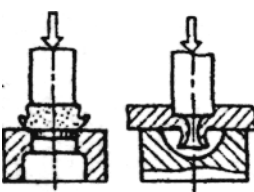
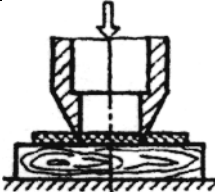
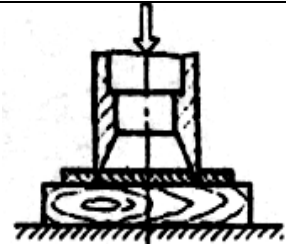
прижима Q. По конструкции прижимное устройство может быть кривошипным или пневматическим, например – газовая пружина. Значения боковых распирающих реакций N составляют: при отрезке листа  $N = 0,18-0,35$ , при отрезке с прижимом  $N = 0,1-0,2$  деформирующего усилия P. Под действием реакции N зазор между ножами 2 увеличивается, что ухудшает качество поверхности среза, снижает точность размеров детали. Установка противоотжима в штампе для отрезки устраняет указанные недостатки.

Процесс отделения одной части металла от другой (отрезка) можно расчленить на отдельные стадии (рисунок 3.2). В начале первой стадии отрезки пластическая деформация сосредоточена у рабочих кромок ножей. По мере смыкания ножей очаги пластической деформации увеличиваются и в конце концов смыкаются (рисунок 3.2, а).

Вторая стадия начинается при необратимом смещении одной части листа относительно другой (рисунок 3.2, б). В этот момент образуется гладкая блестящая поверхность, сглаженная силами трения, направленными вдоль боковой поверхности ножей.

Таблица 3.1 – Схемы основных разделительных операций и их определение

Термин и его определение	Схема операции
<p><b>Отрезка</b> – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига</p>	
<p><b>Разрезка</b> – разделение заготовки на части по незамкнутому контуру путем сдвига (с отходом и без отхода)</p>	
<p><b>Вырубка</b> – полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига (отделенная часть – изделие)</p>	
<p><b>Надрезка</b> – неполное отделение части заготовки путем сдвига</p>	

Термин и его определение	Схема операции
<p><b>Проколка</b> – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход</p>	
<p><b>Пробивка</b> – образование отверстия или паза путем сдвига с удалением отделенной части металла в отход</p>	
<p><b>Обрезка</b> – удаление излишков металла (припусков, облоя) путем сдвига</p>	
<p><b>Зачистка</b> – удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатости штамповочной заготовки</p>	
<p><b>Высечка</b> – полное отделение заготовки или изделия по замкнутому контуру путем внедрения инструмента в материал исходной заготовки</p>	
<p><b>Просечка</b> – образование отверстия, в заготовке путем внедрения в неё инструмента с удалением части материала в отход</p>	

По мере смыкания ножей степень деформации увеличивается и когда ресурс пластичности будет исчерпан, начинается третья стадия отрезки – появление трещин скалывания и разрушение металла, завершающееся отделением одной части листа от другой (рисунок 3.2, в). Разрушение металла (скалывание) опережает внедрение рабочих кромок ножа на лист, поэтому трещины называют опережающими трещинами скалывания.

Скалывание начинается в тот момент, когда нож внедрится в лист на определенную глубину  $h$ , зависящую от физико-механических свойств металла и его толщины. Глубина  $h$  установлена экспериментально и изменяется в пределах от 0,2–0,8 толщины металла  $S$ , чем мягче металл, тем  $h$  больше.

Рассмотренные стадии отрезки характеризуются видом боковой поверхности отделенной части металла (рисунок 3.3). Зона I представляет собой скругленную часть листа. Необратимое скругление произошло в результате того, что слои металла, граничащие с поверхностью разделения (шириной порядка его толщины), охвачены пластической деформацией, которая изменяется от нулевого значения на внешней границе до максимума у поверхности разделения, причем интенсивность этого изменения происходит по степенному закону. Зона II – это блестящая поверхность, сглаженная силами трения. Зона III представляет собой поверхность скола, образующуюся в результате возникновения и развития трещин скалывания. Трещины скалывания направлены под определенным углом  $\theta$  к плоскости листа, называемым естественным углом скола, значение которого зависит от физико-механических свойств металла. Этот угол составляет в среднем 4–6°.

В зависимости от зазора между ножами  $Z$  и глубины проникновения ножа в толщу металла  $h$  к моменту начала разрушения трещины скалывания, идущие от рабочих кромок верхнего и нижнего ножей, могут пройти параллельно (рисунок 3.4, а) или навстречу друг другу (рисунок 3.4, б).

В последнем случае зазор между ножами будет оптимальным, так как при этом поверхность скола получается наиболее гладкой. Оптимальный зазор может быть определен, если известны значения  $h$  и  $\theta$ :

$$Z_{\text{опт}} = (S - h) \cdot \text{tg } \theta, \quad (3.2)$$

где  $S$  – толщина металла, мм;  $h$  – величина проникновения ножа в толщу металла, мм;  $\theta$  – величина естественного угла скола, град.

Анализ формулы (3.2) показывает, что  $Z_{\text{опт}}$  увеличивается с увеличением  $S$  и уменьшением  $h$  (чем мягче металл, тем  $Z_{\text{опт}}$  меньше). Относительная высота блестящего пояса  $h/S$  зависит от рода материала заготовки и скорости деформирования.

Значение отношения  $h/S$  может быть определено по эмпирическим зависимостям. Практически оптимальный зазор  $Z_{\text{опт}}$  определяют по данным, полученным на основании экспериментов и опыта работы передовых заводов.

Для мягкой стали оптимальный зазор изменяется в зависимости от толщины металла, от 0,02 (при толщине металла 0,25мм) до 0,82 мм (при толщине металла 12,5мм). Ориентировочно можно считать, что при толщине металла  $S \leq 4\text{мм}$

$$Z_{\text{опт}} = (0,03-0,06)\text{мм.}$$

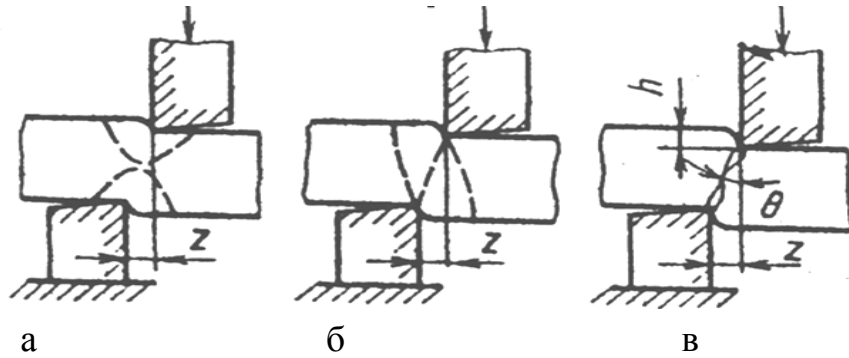


Рисунок 3.2 – Стадии процесса отрезки металла

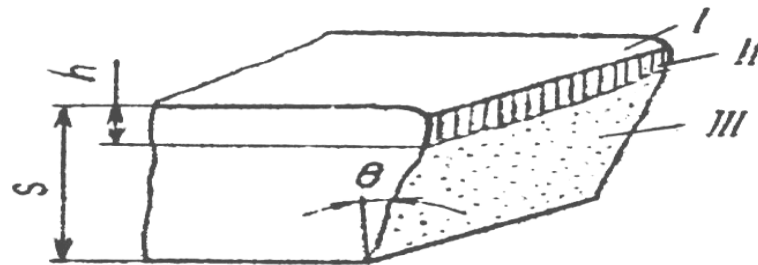


Рисунок 3.3 – Боковая поверхность отделенной части металла

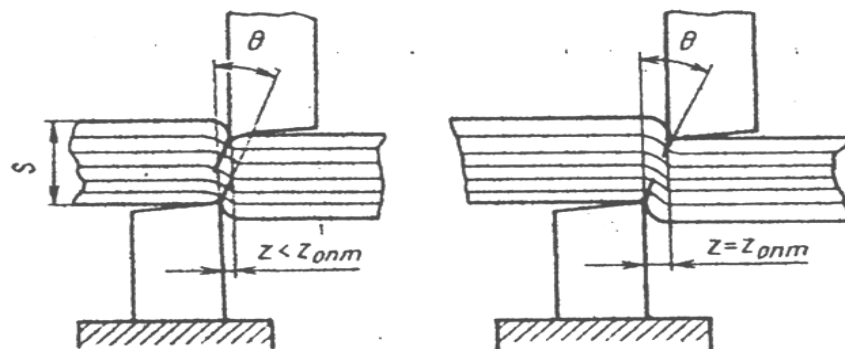


Рисунок 3.4 – Схема расположения трещин скалывания при отрезке

### 3.1 Отрезка на ножницах

По характеру движения рабочих органов ножницы для отрезки подразделяются на ножницы с возвратно-поступательным и вращательным движением ножей, рисунок 3.5. К первой группе ножниц относятся: ножницы кривошипные с наклонным ножом (гильотинные, вибрационные, аллигаторные), ножницы сортовые, высеченные и с параллельными ножами, термомеханичес-

кие, пневматические, гидравлические. Ко второй группе относятся дисковые ножницы с одной или несколькими парами дисков – ножей. Рассмотрим технологию отрезки на ножницах. Ножницы с возвратно- поступательным движением ножей выпускаются с механическим, гидравлическим, пневматическим и термомеханическим приводом. В заготовительных отделениях прессовых цехов для отрезки листового металлопроката толщиной до 10–12 мм наиболее широко применяют ножницы с механическим приводом (кривошипные с наклонным ножом), для отрезки толстолистого проката толщиной до 40 мм – с гидравлическим приводом и наклонными ножами различной формы (рисунок 3.6).

При наклонном расположении верхнего ножа отрезка происходит постепенно, на отдельном участке листа, поэтому одномоментное усилие отрезки существенно меньше, чем при параллельном расположении ножей. Кроме того, статическое приложение нагрузки к рабочим кромкам ножей способствует повышению их стойкости.

Угол наклона верхнего ножа  $\gamma$  (рисунок 3.7) должен быть самотормозящим, т.е. таким, при котором исключается возможность перемещения листа в горизонтальной плоскости в процессе отрезки. В зависимости от толщины листа его принимают равным 2–6° (чем толще лист, тем угол  $\gamma$  больше). Для предупреждения опрокидывания листа при отрезке в конструкции ножниц предусмотрена прижимная балка (ползун) с приводом от главного вала или от газовой пружины.

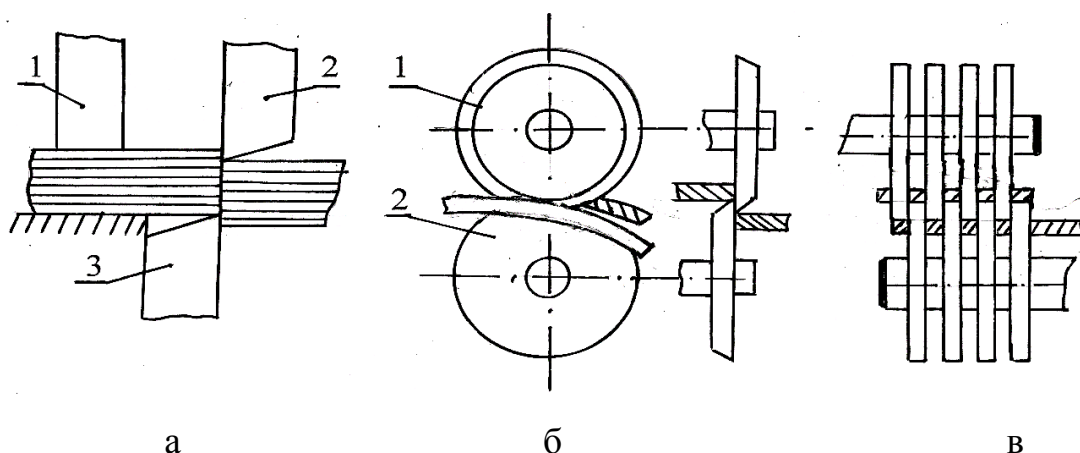


Рисунок 3.5 – Схема процессов отрезки листового материала:

а – на ножницах листовых кривошипных; 1 – прижим; 2 – верхний нож; 3 – нижний нож; б – на дисковых ножницах; 1 – верхний нож; 2 – нижний нож; в – на многодисковых ножницах



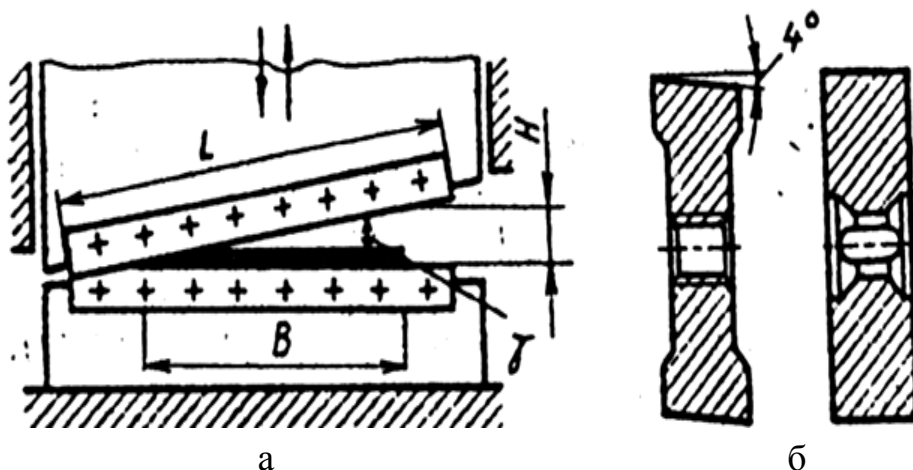


Рисунок 3.6 – Ножи кривошипных ножниц:  
 а – схема работы ножниц с наклонным ножом; б – формы поперечных сечений ножей ножниц

Главные параметры ножниц – наибольшая длина и толщина отрезаемого материала. Согласно ГОСТ 6282-76 наибольшая длина материала, отрезаемого на ножницах с наклонным расположением ножей, может достигать 4000 мм при наибольшей толщине 40 мм.

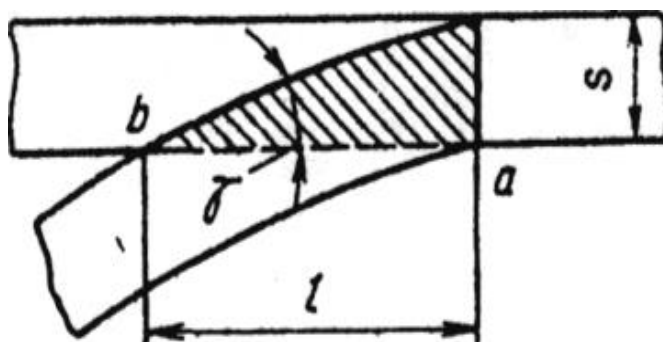


Рисунок 3.7 – Угол наклона верхнего ножа кривошипных ножниц по отношению к нижнему

### 3.2 Штамповка резиной

Штамповка резиной (вырубка резиной) относится к штамповочному производству, наибольшее распространение этот способ штамповки получил в самолётостроении. Штамповка резиной производится на стальной матрице резиновым пуансоном. На подштамповую плиту прессы устанавливают

вырезной стальной шаблон (матрицу) из инструментальной стали требуемой конструкции, толщиной 7–10 мм. Шаблон имеет конфигурацию вырубаемой заготовки с острой режущей кромкой и цилиндрический поясок высотой 1 мм. Затем на шаблон кладут материал, подготовленный для вырубки, и сверху накладывают толстую резину, выполняющую работу пуансона. Резина для предохранения от раздачи в сторону заключается в специальный кожух. При опускании ползуна пресса резина сначала сжимается и в свою очередь давит на материал, продавливая его через отверстие матрицы. Режущие кромки стальной матрицы врезаются в материал и обрубают его. Резиной можно вырубать алюминий толщиной до 2,0 мм, дюралюминий до 1,3 мм, сталь – до 1 мм.

Последовательность процесса штамповки резиной показана на рисунке 3.8. Так как при штамповке резиной имеет место не столько процесс резания, сколько обрыв материала, то качество среза получается низким.

Для уменьшения величины припуска применяются различные способы защемления края заготовки, а также повышенное давление резины, что позволяет уменьшить высоту шаблона до 3–7 мм.

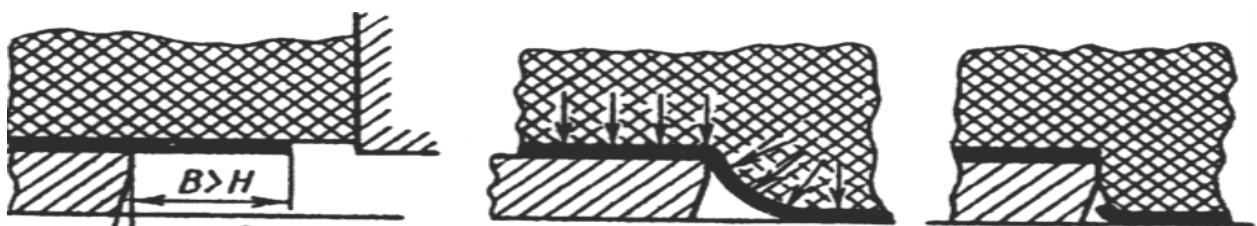


Рисунок 3.8 – Схема процесса штамповки резиной

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ

- 4.1. Кривошипные ножницы для отрезки листового материала.
- 4.2. Стальной лист толщиной 2–3 мм.
- 4.3. Пресс винтовой.
- 4.4. Вырезной стальной шаблон (матрица).
- 4.5. Лист резины толщиной не менее 10 мм (пуансон), заключённый в кожух и перекрывающий размеры шаблона на 30–50 мм в ширину и длину.
- 4.6. Фольга цветных металлов толщиной до 0,2 мм.
- 4.7. Набор просечек.
- 4.8. Набор высечек
- 4.9. Деревянный болван.
- 4.10. Молоток слесарный.
- 4.11. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

## 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. Определение разделительных операций.
- 5.2. Область применения разделительных операций.
- 5.3. Термины и определения основных разделительных операций.
- 5.4. Для чего нужен прижим листа при его отрезке?
- 5.5. Почему после отрезки листа боковая его кромка не перпендикулярна поверхности листа?
- 5.6. Зачем нужен зазор между ножами при отрезке листов?
- 5.7. Величина угла между ножами при отрезке листов на кривошипных ножницах?
- 5.8. Назовите главные параметры ножниц.
- 5.9. Технология штамповки резиной. Область применения.
- 5.10. Технология вырубки, пробивки, высечки, просечки плоских деталей.

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Описание схем операций: вырубки, пробивки, высечки, просечки.
- 6.3. Рисунки схем операций: вырубки, пробивки, высечки, просечки, штамповки резиной.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4** **РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ** **ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Получение практических умений и навыков работы оборудования сварочного поста ручной дуговой сварки, практики зажигания сварочной дуги.
- 1.2. Ознакомиться с особенностями выполнения сварных швов в различных пространственных положениях.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Изучить теоретическую часть.

2.2. Ознакомиться с источниками питания сварочной дуги (трансформатором, выпрямителем, преобразователем, инвертором), кратко описать принцип их работы и выписать технические данные с указанием их марки.

2.3. Ознакомиться с оборудованием, принадлежностями и инструментом сварочного поста. Перечислить их в отчёте, описать назначение.

2.4. Ознакомиться с особенностями выполнения сварного шва в положении, отличном от нижнего положения (вертикальном, горизонтальном, потолочном).

2.5. Освоить практику зажигания сварочной дуги.

2.6. Выполнить принципиальную электрическую схему сварочного поста с источником питания – выпрямителем.

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перед началом лабораторной работы следует ознакомиться с терминами и определениями, характеризующими процесс ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом.

**Сварка металлов** – технологический процесс соединения металла (ов) при таком нагреве и/или давлении, в результате которого получается непрерывность структуры соединяемого (ых) металла (ов).

Процессы сварки металлов подразделяются на:

1 – Сварку давлением;

2 – Сварку плавлением.

**Сварка давлением** – сварка, осуществляемая приложением внешней силы и сопровождаемая пластическим деформированием сопрягаемых поверхностей, обычно без присадочного металла.

**Сварка плавлением** – сварка, осуществляемая оплавлением сопрягаемых поверхностей без приложения внешней силы; обычно, но не обязательно, добавляется расплавленный присадочный металл. Ручная дуговая сварка относится к процессам сварки плавлением.

**Соединение сваркой** – создание сваркой непрерывной связи двух или более деталей.

**Дуговая сварка** – сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой. Сварку осуществляют на переменном токе или постоянном, как на прямой полярности, так и на обратной.

**Прямая полярность** – полярность, при которой электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания сварочной дуги, а объект сварки – к положительному.

**Обратная полярность** – полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания сварочной дуги, а объект сварки – к отрицательному.

**Дуговая сварка плавящимся электродом** – дуговая сварка, выполняемая расходуемым (плавящимся) электродом.

**Ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом** – дуговая сварка плавящимся электродом, выполняемая вручную с использованием покрытого электрода.

**Плавящийся электрод** – металлический электрод, включаемый в цепь сварочного тока для подвода его к сварочной дуге, расплавляющийся при сварке и служащий присадочным металлом.

**Электрод покрытый** – плавящийся электрод для дуговой сварки представляет собой металлический стержень, на поверхность которого методом опрессовки под давлением нанесено специальное покрытие, адгезионно связанное с металлом электрода.

**Покрытие электрода** – смесь веществ, нанесенная на электрод для усиления ионизации, защиты от вредного воздействия среды, металлургической обработки сварочной ванны и в ряде случаев – легирования металла сварного шва.

Покрытые электроды представляют собой стержни длиной, как правило, от 250 до 450 мм, изготовленные из сварочной проволоки. Длина электрода зависит от диаметра стержня.

Электродную проволоку применяют различного химического состава в зависимости от назначения электрода.

Как правило, сварку металлов осуществляют на сварочном посту.

**Сварочный пост** – специально оборудованное рабочее место для сварки. Сварочный пост комплектуется источником питания, электрододержателем, сварочными проводами, щитком защитным (лицевым) наголовным или ручным с светофильтром, различными зачистными и мерительными инструментами.

**Электрододержатель для дуговой сварки** – приспособление для закрепления электрода и подвода к нему напряжения.

**Энергоноситель дуговой сварки** – физическое явление, при котором образуется необходимая для сварки энергия путём передачи или путём превращения внутри детали (ей). При ручной дуговой сварке энергоносителем является электрический разряд (в частности электрическая дуга).

**Основной материал** – материал, подлежащий соединению сваркой.

**Сварное соединение** – неразъёмное соединение, выполненное сваркой.

**Сварочная ванна** – часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

**Сварной шов** – участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла сварочной ванны.

**Металл шва** – сплав, образованный расплавленным основным и наплавленным металлами или только переплавленным основным металлом.

**Сварщик ручной дуговой сварки** – лицо, которое вручную осуществляет подачу электрода и его перемещение, а также удерживает электрододержатель.

На рисунке 4.1 представлены отдельные этапы зажигания сварочной дуги плавящимся электродом, получающим электрическую энергию от источника питания.

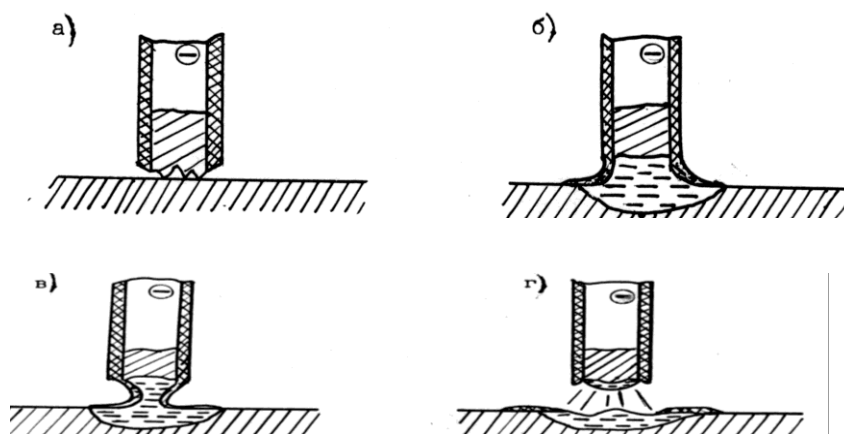


Рисунок 4.1 – Этапы зажигания сварочной дуги плавящимся электродом:  
а – момент короткого замыкания; б – образование жидкой перемычки;  
в – образование шейки при отводе электрода; г – возникновение и  
горение сварочной дуги

Процесс возбуждения дуги начинается с короткого замыкания, т. е. соприкосновения торца электрода с основным металлом. В момент короткого замыкания из-за шероховатости поверхности торца электрода и основного металла касание происходит в отдельных выступающих участках, которые под действием тока короткого замыкания мгновенно расплавляются, в результате чего образуется жидкая перемычка. При отводе электрода жидкая перемычка растягивается, плотность тока увеличивается, металл перегревается и достигает температуры кипения. При этом пары металла и газы между электродами ионизируются и возбуждается дуга – ярко светящийся столб электрического раз-

ряда. На рисунке 4.2 представлена схема плавления электрода и образования сварного шва.

Под действием высокой температуры столба сварочной дуги 8, достигающей  $5000...7000^{\circ}\text{C}$ , происходит плавление стержня 1, покрытия 2 и основного металла 7. Возникает динамический напор газового потока, направленный в сторону основного металла, образующийся под действием электромагнитных сил источника питания. Величину напора называют давлением дуги, сила которого прямо пропорциональна квадрату силы сварочного тока. Расплавленный металл 4 под действием давления дуги перемещается в хвостовую часть сварочной ванны 11. Сварочная ванна образуется из металла электрода, переносимого отдельными каплями 9, покрытыми тонкой пленкой шлака 10 и расплавившимся основным металлом 7.

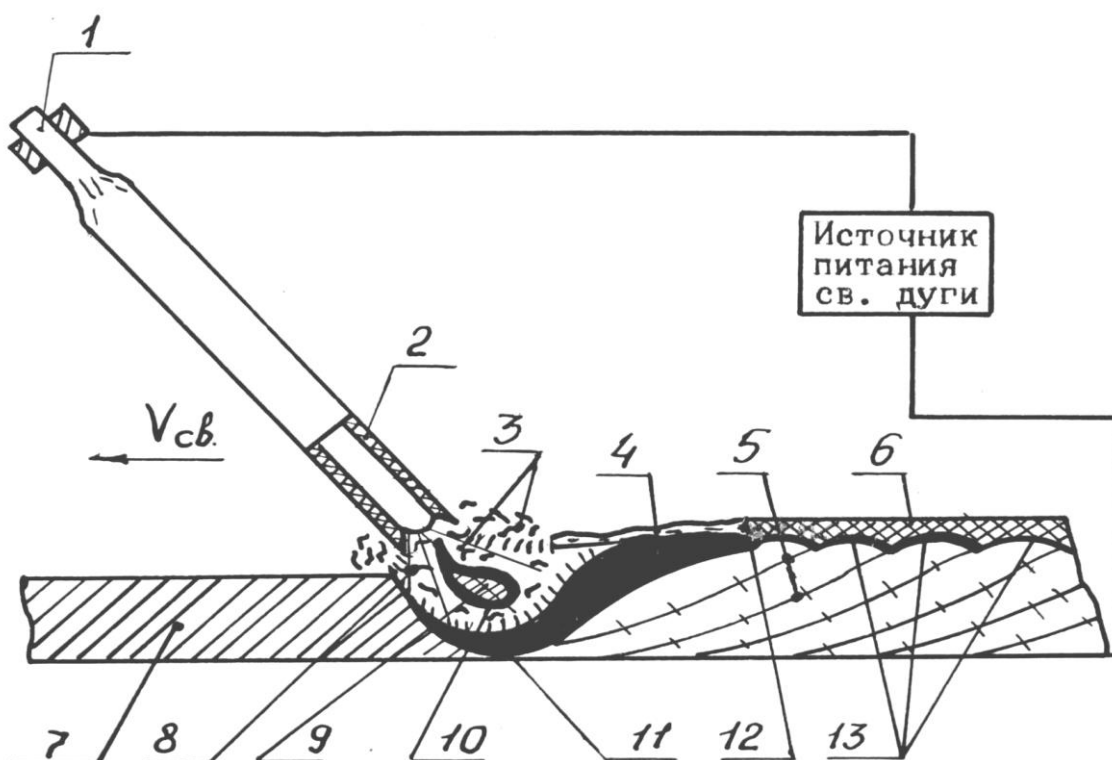


Рисунок 4.2 – Схема плавления электрода и образования сварного шва:

1 – стержень; 2 – покрытие; 3 – газшлаковая защита; 4 – расплавленный металл; 5 – линии кристаллизации сварного шва; 6 – шлаковая корка (застывший шлак); 7 – основной металл; 8 – сварочная дуга; 9 – капля электродного металла; 10 – плёнка шлака, окутывающего каплю электродного металла; 11 – сварочная ванна; 12 – жидкий шлак на поверхности шва; 13 – чешуйки шва

Расплавившееся покрытие образует газшлаковую защиту 3 зоны сварки от атмосферы. Металл сварочной ванны затвердевает отдельными порциями и образует сварочный шов 5, который в расплавленном состоянии защищён от окисления тонким слоем жидкого шлака 12. Шлак, затвердевая, образует шлаковую корку 6. При неравномерной скорости сварки поверхность сварного шва имеет грубую чешуйчатость 13, каждая чешуйка – это порция застывшего металла, отброшенная силами давления дуги и в последствии закристаллизовавшаяся. Чем равномернее скорость сварки, тем поверхность шва ровнее. Шлак удаляют с поверхности шва зубилом на шпильке.

Сущность ручной дуговой сварки покрытым электродом заключается в расплавлении стержня электрода совместно с его покрытием и образовании газшлаковой защиты, предохраняющей сварочную ванну от атмосферы и формировании сварного шва.

Одним из своих концов электрод крепится в электрододержателе. Этот конец электрода на длине 20...30 мм зачищен от покрытия, что позволяет произвести крепление электрода в электрододержателе с надёжным к нему токоподводом, торец другого конца электрода зачищен до металла для лучшего контакта с основным металлом при зажигании сварочной дуги.

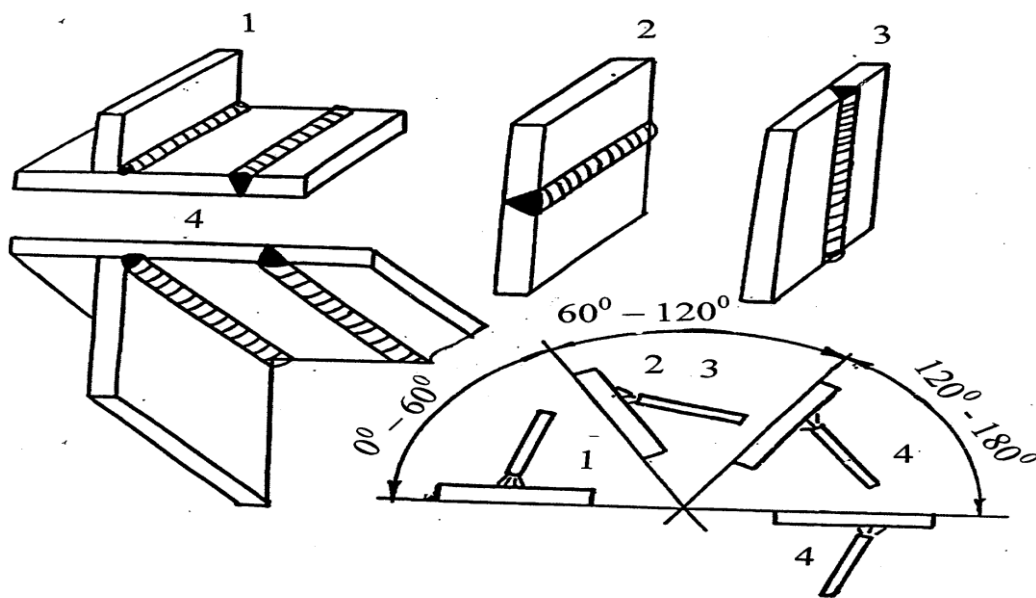


Рисунок 4.3 – Положение сварных швов в пространстве:

- 1 – сварка в нижнем положении; 2 – сварка в горизонтальном положении;
- 3 – сварка в вертикальном положении; 4 – сварка в потолочном положении



## 4 ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ СВАРЩИКА

### 4.1 Источники питания сварочной дуги (однопостовые)

Источник питания сварочной дуги входит в состав сварочного поста и снабжает дугу электрической энергией необходимых параметров. Напряжение холостого хода источников питания от 50 до 90 В.

При ручной дуговой сварке наибольшее применение нашли электроды диаметром от 1,2 до 6,0 мм. Им соответствует сила сварочного тока от 35 до 320 А. Сварку выполняют как на постоянном, так и переменном токе, как при непрерывной, так и при импульсной подаче энергии.

Типы источников питания различают в зависимости от вида энергии и характера её преобразования:

- трансформатор – понижает переменное напряжение сети до необходимого при сварке;
- выпрямитель – преобразует энергию переменного тока сети в энергию постоянного сварочного тока;
- выпрямитель с инвертором (инвертор) – устройство, преобразующее постоянное напряжение в высокочастотное переменное с последующим выпрямлением через высокочастотный фильтр;
- генератор – преобразует механическую энергию вращения вала (генератора) в электрическую энергию постоянного сварочного тока;
- преобразователь – является комбинацией трехфазного асинхронного двигателя переменного тока и сварочного генератора и, следовательно, преобразует сетевую энергию в используемую при сварке энергию постоянного тока;
- агрегат – состоит из двигателя внутреннего сгорания и генератора постоянного тока, в нём для получения сварочного тока используется химическая энергия сгорания жидкого топлива.

### 4.2 Принадлежности и инструмент сварщика

Изготовление сварных конструкций в цеховых или монтажных условиях происходит на стационарных (стол сварщика) или передвижных рабочих местах. Для защиты рабочих от излучения дуги для каждого сварщика оборудуют отдельную кабину, стенки которой изготавливают из тонкого железа или брезента, пропитанного огнестойким составом. Для защиты глаз и лица от действия ультрафиолетовых и инфракрасных лучей сварщик использует лицевой защитный щиток (ручной или наголовный) со стеклом – светофильтром,

защищённым простым стеклом от брызг металла. Светофильтры имеют различную плотность, с увеличением силы сварочного тока плотность светофильтра должна быть увеличена.

Для закрепления электрода и подвода к нему напряжения применяют электрододержатель, рисунок 4.4. Электрододержатель должен обеспечить захват электрода перпендикулярно или под углом  $45^\circ$  к его оси. Существуют различные типы электрододержателей, в зависимости от условий сварки и силы сварочного тока. Электрододержатель соединяется с источником питания сварочной дуги сварочным проводом (кабелем).

Сварочные провода служат также и для подвода тока от источника питания сварочной дуги к свариваемому изделию. Конец провода на изделии закрепляют с помощью струбцины (зажима), в которую конец провода впаивают твёрдым припоем. Сечение сварочных проводов выбирают в зависимости от силы сварочного тока и возможности нагрева провода не выше  $80^\circ\text{C}$ .



Рисунок 4.4 – Электрододержатель для ручной сварки

## 5 ТЕХНИКА ЗАЖИГАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Зажигание сварочной дуги производят коротким замыканием тока сварочной цепи. Для этого концом электрода прикасаются к свариваемой заготовке в месте сварки. Когда электрод будет находиться вблизи свариваемого металла, сварщик закрывает щитком лицо и опускает электрод до соприкосновения с основным металлом и быстро отводит его на 2..3 мм вверх, т. е. на расстояние длины дуги. В этот момент возникает электрическая дуга, постоянную длину которой поддерживает сварщик постепенным опусканием электрода к месту сварки.

Зажигание сварочной дуги можно осуществить двумя способами (рисунок 4.5):

1. Электродом касаются заготовки и быстро отводят его вертикально вверх (рисунок 4.5, а).

2. Электродом проводят по поверхности заготовки (чиркают) и быстро отводят его на небольшое расстояние, возбуждая сварочную дугу (рисунок 4.5, б).

В процессе сварки необходимо дугу поддерживать более короткой. При длинной дуге плавление электрода сопровождается сильным разбрызгиванием, и около шва появляется много крупных брызг расплавленного металла. Шов получается неровный, с большим количеством включений окислов, вследствие чего качество наплавленного металла шва ухудшается.

Длинная дуга при горении издаёт резкий громкий звук, часто прерывающийся и сопровождающийся хлопками. При короткой дуге электрод плавится спокойно, издавая равномерный звук одного тона.

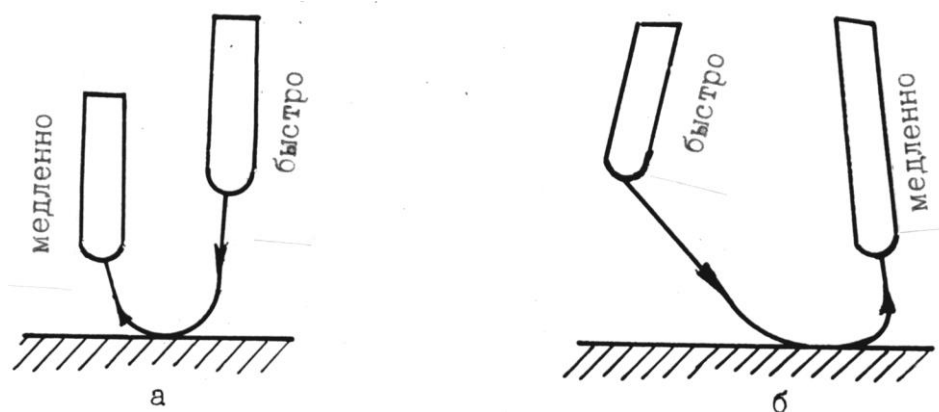


Рисунок 4.5 – Способы зажигания сварочной дуги:

- а – касанием заготовки торцом электрода и отводом его вверх;
- б – кратковременным передвижением торца электрода по поверхности заготовки (чирканьем)

## 6 МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ

6.1. Пластины из низкоуглеродистой стали, толщиной 4 ... 6 мм.

6.2. Электроды для ручной дуговой сварки низкоуглеродистой стали диаметром 3, 4 и 5 мм.

6.3. Пост ручной дуговой сварки с необходимыми принадлежностями и инструментом.

6.4. Приспособление для выполнения сварных швов во всех пространственных положениях.

6.5. Источники питания для ручной дуговой сварки (трансформатор, выпрямитель, инвертор, преобразователь).

6.6. Лицевые защитные щитки для наблюдения за процессом сварки (не менее 10 шт.).

## 7 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

7.1. Дайте определение ручной дуговой сварке.

7.2. Для чего необходимо покрытие сварочного электрода?

7.3. Охарактеризуйте этапы зажигания сварочной дуги.

7.4. В чём сущность сварки покрытым электродом?

7.5. От чего зависит сила давления сварочной дуги?

7.6. Как осуществляется сварка на прямой полярности и обратной ?

7.7. Какие источники питания применяют для ручной дуговой сварки?

7.8. Дайте определение основному металлу при сварке.

7.9. В чём закрепляется сварочный электрод?

7.10. Что такое чешуйчатость сварного шва? От чего зависит величина чешуек сварного шва?

7.11. Дайте определение «сварной шов».

7.12. Чем защищают лицо и глаза сварщика от излучения сварочной дуги?

7.13. Охарактеризуйте способы зажигания сварочной дуги.

7.14. Перечислите названия инструментов сварщика.

## 8 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

8.1. Цель работы.

8.2. Описать оборудование, принадлежности и инструменты сварочного поста, перечислить источники питания сварочной дуги, используемые при ручной дуговой сварке.

8.3. Выполнить принципиальную электрическую схему сварочного поста (источник питания сварочной дуги - выпрямитель).

8.4. Выполнить рисунок сварки швов в различных пространственных положениях. Указать, в каком положении выполнение сварного шва требует более высокой квалификации сварщика.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков в области работы и назначения частей оборудования и аппаратуры для газовой сварки и резки металлов.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Изучить теоретическую часть.
- 2.2. Выполнить рисунок поста газовой сварки и резки.
- 2.3. Произвести разборку и сборку редукторов, газовых горелок, газового резака. Усвоить назначение различных частей оборудования и аппаратуры.
- 2.4. Ознакомиться с баллонами для хранения газов и рукавами для подвода газов и жидкостей.

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Газовая сварка** – сварка плавлением, при которой для нагрева используется теплота горючего газа или смеси горючих газов и кислорода. Универсальным и эффективным горючим для газовой сварки является ацетилен. Ацетиленокислородное пламя обладает наиболее высокой температурой (3200 °С) по сравнению с пламенем любого другого газа, легко регулируется как по мощности, так и по составу газов. Регулировка может быть осуществлена по внешнему виду пламени. Для полного сгорания одного объёма ацетилена требуется два с половиной объёма кислорода; примерно один объём поступает из кислородного баллона, а полтора – из атмосферы. Сварка ряда металлов может выполняться заменителями ацетилена, в том числе природными газами.

Газовая сварка выполняется главным образом вручную с подачей в зону сварки присадочного прутка. На рисунке 5.1 представлена схема поста для газовой ацетиленокислородной сварки.

При газовой ацетиленокислородной сварке в качестве источника энергии используют пламя ацетиленокислородной горелки. Кислород из баллона с кислородом и ацетилен баллона с ацетиленом подаются по рукавам в газовую горелку, где образуется горючая смесь. Количество смеси регулируется ацетиленовым редуктором и кислородным, а также вентилями газовой горелки.

Горючую смесь на выходе из мундштука горелки поджигают (специальной кремниевой зажигалкой или зажжённой спичкой), возникает пламя, имеющее высокую температуру до  $3200^{\circ}\text{C}$ . Такая высокая температура вполне достаточна для расплавления свариваемых кромок листовых заготовок и присадочного прутка. Присадочный материал расплавляется вместе с кромками заготовок и образует сварной шов. Сварной шов от окисления предохраняется пламенем горелки.

### 3.1 Баллоны для сжатых газов

Баллоны (ГОСТ 949-73), предназначенные для хранения и транспортировки сжатых, сжиженных и растворенных газов, изготавливают из бесшовных труб. Баллоны изготавливают различной вместимости. Малого объёма вместимостью до 12 л, среднего объёма – вместимостью от 20 до 50 л с рабочим давлением до 20 МПа ( $200 \text{ кгс/см}^2$ ).

В промышленности наиболее широко распространены баллоны вместимостью 40 л для кислорода, ацетилена, водорода и 50 л для пропана – бутана. Предельное рабочее давление в кислородном баллоне – 15 МПа, ацетиленовом – 1,9 МПа и пропан-бутановом – 1,6 МПа.

В зависимости от находящегося газа в баллоне, корпус его окрашивают: в голубой цвет с надписью черной краской «кислород», в белый цвет с надписью красной краской «ацетилен», в красный цвет с надписью белой краской «пропан-бутан» и в зелёный цвет с надписью красной краской «водород». Окраска позволяет избежать заполнения баллонов другими газами.

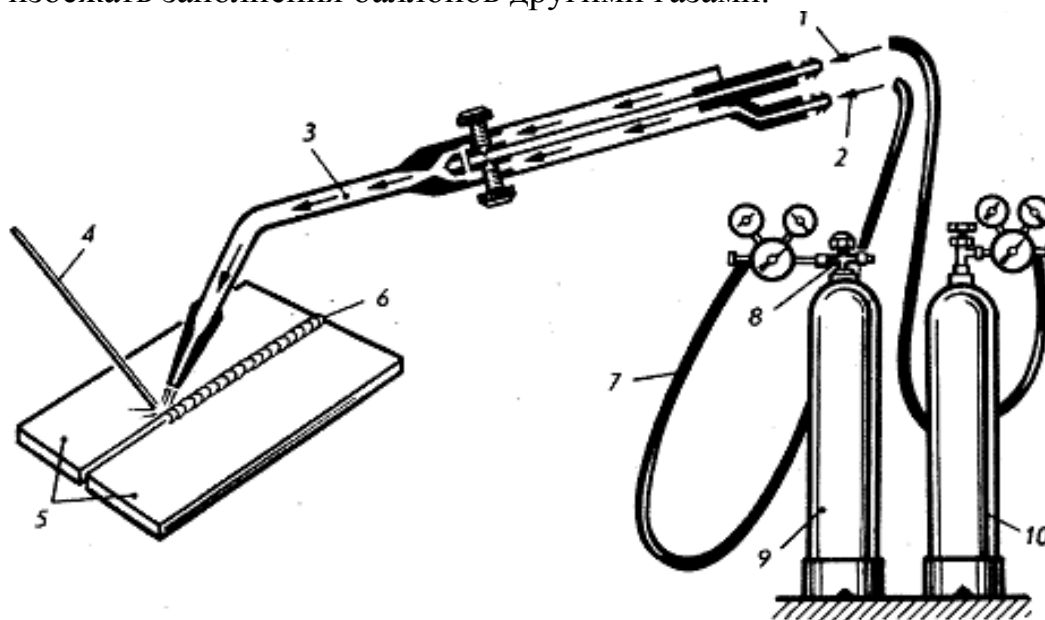


Рисунок 5.1 – Схема поста газовой сварки листовых заготовок:

- 1 – направление подачи кислорода; 2 – направление подачи ацетилена;
- 3 – горючая смесь в газовой горелке; 4 – присадочный пруток; 5 – свариваемые заготовки; 6 – сварной шов; 7 – рукав; 8 – редуктор; 9 – баллон с ацетиленом;
- 10 – баллон с кислородом

Чтобы исключить попадание в баллон посторонних веществ, газ из баллонов нельзя выпускать полностью, остаточное давление газа должно быть не менее 0,05 МПа.

Баллоны для хранения ацетилена наполняют дроблёным древесным углем и ацетоном, что предохраняет баллоны от взрыва. Вентили кислородного и пропан-бутанового баллонов открываются маховиком, а ацетиленовый – торцевым ключом. Для предохранения вентиля от случайных ударов на баллон накручивается стальной колпак. Транспортировка баллонов разрешена только при навинченном колпаке.

Переноска баллонов на руках и плечах запрещается. Баллоны следует перемещать к месту сварки на носилках или тележках.

### 3.2 Рукава резиновые для газовой сварки и резки металлов

Для подачи под давлением газов в оборудование и аппаратуру для сварки и резки применяют рукава резиновые по ГОСТ 9356-75, армированные нитяным каркасом. Внутренний диаметр рукавов может быть различным 6,3; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0; 12,5 и 16,0 мм. По цели применения рукава для газовой сварки разделяются на три класса.

1) 1-ый класс. Используются для проведения газов: природного, ацетилена, пропана, бутана. Их отличительным цветом является красный.

2) 2-ой класс. При их помощи подается жидкое топливо. Это – уайт-спирит, бензин, керосин, различные смеси. Рукава окрашены в жёлтый цвет.

3) 3-ий класс. Через них проходит кислород. Их цветовое отличие – синий цвет.

Иногда классовый цвет рукава для газовой сварки может быть определён только по двум полоскам определённого цвета. А сам рукав может быть строго чёрного цвета.

### 3.3 Редукторы для подачи газа при газопламенной обработке

Редукторы по ГОСТ 13861-99 предназначены для снижения (редуцирования) давления газа, поступающего из баллона и для автоматического поддержания постоянным заданного рабочего давления. Принцип действия одноступенчатого редуктора для горючих газов и кислорода одинаков. Схема устройства баллонного редуктора показана на рисунке 5.2. Для понижения давления газа используется процесс дросселирования (расширение газа после прохождения через местное гидродинамическое сопротивление) сжатого газа с помощью редуцирующего клапана. Сжатый газ из баллона поступает в камеру высокого

давления редуктора, при вращении регулирующего винта 1 по часовой стрелке, пружина 2 выгибает резиновую мембрану 3 и опускает толкатель 4 и поднимает клапан 5, который при своем подъёме сжимает пружину 6 так, что газ из камеры высокого давления дросселирует в рабочую камеру низкого давления и далее к горелке или резаку. Чем больше поднят клапан 5, тем больше газа будет проходить через редуктор, тем выше рабочее давление. Контроль за давлением в камерах редуктора осуществляют по манометрам высокого **М в** и низкого давления **М н**. На рабочей камере редуктора установлен предохранительный клапан 7, который служит для сброса газа в атмосферу в случае повышения давления в камере свыше установленного предела. Снижение давления на выходе из редуктора и закрытие его осуществляется поворотом регулирующего винта против часовой стрелки, т.е. при его выкручивании.

При уменьшении отбора газа давление в рабочей камере начнет расти, тогда мембрана 3 сжимает пружину 2, а пружина 6 прижимает клапан в направлении к седлу, уменьшая прохождение газа из камеры высокого давления в рабочую камеру. С увеличением расхода газа через редуктор давление в рабочей камере понижается и пружина 2 через мембрану 3 и толкатель 4 приподнимет клапан 5.

Прохождение газа из камеры высокого давления в рабочую камеру возрастёт и давление на выходе из редуктора выравняется до исходной величины.

Таким образом, редуктор не только снижает давление газа, выходящего из баллона до необходимой величины, но и автоматически поддерживает его постоянным, независимо от снижения давления в баллоне и уменьшения или увеличения отбора газа из редуктора. В процессе газовой сварки или резки в оборудовании и аппаратуре сварочного поста может произойти возгорание горючего газа в результате возникновения так называемого обратного удара. Обратным ударом называется проникновение фронта горения пламени внутрь каналов сопла горелки или резака и распространение его навстречу потоку горючей смеси, сопровождающееся микровзрывом. Обратный удар может вызвать взрыв как рукавов, так и баллона с ацетиленом. Обратный удар характеризуется резким хлопком, исчезновением пламени из мундштука горелки или резака и свистом. При обратном ударе давление в рабочей камере резко повышается, а так как площадь мембраны 3 значительно больше площади клапана 5, то мембрана сжимает пружину 2 и доступ газа из камеры высокого давления прекращается из-за опускания клапана 5.

Редуктор выполняет еще одну важную роль – предохраняет баллон от проникновения в него пламени при обратном ударе, а также от проникновения



кислорода из горелки или резака, так как рабочее давление кислорода значительно превышает (приблизительно в 4 раза) давление ацетилена при использовании безынжекторных горелки или резака.

Ацетиленовые редукторы изготавливают из стали.

Кислородный и ацетиленовый редукторы отличаются друг от друга цветом окраски корпуса и присоединительными устройствами к баллону. Кислородные редукторы окрашивают в синий цвет, ацетиленовые – в белый, а пропан – бутановые – в красный.

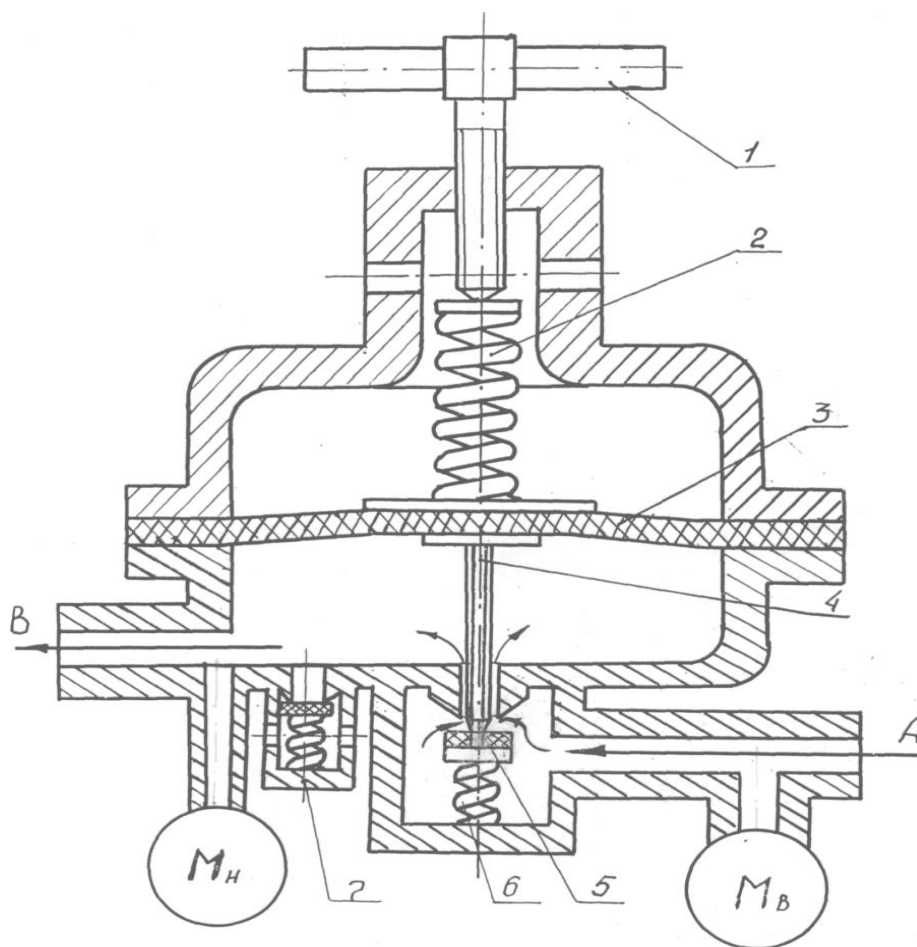


Рисунок 5.2 – Схема одноступенчатого редуктора:

1 – регулирующий винт; 2 – нажимная пружина; 3 – мембрана; 4 – толкатель; 5 – редуцирующий клапан; 6 – запорная пружина; 7 – предохранительный клапан; М н – манометр низкого давления; М в – манометр высокого давления; А – вход газа в камеру высокого давления; В – выход газа из камеры низкого давления

### 3.4 Горелки для газовой сварки

Горелка для газовой сварки – это устройство для газовой сварки с регулируемым смешением газов и созданием направленного сварочного пламени. По способу подачи горючего газа в смесительную камеру, горелки классифицируются на инжекторные и безынжекторные.

Безынжекторная горелка (рисунок 5.3) – горелка, в которой поступление горючего газа и кислорода в смеситель осуществляется под одинаковым давлением. Инжекторная горелка (рисунок 5.4) – горелка для газовой сварки со встроенным инжектором для подсоса горючего газа струёй кислорода.

Инжекторная ацетилено-кислородная горелка (см. рисунок 5.4) имеет кислородный 1 и ацетиленовый 13 ниппели, рукоятку 2, корпус 4, в котором размещены регулирующие кислородный 5 и ацетиленовый 11 вентили, инжектор 10. В смесительную камеру 6 впаяна трубка 7, на конце которой имеется штуцер 8, на который навинчивается мундштук горелки 9. Кислород и ацетилен поступают по резиноканевым рукавам к ниппелям 1 и 13, а затем по трубкам 3 и 12 перемещаются в корпус 4 к кислородному и ацетиленовому вентилям. Вентили служат для пуска газа, прекращения его подачи при гашении пламени и регулирования газа в процессе работы горелки. Кислород под давлением 0,05...0,4 МПа (0,5...4 кгс/см<sup>2</sup>) через открытый кислородный вентиль 5 поступает в инжектор 10 и, пройдя канал «а», имеющий малое сечение, вытекает со скоростью 250...300 м/с, создавая разрежение (подсос) в зазоре «в» между корпусом инжектора и стенками смесительной камеры 6. Ацетилен под давлением не ниже 0,001 МПа (0,01 кгс/см<sup>2</sup>) через открытый ацетиленовый вентиль 11 поступает в зазор «в» между инжектором и смесительной камерой, где благодаря разрежению, образованному струей протекающего кислорода, засасывается в канал «б» смесительной камеры 6, смешивается там с кислородом и по трубке 7 через штуцер 8 поступает в мундштук 9. Горючая смесь, состоящая из кислорода и ацетилена, выходит из отверстия мундштука со скоростью 100 ... 140 м/с и, сгорая, образует пламя с температурой порядка 3200 °С.

Продолжительность горения пламени горелки, без возникновения обратных ударов и хлопков, определяется количеством ацетилена, засасываемого кислородом, вытекающим из отверстия инжектора при накрутке мундштука. Горелка комплектуется набором мундштуков. Для каждого номера мундштука заданы определенные расходы кислорода и ацетилена и соответственно установлены размеры выходного канала инжектора, канала смешения газов смесительной камеры.

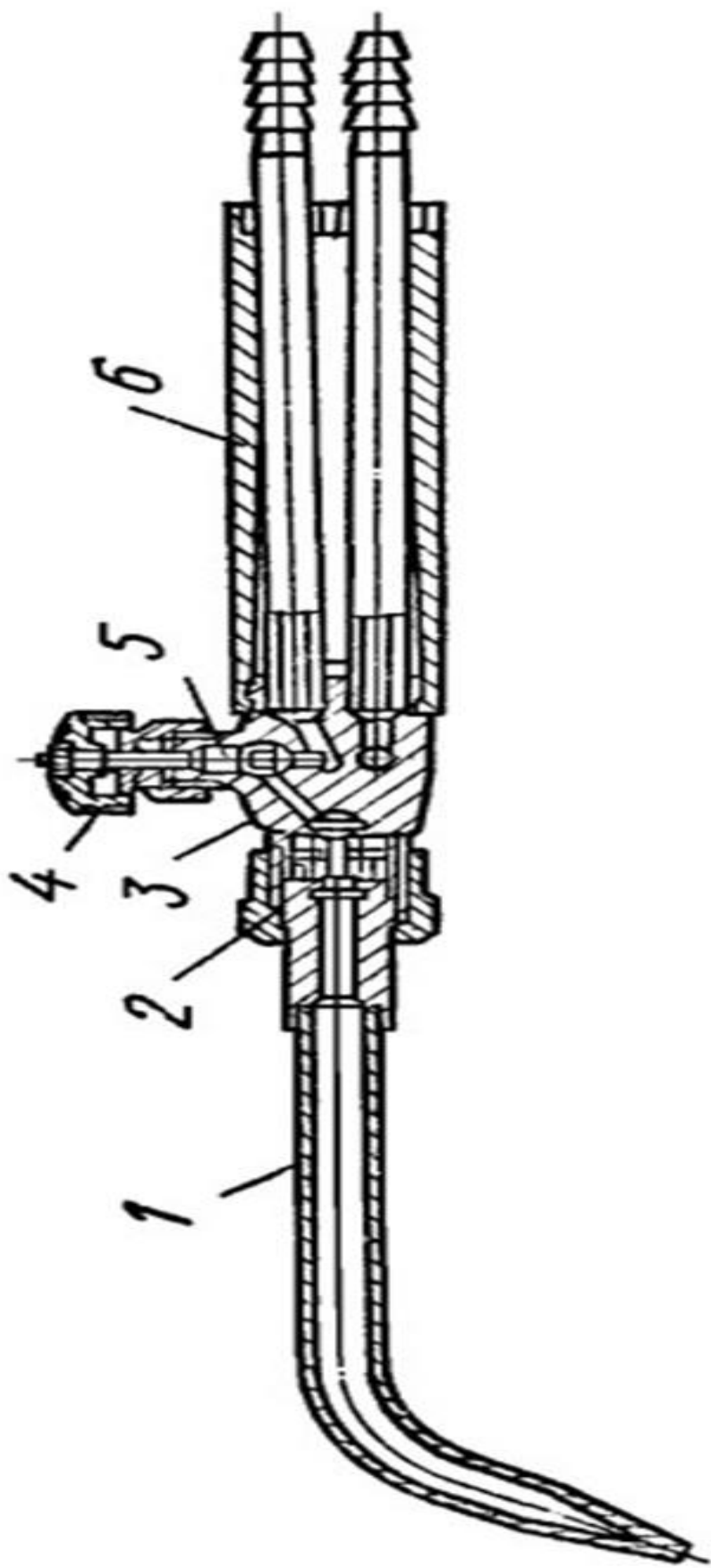


Рисунок 5.3 - Горелка безындукторная. 1 – наконечник, 2 – дозирующий канал, 3 – корпус, 4 – регулировочные вентили, 5 – игольчатый шпindel, 6 – ствол

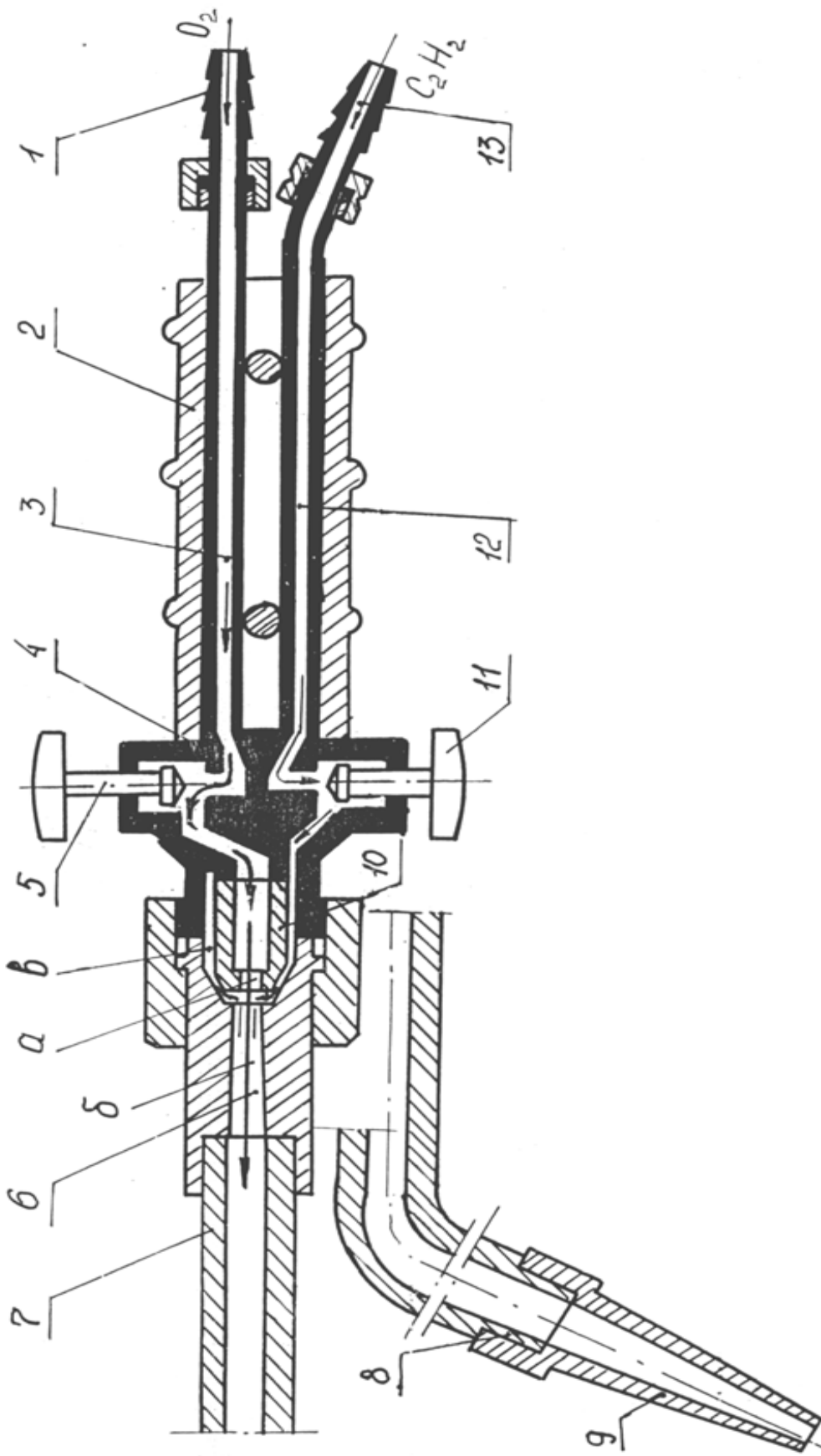


Рисунок 5.4 - Схема инжекторной горелки. 1 - кислородный нипель; 2 - рукоятка горелки; 3 - трубка для транспортирования кислорода; 4 - корпус; 5 - вентиль кислорода; 6 - смешительная камера; 7 - трубка для подачи горючей смеси; 8 - штуцер; 9 - мундштук; 10 - инжектор; 11 - вентиль ацетилена; 12 - трубка для транспортирования ацетилена; 13 - ацетиленовый нипель; а - канал инжектора; б - канал смешительной камеры; в - зазор инжектора ацетилена

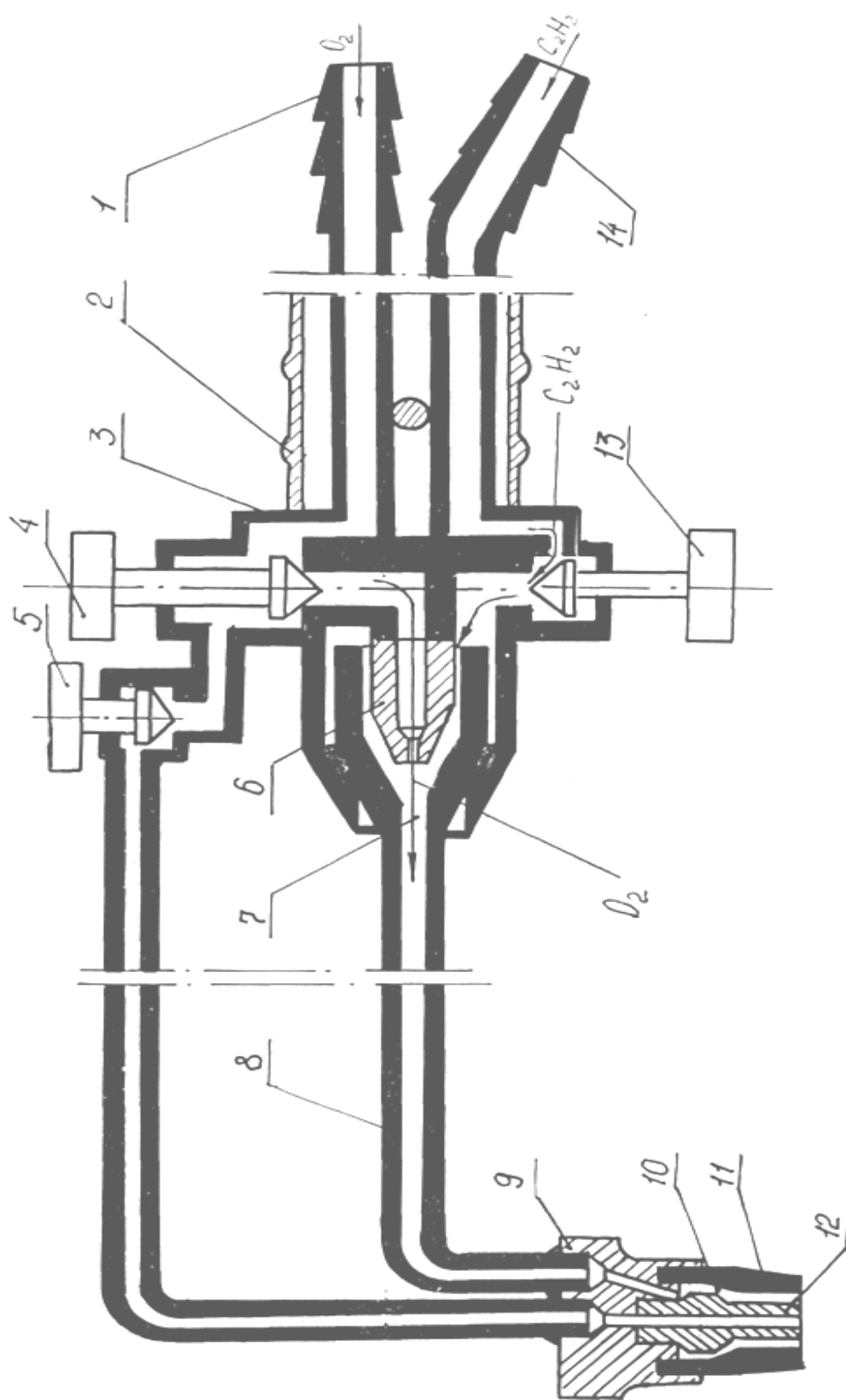


Рисунок 5.5 - Схема инжекторного резака: 1 - ниппель; 2 - рукоятка резака; 3 - ствол резака; 4 - вентиль; 5 - вентиль режущего кислорода; 6 - инжектор; 7 - смесительная камера; 8 - трубка; 9 - головка; 10 - зазор для прохождения подогревающего пламени; 11 - наружный мундштук; 12 - внутренний мундштук; 13 - вентиль; 14 - ниппель

### 3.5 Газовые резаки для ручной разделительной кислородной резки

Резаки для ручной кислородной резки служат для смешения горючего газа с кислородом, образования подогревающего пламени и подачи к разрезаемому металлу струи режущего кислорода.

Резаки газовые классифицируются: по роду горючего газа – для ацетилена, пропан-бутана, бензина, керосина; по принципу смешения горючего газа с кислородом – на инжекторные и безынжекторные; по назначению – на универсальные и специальные. Инжекторные резаки выпускаются малой, средней и большой мощности в зависимости от толщины разрезаемой стали, соответственно по толщине разрезаемой стали подбирают внутренний и наружный сменные мундштуки. Конструктивно ручной резак для кислородной резки представляет собой сварочную горелку, снабжённую устройством для подачи в центральный канал мундштука режущей струи кислорода.

Резак (рисунок 5.5) состоит из ствола 3, в который по рукавам через ниппель 1 и штуцер (на рисунке не показан) с правой резьбой подается кислород, а через ниппель 14 и штуцер (на рисунке не показан) с левой резьбой – ацетилен. Часть кислорода через вентиль 4 и инжектор 6 с большой скоростью проходит через пространство перед смесительной камерой, создавая в нём разрежение, вследствие чего происходит подсос горючего газа и смешивание его с кислородом в смесительной камере 7. Образовавшаяся смесь по трубке 8 через головку 9 поступает в зазор между наружным и внутренним мундштуками 10, образуя при горении подогревающее пламя. Другая часть кислорода направляется через вентиль 5, трубку и головку 9 в центральный канал внутреннего мундштука 12, образуя при истечении струю режущего кислорода. Мощность подогревающего пламени регулируется вентилями 4 (кислород) и 13 (ацетилен), а пуск и перекрытие режущего кислорода – вентилем 5.

## 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТ

- 4.1. Пост для газовой ацетиленокислородной сварки и резки.
- 4.2. Редукторы: ацетиленовый, кислородный, пропан - бутановый.
- 4.3. Газовые горелки: безынжекторная; инжекторная.
- 4.4. Газовый резак.
- 4.5. Образцы рукавов различных классов.

## 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. Срок освидетельствования баллонов для хранения сжатых газов. Как узнать год следующего испытания баллона?
- 5.2. Какова должна быть величина остаточного давления в баллоне и зачем необходимо в нём оставлять часть газа?
- 5.3. Какими материалами заполняют баллон перед заполнением его ацетиленом?
- 5.4. Каким должен быть цвет рукавов для подачи сжатых газов?
- 5.5. Назначение газового редуктора.
- 5.6. Принцип работы газового редуктора.
- 5.7. Что такое обратный удар?
- 5.8. Работа редуктора при обратном ударе.
- 5.9. Цвет окраски газовых редукторов и баллонов для хранения газов.
- 5.10. Классификация газовых горелок и резаков по способу подачи газов.
- 5.11. Принцип работы газовой горелки.
- 5.12. Принцип работы газового резака.
- 5.13. Назначение инжектора.
- 5.14. В чём отличие штуцеров для подачи в горелку горючего и негорючего газов?

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Рисунок-схема поста для газовой сварки.
- 6.3. Описание работы оборудования газового поста с эскизированием оборудования (по указанию преподавателя).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков технологии газовой сварки и резки низкоуглеродистых сталей.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Изучить теоретическую часть.

2.2. Выполнить сварку металлических пластин. Данные практической работы занести в таблицу 6.1.

2.3. Выполнить газовую резку металлических пластин разной толщины. Данные практической работы занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.1 – Параметры режима газовой сварки

Толщина металла, мм	Марка металла	Диаметр прутка, мм	Способ сварки	Давление ацетилена, МПа	Давление кислорода, МПа	Номер мундштука	Угол наклона горелки, град	Длина шва, мм	Скорость сварки, мм/с	Скорость сварки, мм/ч

Таблица 6.2 – Параметры режима кислородной разделительной резки

Толщина металла, мм	Марка металла	Давление кислорода, МПа	Давление ацетилена, МПа	Расстояние от металла до мундштука, мм	Номер внутреннего мундштука	Номер наружного мундштука	Ширина реза, мм	Длина реза, мм	Время резки, с.	Скорость резки, мм/с.	Скорость резки, мм/мин.	Отставание, мм



## 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.1. Материалы для газовой сварки

#### 3.1.1 Горючие газы и жидкости

При газопламенной обработке металлов для получения высокотемпературного пламени применяют различные горючие газы и пары горючих жидкостей: ацетилен, пропан-бутан, природный газ (метан), коксовый газ, нефтяной газ, сланцевый газ, водород, керосин и бензин. Температура сгорания горючих газов в кислороде различна. Наибольшую температуру сгорания (3200 °С) в кислороде даёт ацетилен, тогда как другие газы и жидкости не дают температуру сгорания выше 2700 °С.

Ацетилен ( $C_2H_2$ ) при атмосферном давлении и нормальной температуре бесцветный газ, вследствие присутствия в нём примесей фосфористого водорода и сероводорода, имеет резкий специфический запах. Ацетилен – универсальное и самое распространенное горючее, используемое в процессах газопламенной обработки, но весьма дорогое, чем и объясняется его замена менее теплотворными газами. Ацетилен весьма взрывоопасен.

Кислород – бесцветный газ, прозрачен, не имеет запаха и вкуса. Кислород получают химическим способом, электролизом воды и разделением воздуха методом глубокого охлаждения и ректификации. При соприкосновении сжатого газообразного кислорода с органическими веществами (плёнкой масел или жиров, угольной пылью, ворсинками органических веществ, горючими пластмассами и т. п.) может произойти их самовоспламенение. С целью предохранения от возможных аварий и несчастных случаев всю кислородную аппаратуру, необходимо периодически тщательно обезжировать спиртом.

#### 3.1.2 Присадочные прутки

Чаще всего при газовой сварке углеродистых сталей в качестве присадочного прутка используют сварочную проволоку различных марок: Св - 08, Св - 08А, Св - 08АА. Для сварки ответственных конструкций применяют проволоку марок: Св - 08ГА, Св - 10ГА, Св - 12ГС и др.

При сварке алюминия, меди и их сплавов применяют сварочную проволоку приблизительно того же химического состава, что и свариваемые металлы.

При сварке чугуна, бронзы, латуней применяют литые прутки химического состава, близкого к свариваемым металлам.

### 3.1.3 Флюсы

Флюсами для газовой сварки называются вещества в виде порошков, паст или легко испаряющихся жидкостей, вводимые в сварочную ванну для раскисления расплавленного металла и удаления из него образующихся окислов и неметаллических включений. В процессе сварки флюс связывает окислы химическим путём с образованием легкоплавких соединений или растворяет их в сварочной ванне, а образующиеся при этом шлаки всплывают на её поверхность. Плёнки шлаков предохраняют металл шва от дальнейшего окисления кислородом воздуха.

## 3.2. Технология газовой сварки

**Газовая сварка** – сварка плавлением, при которой для нагрева используется теплота горения горючего газа или смеси горючих газов и кислорода, рисунок 6.1.

В качестве горючего газа используют различные газы, в зависимости от используемого газа процессы сварки получили различное название.

**Ацетиленокислородная сварка** – газовая сварка, в которой горючим газом является ацетилен.

**Пропанокислородная сварка** – газовая сварка, в которой горючим газом является пропан.

**Водородно-кислородная сварка** – газовая сварка, в которой горючим газом является водород.

Газовая сварка характеризуется высокими значениями вводимой в заготовки удельной энергии, большой зоной теплового влияния и меньшей производительностью, чем дуговая сварка.

Газовую сварку применяют:

- при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали;
- при ремонтной сварке литых изделий из чугуна, бронзы, алюминиевых сплавов;
- при монтажной сварке стыков трубопроводов малых и средних диаметров (до 100 мм) с толщиной стенки до 5 мм и фасонных частей к ним;
- при сварке изделий из меди, латуни, свинца, при наплавке латуни и бронзы на детали из стали и чугуна;
- при наплавке твёрдых и износостойких сплавов, а также при сварке ковкого и высокопрочного чугуна.

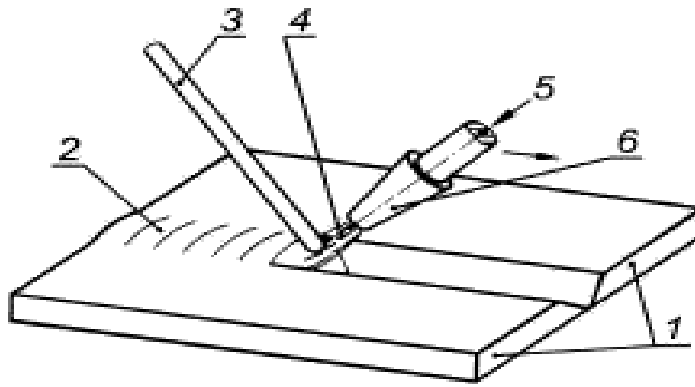


Рисунок 6.1 – Газовая сварка:

1 – заготовка; 2 – сварной шов; 3 – присадочный металл; 4 – газовое пламя;  
5 – горючий газ и кислород; 6 – сварочная горелка

Газовой сваркой можно сваривать почти все металлы, используемые в технике. Чугун, медь, латунь, свинец легче поддаются газовой сварке, чем дуговой. Простота оборудования, независимость от источника энергоснабжения позволяют применять этот процесс при ремонтных и монтажных работах. Сталь толщиной выше 8 мм газовой сваркой соединять не экономично.

При сгорании горючих газов или паров горючих жидкостей (керосина или бензина) в смеси с чистым кислородом образуется сварочное пламя. Строение ацетиленокислородного пламени показано на рисунке 6.2. Оно характерно также для большинства газокислородных смесей.

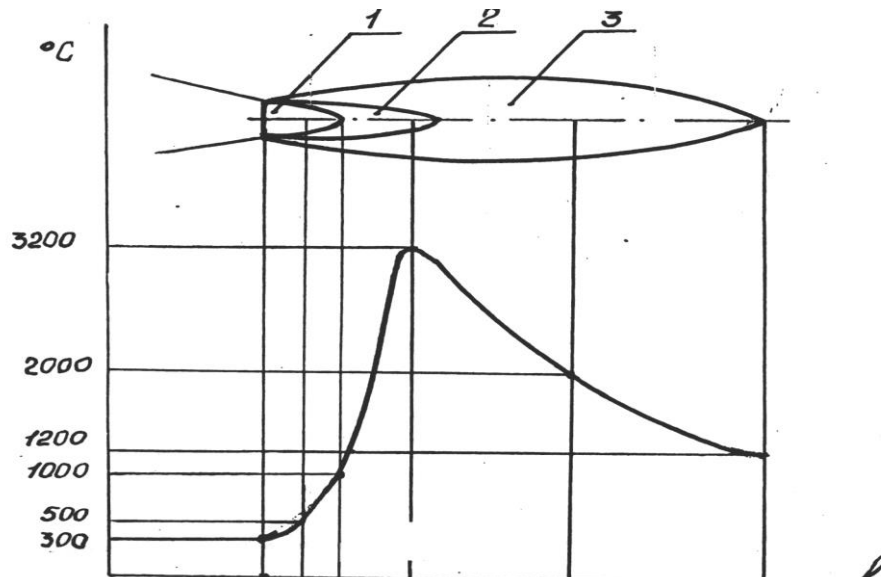


Рисунок 6.2 – Строение ацетиленокислородного пламени и распределение температур в нормальном пламени:

1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел пламени

В зависимости от соотношения горючей смеси пламя может быть нормальным, науглероживающим (ацетиленистым) и окислительным, рисунок 6.3. Теоретически нормальное пламя получают тогда, когда на один объём кислорода в горелку подается один объём ацетилена, практически же вследствие некоторой загрязненности кислорода нормальное пламя образуется при большем содержании кислорода в смеси на 20...30 %. При меньшем содержании кислорода пламя становится науглероживающим, а при большем - окислительным.

**Науглероживающее сварочное пламя** – сварочное пламя, в средней зоне которого имеется свободный углерод.

**Окислительное сварочное пламя** – сварочное пламя, в средней зоне которого имеется избыток кислорода.

Область применения нормального пламени – сварка сталей всех марок, меди, бронзы и алюминия. Область применения окислительного пламени – сварка латуни, науглероживающего – сварка чугуна.

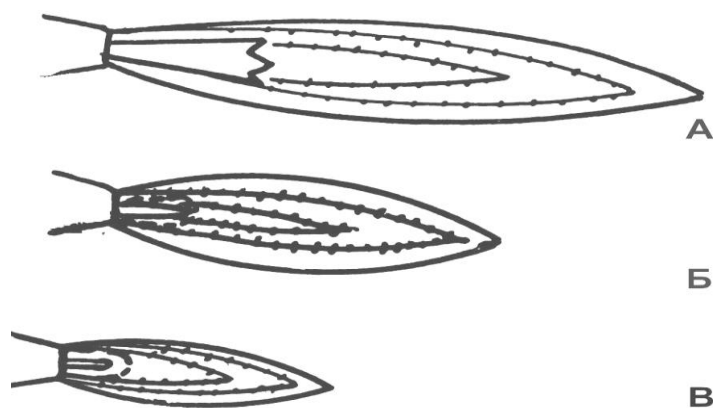


Рисунок 6.3 – Виды ацетиленокислородного пламени:

А – науглероживающее; Б – нормальное; В – окислительное

В зависимости от угла наклона мундштука горелки к поверхности свариваемого металла, эффективность передачи тепла сварочным пламенем изменяется, достигая наибольшего значения при угле наклона равном  $90^\circ$ , рисунок 6.4.

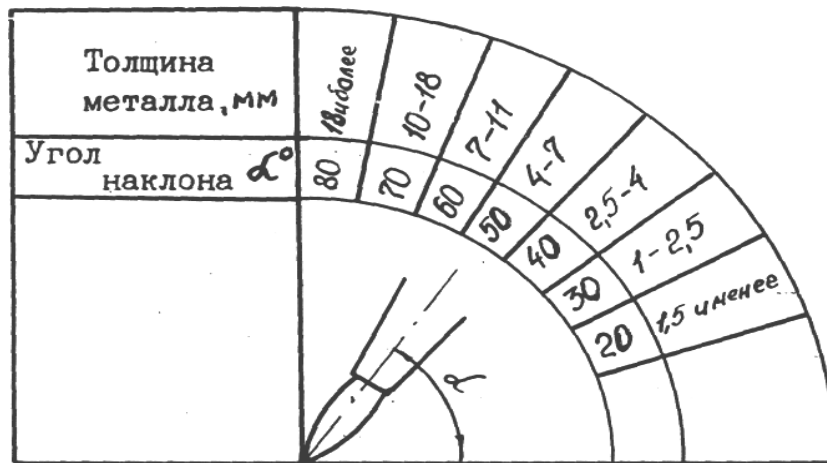


Рисунок 6.4 – Рекомендуемые углы наклона газовой горелки при сварке металла различной толщины

Газовую сварку осуществляют левым (рисунок 6.5) или правым (рисунок 6.6) способами. При левом способе горелку перемещают справа налево. Пламя направляют на кромки металла, находящегося непосредственно перед швом, а конец присадочного прутка держат впереди горелки. При этом способе обеспечивается хороший внешний вид шва, так как пламя не препятствует наблюдению за его формированием.

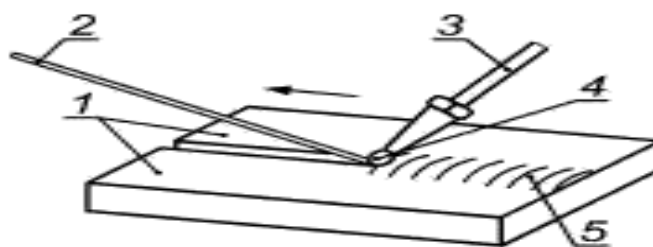


Рисунок 6.5 – Левый способ сварки:

1 – заготовка; 2 – присадочный пруток; 3 – газовая горелка; 4 – газовое пламя; 5 – сварной шов

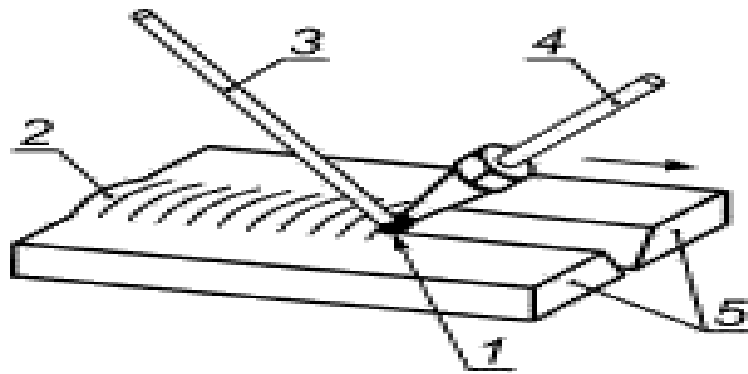


Рисунок 6.6 – Правый способ сварки:

1 – газовое пламя; 2 – сварной шов;  
3 – присадочный пруток; 4 – газовая горелка; 5 – заготовка

При правом способе горелку перемещают слева направо, а присадочный пруток следует за горелкой. Пламя направляют на шов, благодаря чему обеспечивается медленное его остывание и более высокое качество. Сварочная ванна закрыта пламенем горелки, что затрудняет наблюдение за формированием шва. Этим способом сваривают детали толщиной свыше 5 мм. Диаметр присадочного прутка подбирают в зависимости от способа сварки, так при правом способе сварки, диаметр прутка равен половине толщины свариваемых заготовок, а при левом способе – половине толщины плюс 1 мм, но в том и другом случае диаметр прутка не более 6 мм.

Наиболее просто сваривать швы в нижнем положении. Пламя горелки направляют с таким расчётом, чтобы кромки свариваемых заготовок находились в восстановительной зоне на расстоянии 2...6 мм от ядра пламени. Конец присадочного прутка держат также в восстановительной зоне сварочного пламени или в ванне расплавленного металла. Режим газовой сварки зависит от толщины и физических свойств свариваемых заготовок и определяется в основном мощностью сварочного пламени и углом наклона оси мундштука горелки к поверхности заготовки. В таблице 6.3 приведены основные параметры режима газовой сварки низкоуглеродистых сталей.

Таблица 6.3 – Параметры режима газовой сварки низкоуглеродистой стали (горелкой Звезда или Москва)

Параметры режима газовой сварки		Номер наконечника и мундштука					
		1	2	3	4	5	6
Толщина металла, мм		0,5–1,5	1,0–2,5	2,5–4,0	4–7	7–11	10–18
Угол наклона мундштука, град.		20	30	40	50	60	70
Скорость сварки, м/ч		7–10	5–7	4–5	5,5–4	1–1,5	0,7–1,0
Давление газа, МПа	ацетилен	0,001–0,1					0,01
	кислород	0,2–0,4					
Диаметр присадочного прутка, мм. Способ сварки	левый	1,2	2,0	2–3	3–4	4–6	6
	правый	1,0	1,2	1,6–2	2–3	3–5	5–6
Расход газа, л/мин	ацетилен	0,8–2,0	2–4	4–7	7–11	11–18	18–30
	кислород	1–2	2–4	4–7,5	7,5–12	12–20	20–32

При зажигании инжекторной горелки вначале надо немного приоткрыть вентиль кислорода, затем открыть вентиль горючего газа и после кратковременной продувки рукава от воздуха, зажечь горючую смесь газов. Затем отрегулировать пламя горелки.

При гашении пламени и обратном ударе надо закрыть вентиль горючего газа, а затем – кислорода.

### 3.3 Технология разделительной кислородной резки

Процесс кислородной резки основан на сгорании металла в струе режущего кислорода и удалении этой струей образующихся окислов. Для подогрева поверхности металла до температуры воспламенения используют подогревающее пламя.

Наилучшим образом подвергается резке низкоуглеродистая сталь. С повышением содержания углерода и легирующих элементов в стали, процесс резки значительно осложняется. Высоколегированная сталь, чугун, цветные металлы

обычной кислородной резке не подвергаются. Эти металлы режут кислородно-флюсовой резкой или плазменной.

На рисунке 6.7 приведена схема разделительной резки. Металл заготовки 1 нагревается в начальной точке реза до температуры воспламенения в кислороде (для стали 1200...1350 °С) подогревающим ацетилено-кислородным пламенем 2, затем открывается струя режущего кислорода 3 и нагретый металл начинает гореть в кислороде с выделением значительного количества тепла. Образующиеся окислы 4, а также частично расплавленный металл удаляются из зоны реза под действием кинетической энергии струи кислорода. Непрерывный подвод тепла и режущего кислорода обеспечивают непрерывность процесса.

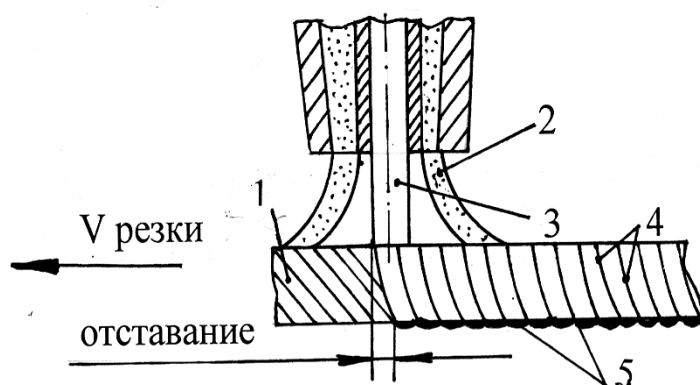


Рисунок 6.7 – Схема разделительной кислородной резки:

1 – металл заготовки; 2 – подогревающее пламя; 3 – режущая струя кислорода; 4 – бороздки на разрезанном металле; 5 – окислы (шлак)

Подогревающее пламя при резке – нейтральное. Давление режущего кислорода определяется в зависимости от толщины разрезаемого металла. Чтобы получить высокое качество реза, расстояние между мундштуком и металлом при использовании в качестве горючего газа – ацетилена должно быть в определенных пределах. Величина этого расстояния зависит от мощности пламени горелки или резака, как правило, составляет величину – 2–8 мм.

В процессе газовой разделительной резки, в особенности при резке стали большой толщины, окисление металла по толщине происходит неравномерно – верхние слои металла окисляются и выносятся кислородной струей раньше, чем нижние (см. рисунок 6.7). В результате этого даже при строго вертикальном направлении струи происходит отклонение передней грани реза от вертикали, причём бороздки, оставляемые струёй на поверхности кромки и реза, имеют наклон. В практике кислородной резки это явление принято называть отставанием.



Величина отставания оказывает большое влияние на геометрию контура вырезаемого металла при значительной толщине металла.

Существенное влияние на процесс резки оказывает подогревающее пламя, основное назначение которого нагреть начальный участок на поверхности разрезаемого металла до температуры, при которой металл воспламеняется в струе кислорода. Так как горение металла сопровождается выделением тепла, то после начала резки можно уменьшить мощность подогревающего пламени. Это можно осуществить путем применения экономайзера, который уменьшает мощность пламени при открывании вентиля режущего кислорода.

Параметрами кислородной резки являются: давление кислорода, скорость резки, расход газов, глубина и ширина реза, качество поверхности реза, диаметр режущего сопла (номер мундштука). В таблице 6.4 приведены значения основных параметров резки.

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТ

4.1. Пост для газовой сварки и резки.

4.2. Присадочный пруток (сварочная проволока марки Св - 08Г2С) диаметром 2...3 мм.

4.3. Стальные пластины из низкоуглеродистой стали размером 120 x 80 мм и толщиной: 3 мм ; 10–15 мм.

4.4. Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 89.

4.5. Секундомер.

#### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

5.1. Какие газы и жидкости применяют в качестве горючих?

5.2. Какой газ даёт наивысшую температуру горения в смеси с кислородом?

5.3. От каких веществ необходимо предохранять кислородную аппаратуру?

5.4. Назовите сортамент и марки присадочных материалов.

5.5. Дайте определение газовой сварке.

5.6. Назовите области применения газовой сварки.

5.7. Нарисуйте строение газового пламени, укажите его области.

5.8. Какие виды пламени могут быть в зависимости от соотношения в горючей смеси ацетилен и кислорода?

5.9. Какие параметры режима сварки зависят от толщины свариваемого металла?

5.10. Назовите последовательно операции зажигания газовой горелки.

5.11. На чём основан процесс кислородной резки?

5.12. Какие материалы подвергаются кислородной резке?

5.13. Нарисуйте схему разделительной кислородной резки.

5.14. Что такое «отставание» при газовой резке металлов?

5.15. Назовите основные параметры режима кислородной резки.

Таблица 6.4 – Ориентировочные режимы кислородной резки (резаки марок Р2А - 01, Пламя - 62, Факел)

Параметры резки	Номер внутреннего и наружного мундштуков					
	0;1	1;1	2;1	3;1	4;2	5;2
Толщина разрезаемой заготовки, мм	3–8	8–15	15–30	30–50	50–100	100–200
Давление O <sub>2</sub> , МПа	0,25	0,35	0,4	0,42	0,5	0,75
Давление C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , МПа	0,001–0,01				0,01–0,1	
Расход O <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /ч	1,8	3,2	4,7	7,5	12,4	12,8
Расход C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /ч	0,4	0,55	0,65	0,75	0,9	1,25
Отставание, мм	0,5–1,5	2–4	3–5	5–8	8–12	12–15
Скорость резки, мм/мин	550	370	300	260	165	100
Ширина реза, мм	1,5–3,0	2–4	3–4	4–5	5–6	6–8
Расстояние от мундштука до заготовки, мм	2–3	3–4	3–5	4–6	4–6	5–8

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

6.1. Цель работы.

6.2. Выполнить рисунки 6.5–6.7.

6.3. Занести в таблицы 6.1 и 6.2 экспериментальные данные, полученные при газовой сварке и резке металла.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 ДУГОВАЯ СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков подбора режима сварки в углекислом газе.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Изучить теоретическую часть.

2.2. Ознакомиться с оборудованием сварочного поста для сварки в среде углекислого газа.

2.3. Выбрать режим сварки по таблице 7.1 для предложенных материалов.

2.4. Произвести сварку пластин, фиксируя основные параметры режима сварки. Полученные данные занести в таблицу 7.2

2.5. Выполнить рисунок 7.2

Таблица 7.1 – Ориентировочные режимы сварки стыковых швов в углекислом газе (полярность обратная)

Диаметр электрода, мм	Толщина металла, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход CO <sub>2</sub> л/мин
1,2	2,0	140–180	20–22	20–45	10–14	7–9
	3,0	170–250	21–23	20–40	10–14	7–10
	4,0	200–270	21–24	20–35	10–14	10–12
	и более					
1,6	3,0 и более	150–350	21–28	20–30	12–18	14–18
2,0	5,0 и более	300–500	28–34	20–30	14–20	15–22

Таблица 7.2 – Параметры режима сварки

Диаметр сварочной проволоки, мм	Марка проволоки	Толщина металла, мм	$J_{св.}, А$	$U_{св.}, В$	$V_{эл.}, мм$	Расход $CO_2, л/мин$	Длина шва, мм	Ширина шва, мм	$t_{св.}, с$	$V_{св.}, м/ч$

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Сущность процесса дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом.

**Процесс дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом** – это дуговая сварка плавящимся электродом, при которой используют электродную проволоку, а дугу и сварочную ванну защищают от атмосферы газом, подаваемым снаружи, рисунок 7.1.

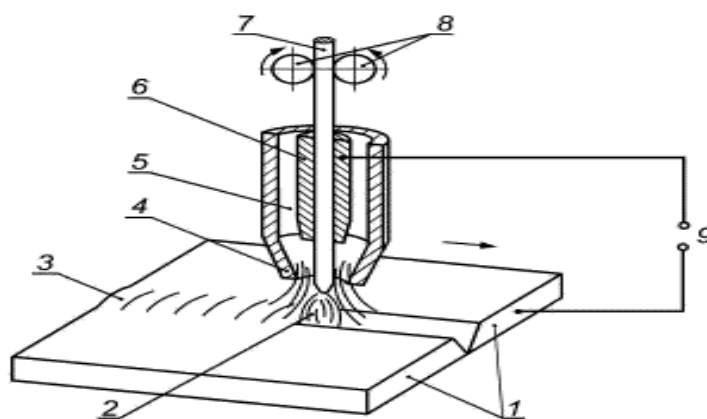


Рисунок 7. 1 – Дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом:

- 1 – заготовка; 2 – дуга; 3 – сварной шов; 4 – сопло; 5 – защитный газ;
- 6 – мундштук; 7 – проволочный электрод; 8 – подающие ролики;
- 9 – источник питания сварочной дуги

В качестве защитных газов используют активные (углекислый газ или его смеси с различными газами) и инертные газы (аргон или гелий). Процесс сварки в защитных газах осуществляют с помощью полуавтоматов. По степени механизации сварка полуавтоматом относится к частично механизированной сварке, т. е. это ручная сварка, при которой подача проволоки механизирована.

В данной лабораторной работе для защиты сварочной дуги от атмосферы применяют углекислый газ, в настоящее время это наиболее распространённый процесс сварки плавящимся электродом в защитном газе. Углекислый газ при сварке создает окислительную среду, в которой окисляется металл и происходит выгорание элементов, обладающих химическим сродством к кислороду. Выгорание элементов происходит так же из-за наличия атомарного кислорода, образующегося в результате диссоциации углекислого газа при высоких температурах электрической дуги.

Металлургическая активность углекислого газа востребована для сварки с применением специальных проволок, имеющих повышенное содержание раскислителей: кремния, марганца, титана и т. д. При использовании проволок без элементов – раскислителей, в наплавленном металле (особенно в углеродистых и низколегированных сталях) вследствие окисления углерода образуются поры. Центральным научно-исследовательским институтом технологии машиностроения (НПО ЦНИИТМаш) разработан ряд марок проволок для сварки в углекислом газе: Св - 08ГС, Св - 08Г2С, Св - 12ГС и др.

Сварка в среде углекислого газа производится на постоянном токе обратной полярности (положительный полюс на горелке). Скорость сварки зависит от силы тока и составляет 20–80 м/ч, что в 2–5 раз выше ручной дуговой сварки плавящимся электродом.

Поскольку для получения швов высокого качества необходим углекислый газ высокой чистоты, то для сварки используют двуокись углерода высшего и первого сортов.

Сущность процесса дуговой сварки в защитном газе заключается в расплавлении электродной проволоки и защите подаваемым газом сварочной ванны от атмосферы.

### 3.2 Сварочный пост с полуавтоматом ПДГ - 502

Частично механизированная сварка – это сварка, при которой перемещение горелки и погрузка–разгрузка деталей осуществляются вручную, а подача присадочного металла механизирована.

Полуавтоматом называют аппарат для частично механизированной дуговой сварки, включающий горелку и механизм подачи проволоки с ручным перемещением горелки.

Полуавтомат ПДГ - 502 передвижной, толкающего типа (сварочную проволоку механизм толкает в шланг, а не тянет) предназначен для сварки проволоками диаметром 1,2–2,0 мм на токах до 500 А. На рисунке 7.2

представлена схема соединений полуавтомата. Порядок работы на полуавтомате следующий. При нажатии выключателя на горелке 2 происходит включение газового клапана, через 1 секунду подается напряжение от выпрямителя 11 и включается привод подачи сварочной проволоки 6. При этом газ из баллона через подогреватель газа 8 и газовый редуктор 9 подаётся в горелку и истекает через сопло. При замыкании электрода на изделии 1 зажигается дуга и происходит процесс сварки. Регулирование силы сварочного тока осуществляют с помощью переносного пульта управления 3, связанного электрически с блоком управления 10. При размыкании выключателя сварки останавливается двигатель подачи электродной проволоки, происходит растяжка и обрыв дуги. Через 2–4 с выключается источник питания и газовый клапан – снимается напряжение со сварочной горелки и прекращается подача защитного газа. Схема приходит в исходное состояние, обеспечивающее возможность повторного включения.

При сварке на режимах выше 200 А следует включать водяное охлаждение горелки. Конструкция горелки обеспечивает возможность охлаждения сопла и мундштука через рукава 4 и 5.

Углекислый газ поставляется в баллонах, где он находится в сжиженном состоянии при давлении 6–7 МПа. В баллоне ёмкостью 40 л содержится 25 кг жидкой углекислоты, которая при испарении образует 12,6 м<sup>3</sup> газообразной углекислоты. Баллон и редуктор для углекислого газа окрашены в чёрный цвет.

Для снижения давления газа используют редуктор, который должен обеспечивать рабочее давление газа в пределах 0,1–0,4 МПа. При выпуске газа из баллона происходит поглощение тепла за счёт испарения жидкой углекислоты, что приводит к резкому охлаждению газа и вызывает замерзание влаги, содержащейся в нём и закупорку проходных сечений редуктора. Чтобы избежать замерзания влаги в редукторе, между баллоном и редуктором устанавливают электрический нагреватель для подогрева газа, выходящего из баллона.

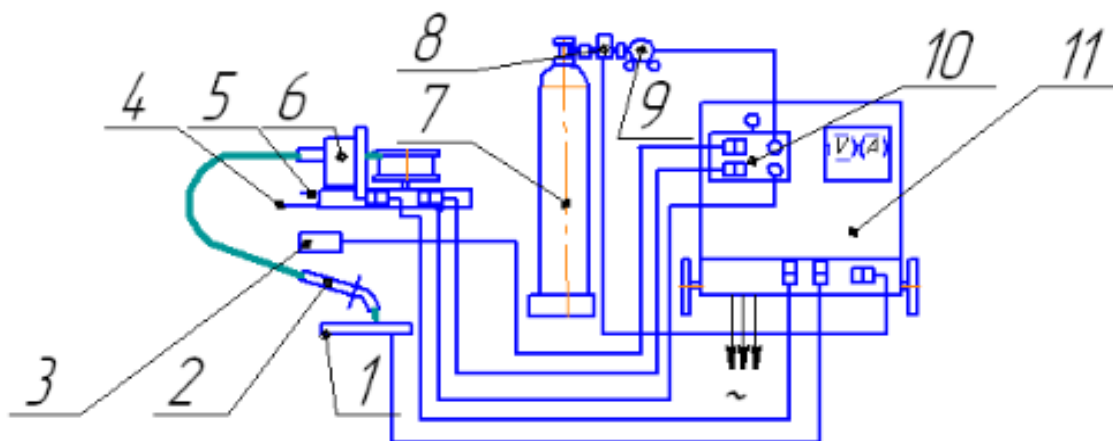


Рисунок 7.2 – Схема соединений сварочного поста с полуавтоматом ПДГ- 502:

1 – свариваемое изделие; 2 – сварочная горелка; 3 – переносный пульт управления; 4 – патрубок для входа охлаждающей воды; 5 – патрубок для выхода воды; 6 – механизм подачи электродной проволоки; 7 – баллон с углекислым газом; 8 – подогреватель газа; 9 – редуктор; 10 – блок управления; 11 – выпрямитель сварочный

Подогреватель газа устанавливается на штуцер вентиля баллона, перед редуктором. Питание подогревателя осуществляется током напряжением 36 В от источника питания сварочной дуги. Подогреватель обеспечивает подогрев газа от 40 до 80 °С. Редуктор, используемый для понижения давления защитного газа до рабочего и поддержания его постоянным, оснащен расходомером. Расход газа через газовый редуктор, марки У- 30, регулируется в пределах от 5 до 30 л/мин. В полуавтомате механизирован процесс подачи электродной проволоки путём вращения подающих роликов, привод вращения роликов от электродвигателя через червячный редуктор.

### 3.3 Режим сварки в углекислом газе

К основным параметрам режима сварки в углекислом газе относят: диаметр электродной проволоки, силу сварочного тока, скорость сварки, скорость подачи электродной проволоки, расход углекислого газа, род тока и полярность, вылет электрода.

Вылет электрода – это расстояние от крайней точки мундштука до свариваемой поверхности кромок детали, рисунок 7.3.

Сварку в углекислом газе выполняют постоянным током обратной полярности. Постоянный ток прямой полярности и переменный ток не

применяют из-за низкой устойчивости процесса сварки и неудовлетворительного качества сварного шва.

В настоящее время существует ряд методик по расчёту режима сварки. Удовлетворительное качество сварного соединения низкоуглеродистых и низколегированных сталей можно получить при использовании справочных данных, приведённых в таблице 7.1.

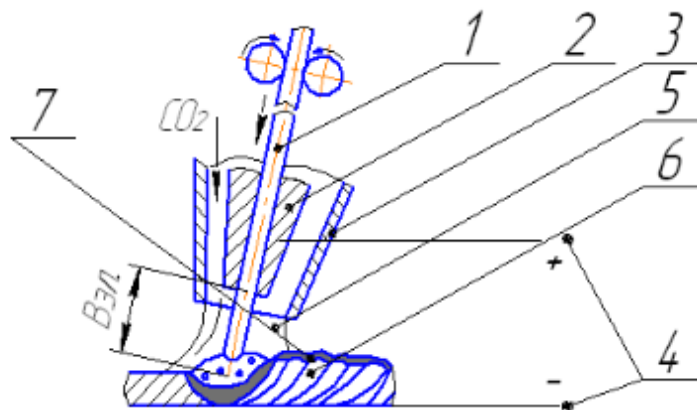


Рисунок 7.3 – Схема образования сварного шва при сварке в среде углекислого газа:

- 1 – плавящийся электрод; 2 – наконечник мундштука; 3 – сопло;  
4 – источник питания сварочной дуги; 5 – зона защиты сварочной дуги;  
6 – сварной шов; 7 – окисная плёнка на поверхности шва;  
 $V_{эл}$  – вылет электрода

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТ

- 4.1. Сварочный пост с полуавтоматом ПДГ - 502.
- 4.2. Сварочная проволока диаметром 1,2 мм марки Св - 08Г2С.
- 4.3. Баллон с углекислотой.
- 4.4. Заготовки из низкоуглеродистой стали толщиной 3–5 мм.
- 4.5. Секундомер.
- 4.6. Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166-89.

#### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. В чём сущность сварки в среде углекислого газа?
- 5.2. Требования к химическому составу проволоки для сварки в углекислом газе.



- 5.3. Охарактеризуйте полуавтомат для сварки.
- 5.4. Что такое частично механизированная дуговая сварка?
- 5.5. Перечислите оборудование сварочного поста для сварки в углекислом газе.
- 5.6. Перечислите операции при сварке деталей полуавтоматом.
- 5.7. Назначение редуктора.
- 5.8. Назовите основные параметры режима сварки.
- 5.9. Назначение подогревателя углекислого газа.
- 5.10. Полярность и род тока, применяемые при сварке в углекислом газе.

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Рисунок-схема соединений сварочного поста с полуавтоматом.
- 6.3. Основные параметры режима сварки.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков технологии низкотемпературной пайки металлов электрическим паяльником

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы.
- 2.2. Выполнить пайку медных проводов внахлёстку с помощью припоя.
- 2.3. Выполнить пайку медных проводов внахлёстку с помощью трубчатого припоя и канифоли.
- 2.4. Зачистить и облудить стальные пластины и выполнить пайку нахлёсточного соединения листов. Припой – бура. Величина нахлёстки – 20 мм.
- 2.5. Разрушить образец на разрывной машине. Значение разрушаемого усилия и место разрушения занести в таблицу 8.1.
- 2.6. Определить прочность паяного соединения и шва:

$$P_{\text{соед.}} = P / F_{\text{обр.}} ; \quad (8,1)$$

$$R_{\text{шва}} = P / F_{\text{накл.}} \quad (8,2)$$

где  $P$  – разрывное усилие, Н;  $F_{\text{обр.}}$  – поперечное сечение образца, мм<sup>2</sup>;  $F_{\text{накл.}}$  – площадь нахлестки, мм<sup>2</sup>.

Полученные данные занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Данные испытания прочности паяного соединения

Толщина образца, мм	Величина нахлестки, мм	Разрывное усилие, Н	Прочность, МПа		Место разрушения
			соединения	шва	

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Пайка** – процесс соединения деталей, при котором используют дополнительный расплавленный материал (припой) с температурой ликвидус ниже чем температура солидус основного (ых) материала (ов), который смачивает поверхности нагретого (ых) основного (ых) материала (ов) и заполняет узкий зазор между соединяемыми деталями. Паяные соединения относят к неразъёмным соединениям.

**Низкотемпературная пайка** – процесс соединения с применением припоя с температурой ликвидус не выше 450 °С.

**Высокотемпературная пайка** – процесс соединения с применением припоя с температурой ликвидус выше 450 °С.

**Смачивание** – растекание и адгезия тонкого непрерывного слоя расплавленного припоя по поверхности соединяемых деталей.

**Припой** – добавляемый металл для получения паяных соединений, который может быть в виде проволоки, вставок, порошка, паст и др.

**Флюс** – неметаллический материал, который в расплавленном состоянии способствует смачиванию, удаляя оксиды или другие вредные плёнки с соединяемых поверхностей, и предотвращает их повторное образование в процессе соединения.

**Основной материал** – паемый материал.

**Температурный диапазон плавления припоя** – температурный диапазон от начала плавления (температуры солидус) до температуры конца плавления (температура ликвидус).

**Температура пайки** – температура соединения, при которой припой смачивает поверхность или образуется жидкая фаза за счёт приграничной диффузии и имеется достаточный объём жидкой фазы.

**Температура подогрева** – температура, при которой соединяемые детали выдерживаются до её равномерного распределения.

Технологический процесс пайки состоит из операций подготовки поверхности паяемого материала и припоя, сборки, собственно пайки, обработки паяного изделия после пайки и контроля качества. При пайке не происходит расплавления материала спаиваемых деталей (по крайней мере одной из них), благодаря чему резко снижается степень коробления и окисления металла в сравнении со сваркой.

Выбор способа пайки зависит от конструкции и назначения паяемого изделия, его состава и свойств, технологического и вспомогательного материалов. К технологическим материалам относятся припои. Наиболее распространенными припоями являются легкоплавкие оловянные и оловянно-свинцовые марок: ПОС 40, ПОС 50, ПОС 61 (цифра показывает процент содержания олова) и среднеплавкие – ЛОК 59 -1- 03, ЛОК 62- 06 - 04 на основе меди и цинка (латуни). Припои поставляются в виде прутка, проволоки, ленты, пасты, таблеток, порошка, трубок, колец и др. видах.

**Пайка паяльником.** Паяльник – инструмент для пайки металлов легкоплавкими припоями. Для паяльников чаще всего используют электрический нагрев, реже – газопламенный. Основное назначение паяльника - нагрев припоя до полного расплавления и нанесения его на паяемую деталь при одновременном нагреве основного материала по месту пайки. Пайка соединений при монтаже электроприборов производится бескислотными флюсами на основе канифоли. Сосновая канифоль представляет собой смесь смоляных кислот. Канифоль в расплавленном состоянии (при температуре 150 °С) способна растворять окислы, а после затвердевания на паяном соединении остаток флюса не вызывает коррозии. При пайке меди, медных сплавов и сталей в качестве флюса применяют боридные соединения, например буру.

На рисунках 8.1 и 8.2 показаны геометрические характеристики паяных соединений.

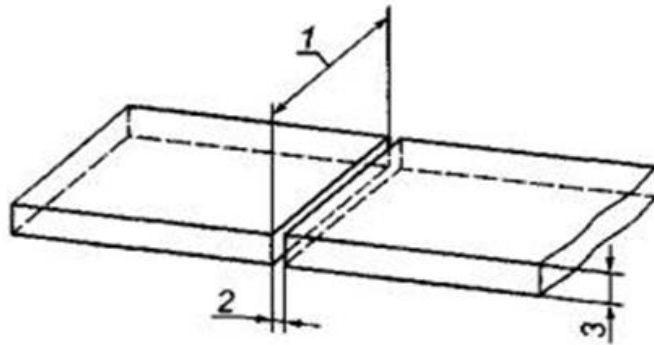


Рисунок 8.1 – Стыковое соединение с малым зазором:  
 1 – длина соединения, 2 – сборочный зазор; 3 – толщина детали

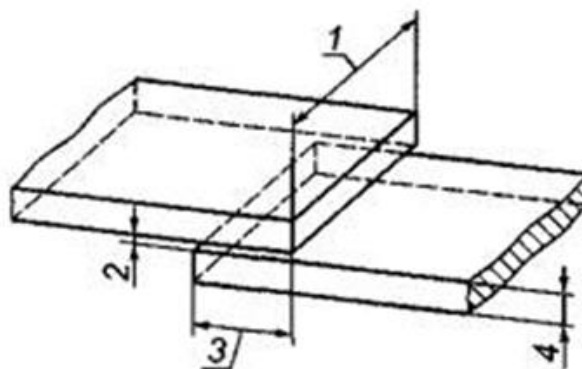


Рисунок 8.2 – Нахлесточное соединение с малым зазором:  
 1 – длина соединения, 2 – сборочный зазор; 3 – длина нахлестки; 4 – толщина детали

На рисунке 8.3 показана схема паяного нахлесточного соединения с нанесённым условным знаком его обозначения, а на рисунке 8.5 сечение паяного соединения.

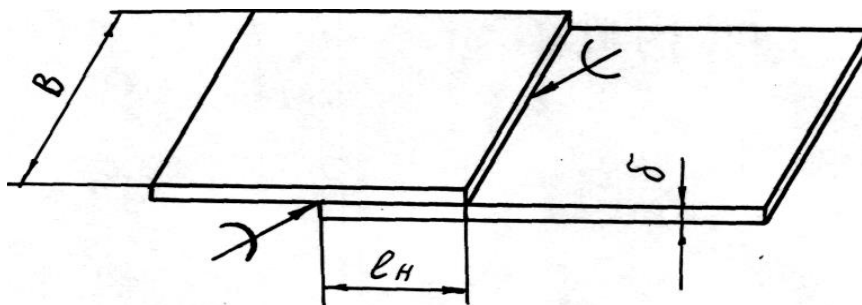


Рисунок 8.3 – Схема паяного нахлесточного соединения:  
 в – ширина нахлестки;  $\ell_n$  – длина нахлестки;  $\delta$  – толщина соединяемого материала

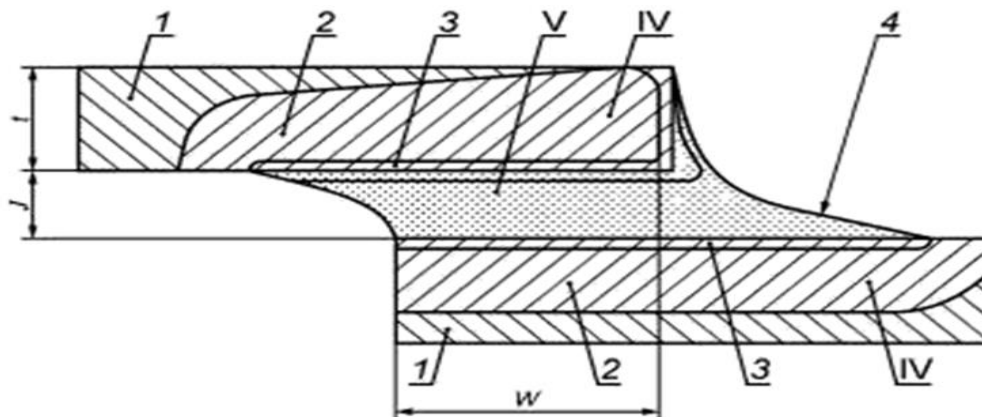


Рисунок 8.4 – Сечение паяного соединения:

1 – основной материал; 2 – основной материал, претерпевший изменения при пайке; 3 – диффузионная (переходная) зона; 4 – металл припоя; Узел. IV – зона термического влияния; V – паяный шов. Размеры  $t$  – толщина детали,  $J$  – эффективная ширина соединения,  $W$  – длина нахлестки

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- 4.1. Электрический паяльник.
- 4.2. Разрывная машина.
- 4.3. Образцы медных проводов (диаметром 1,0...3,0 мм, длиной 50...100 мм).
- 4.4. Полосы стальных листов, размером 150 x 25 x 0,2 ...0,5 мм.
- 4.5. Припой оловянно-свинцовый марок ПОС 40 или ПОС 50.
- 4.6. Трубчатый припой.
- 4.7. Канифоль.
- 4.8. Натрийтетраборнокислый (бура).
- 4.9. Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 89.

#### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. Какой процесс называется пайкой?
- 5.2. В чём заключается технологический процесс пайки?
- 5.3. Назначение паяльника.
- 5.4. Припой и его назначение.
- 5.5. Марки припоев для пайки.
- 5.6. Назначение паяльного флюса.
- 5.7. Какие флюсы применяют при пайке?
- 5.8. Что такое лужение?

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Краткое описание процесса пайки и лужения.
- 6.3. Пайка стальных листов.
- 6.4. Таблица испытания прочности паяного соединения.
- 6.5. Выполнить рисунки 8.1 и 8.4.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков работы основных узлов токарно-винторезного станка, ознакомиться с приспособлениями, применяемыми при выполнении токарных работ.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Ознакомиться с основными узлами токарно-винторезного станка модели 1К62.
- 2.2. Ознакомиться с оборудованием и оснасткой (приспособлениями) применяемыми при токарной обработке.
- 2.3. Изобразить основные узлы технологической оснастки: трёхкулачковый и четырёхкулачковый патрон с описанием основных узлов и принципа закрепления заготовки;
- 2.4. Неподвижный и подвижный люнет, описать их конструкцию, принцип действия; нарисовать вращающийся центр и описать принцип его работы.
- 2.5. Дать описание, назначение и принцип точения на оправке.
- 2.6. Составить отчёт по лабораторной работе.

### 3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОБОРУДОВАНИЮ И ОСНАСТКЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

- 3.1 Основные сведения о процессе резания

Практически все детали машин и приборов приобретают окончательные формы и размеры, заданные чертежом, только после механической обработки резанием.

**Токарная обработка** – один из возможных способов обработки изделий путём срезания с заготовки лишнего слоя металла до получения детали требуемой формы, размеров и шероховатости поверхности. Она осуществляется на металлорежущих станках называемых токарными. На токарных станках обрабатываются детали типа тел вращения: валы, заготовки зубчатых колёс, шкивы, втулки, кольца, муфты, гайки и т. д.

Основными видами работ, выполняемых на токарных станках, являются: обработка цилиндрических, конических, фасонных, торцовых, поверхностей; уступов; вытачивание канавок; отрезание частей заготовки, обработка отверстий сверлением, зенкерованием, развёртыванием; нарезание резьбы; накатывание.

Инструменты, применяемые для выполнения этих процессов, называются режущими. При работе на токарных станках используются различные режущие инструменты: резцы, свёрла, зенкеры, развёртки, метчики, плашки, резьбонарезные головки и др.

**Обработка резанием** – обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоёв материала с образованием стружки.

**Стружка** – деформированный и отделённый в результате обработки резанием поверхностный слой материала заготовки.

Обработку резанием осуществляют на металлорежущих станках с помощью лезвийного режущего инструмента.

**Металлорежущий станок** – станок, предназначенный для размерной обработки металлических заготовок путём снятия материала в виде стружки.

**Режущий инструмент** – инструмент для обработки резанием. Инструмент для токарной обработки относится к лезвийным инструментам.

**Лезвийный инструмент** – режущий инструмент с заданным числом лезвий установленной формы.

**Обрабатываемая поверхность** – поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке. Под обработанной поверхностью понимают поверхность, образованную на заготовке в результате обработки. До обработки будущая деталь называется заготовкой; в процессе резания с заготовки необходимо удалить лишний металл, который называется припуском на обработку.

**Припуск** – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Припуск удаляют при черновой и чистовой обработке резанием.

**Черновая обработка** – обработка резанием, при которой снимается основная часть припуска.

**Чистовая обработка** – обработка резанием, в результате которой достигается заданная точность размеров и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

При черновой обработке удаляют максимальную величину припуска (до 0,8 припуска на обработку) за один или большее количество проходов. При чистовой обработке величину припуска назначают в зависимости от требуемой точности и шероховатости поверхности. Если заготовка получена с минимальным припуском (например, штамповкой или точными методами литья), то весь припуск можно удалить при чистовой обработке резанием.

### 3.2 Общие сведения о токарно-винторезном станке

Из универсальных металлорежущих станков наибольшее распространение получили токарно-винторезные и токарные станки, последние предназначены для выполнения всех токарных операций, за исключением нарезания резьбы резцами. На токарно-винторезных станках обрабатывают самые разнообразные детали.

Токарный станок – станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов и других материалов в виде тел вращения.

Токарно-винторезные станки характеризуются широкими технологическими возможностями и служат для черновой и чистовой обработки цилиндрических, конических и фасонных наружных, внутренних и торцовых поверхностей, нарезания резьбы различных видов, накатывания рифлений, растачивания отверстий, сверления, зенкерования и других операций.

### 3.3 Оборудование универсального токарного-винторезного станка модели 1К62

На рисунке 9.1 приведен внешний вид токарно-винторезного станка модели 1К62, который является типовым для станков данной токарной группы.

В обозначении модели станка первая цифра 1 указывает на принадлежность станка к станкам токарной группы; буква К указывает на произведенную модернизацию станка; цифра 6 указывает тип станка, т. е. что станок является токарно-винторезным; цифра 2 указывает типоразмер, т. е.



высоту центров (200 мм) над станиной (наибольший диаметр обрабатываемой детали не должен превышать 400 мм).

Токарно-винторезный станок модели 1К62 состоит из следующих основных узлов. Станина 21 с горизонтальными направляющими служит для монтажа узлов станка и установлена на двух тумбах. В передней тумбе смонтирован электродвигатель главного привода станка, включение, которого осуществляется с помощью кнопочной станции 11, а в задней тумбе установлен бак для смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и насосная станция для ее подачи в зону резания. Станина изготовлена литьём из серого чугуна.

Передняя бабка с коробкой скоростей 2 служит для ступенчатого изменения частоты вращения шпинделя (на шпинделе закреплен трехкулачковый патрон 26). Шпиндель представляет собой стальной пустотелый вал, установленный в подшипниках. Сквозное отверстие в шпинделе используется для размещения длинных заготовок (прутков) и удаления из шпинделя центров, которые устанавливаются в случае обработки деталей в центрах. Механизмы и передачи коробки скоростей позволяют получать разные частоты вращения шпинделя станка. На лицевой стороне передней бабки расположены рукоятки переключения скоростей 3 и 6, а также рукоятки 4 и 5, служащие как для настройки станка при нарезании резьбы резцом, так и для регулирования подачи.

Коробка подач 23 закреплена на лицевой стороне станины. В ней смонтированы механизмы, позволяющие придавать суппорту с резцами разные скорости перемещения с помощью рукояток 24 и 25.

Суппорт 10 предназначен для закрепления и перемещения в нужном направлении резцедержателя с резцами, который состоит из нескольких частей.

Продольные салазки перемещаются с помощью маховика 7 вручную, а механически – при вращении ходового винта 28 или ходового валика 29. Поперечные салазки перемещаются вручную с помощью поворота рукоятки 9 или механически от коробки подач.

К продольным салазкам крепится фартук станка 20, механизмы которого преобразуют вращательное движение ходового валика 29 или ходового винта 28 в поступательное движение суппорта.

Задняя бабка 15 установлена с правой стороны станины и может перемещаться по её направляющим. Она закрепляется на направляющих станины посредством прижимной гайки. В пиноли задней бабки, которая перемещается вдоль оси станка, устанавливаются центры, служащие для поддержания длинных деталей, а также инструменты для обработки отверстий (свёрла, зенкеры, развёртки). Конструкция задней бабки позволяет осуществлять смещение её оси в поперечном направлении, что используется при обработке длинных конических деталей с малым углом конусности.

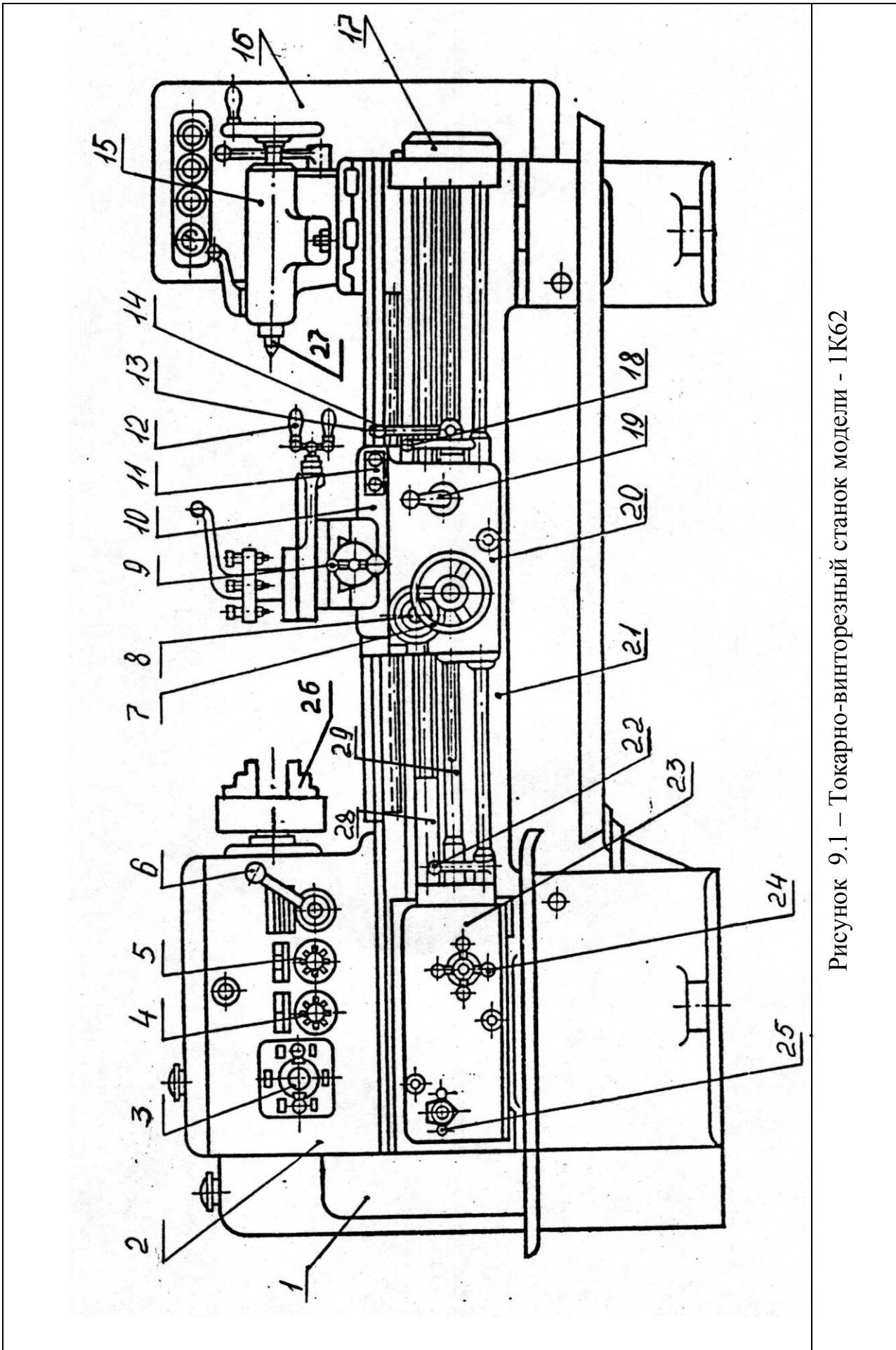


Рисунок 9.1 – Токарно-винторезный станок модели - 1К62

### 3.4 Технологическая оснастка (приспособления)

Приспособления предназначены для расширения технологических возможностей станков, повышения их производительности и точности при обработке заготовок, а также для облегчения условий работы на станке.

#### 3.4.1 Патроны токарные

Патроны токарные предназначены для установки и закрепления в них заготовок. Самоцентрирующий патрон позволяет быстро устанавливать и закреплять в нём заготовки (рисунок 9.2). В корпусе 3 самоцентрирующего патрона имеется диск 1, нижняя поверхность которого является коническим колесом, сцепленным с тремя зубчатыми колесами 2, расположенными в корпусе через  $120^\circ$ . При вращении любого из колес 2, посредством ключа, начинается вращение диска 1. На верхнем торце диска нарезана спираль, в которую входят зубья кулачков 4. При повороте диска 1 происходит одновременное перемещение всех трёх кулачков к центру или от центра в зависимости от направления вращения диска 1. При этом, в зависимости от конфигурации и размеров обрабатываемых поверхностей, применяют прямые или обратные кулачки.

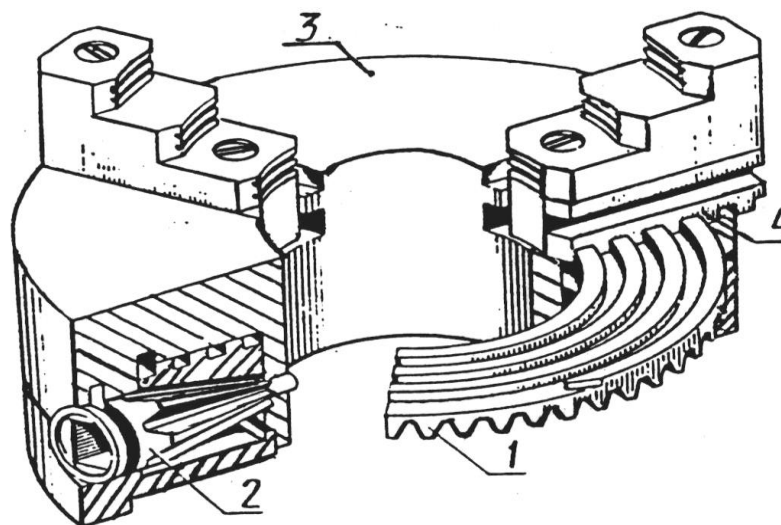


Рисунок 9.2 – Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый:

1 – диск; 2 – зубчатое колесо; 3 – корпус; 4 – зуб кулачка

У четырёхкулачкового патрона (рисунок 9.3) каждый кулачок 1 перемещается к центру и от центра, независимо от других посредством винта 2, который поворачивается ключом. В патроне можно закреплять разные по размерам и форме заготовки.

Для закрепления несимметричных и сложных по конфигурации заготовок применяют планшайбу (рисунок 9.4). Планшайба представляет собой диск, снабженный ступицей для навинчивания на конец шпинделя; на передней плоскости имеется 4–6 канавок Т-образного профиля и несколько сквозных пазов и отверстий. Заготовки закрепляют на планшайбе планками, прижимаемыми болтами, или болтами, ввернутыми в кулачки (солдатики), которые передвигают рукой и закрепляют в пазах.

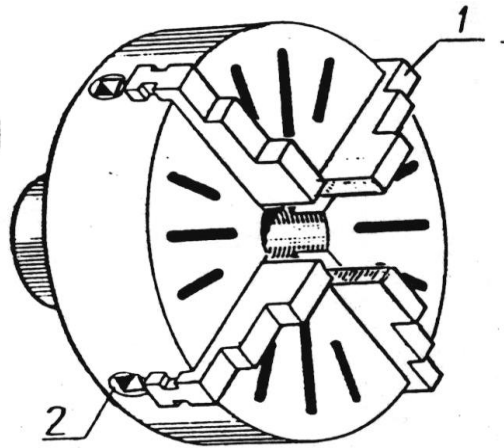


Рисунок 9.3 – Патрон четырёхкулачковый:  
1 – кулачок; 2 – винт

На рисунке 9.4 показано закрепление заготовки 2 на планшайбе при помощи угольников 3 и болтов, с противоположной стороны привёрнут груз-противовес 4.

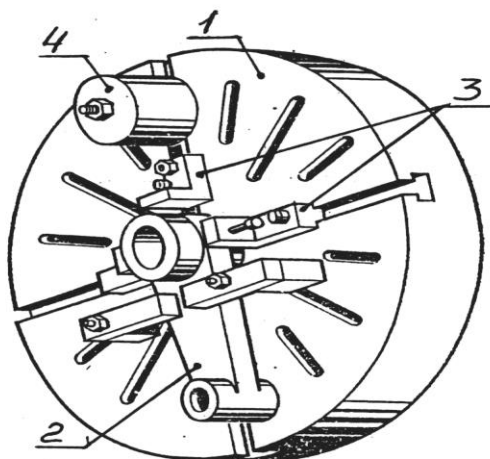


Рисунок 9.4 – Планшайба:  
1 – чугунный диск; 2 – заготовка; 3 – угольники для крепления заготовки; 4 – противовес

### 3.4.2 Люнеты

Люнеты – приспособления для дополнительной поддержки нежестких (длинных и тонких) валов. Люнеты бывают неподвижные (рисунок 9.5) и подвижные (рисунок 9.6).

Неподвижные люнеты устанавливают на направляющих станины станка и закрепляют планкой 5 при помощи болта с гайкой 6.

Верхняя часть 1 неподвижного люнета – откидная, она открывается и закрывается при установке и снятии обрабатываемой заготовки. Неподвижный люнет имеет три кулачка или ролика 2, которые и служат опорой для обрабатываемой заготовки. Степень поджатия кулачков или роликов к обрабатываемой заготовке регулируется винтами 3. После установки кулачков или роликов на нужный размер их закрепляют болтами 4. Прежде чем установить обрабатываемую заготовку в неподвижный люнет, необходимо проточить канавку под кулачки шириной немного больше ширины кулачков люнета. Проточку обычно выполняют посередине заготовки. Вначале обтачивают заготовку до люнета, затем переворачивают заготовку и производят обработку оставшейся части.

Подвижный люнет (рисунок 9.6) крепится на каретке суппорта и во время работы перемещается вдоль обрабатываемой заготовки. Подвижный люнет имеет два кулачка; третьей опорой для заготовки служит сам резец. Кулачки устанавливают по диаметру обтачиваемой заготовки. Максимально возможный диаметр обработки для данного люнета на рисунке показан окружностью.

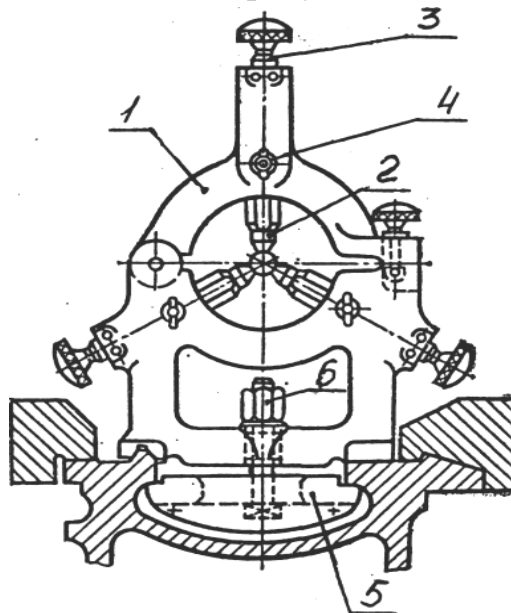


Рисунок 9.5 – Неподвижный люнет:

1 – откидная часть люнета; 2 – кулачок; 3 – винт; 4 – болт фиксации кулачка; 5 – планка; 6 – винт крепления люнета

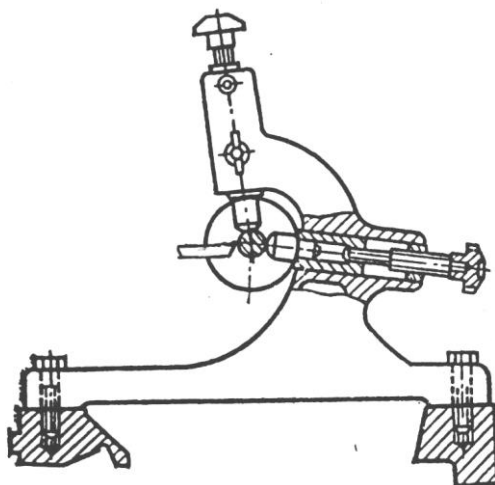


Рисунок 9.6 – Подвижный люнет

### 3.4.3 Оправки. Точение заготовки на оправке

Оправка – приспособление для обработки заготовок, имеющих концентрические отверстия. В процессе работы на токарном станке в оправке приходится обтачивать заготовки, имеющие точно обработанное отверстие, а наружная поверхность заготовки (не обработанная) должна быть концентрична (соосна) обработанному ранее отверстию. В настоящее время разработаны различные конструкции оправок.

На рисунке 9.7 представлена одна из конструкций оправки – цельная цилиндрическая оправка. Обрабатываемая заготовка 1 удерживается от проворачивания трением, которое создается либо на торцах заготовки шайбой 3 и гайкой 4, либо от трения внутренней поверхности обрабатываемой заготовки при посадке последней на оправку с небольшим конусом. Оправка по концам имеет центры (углубления), в которые входят упорный центр 5 и вращающийся центр 6. Для вращения оправки на ней крепится хомутик поводковый 7 с помощью болта 8. Изогнутая часть хомутика поводкового вставляется в прорезь поводкового патрона, который, вращаясь, передает движение заготовке.

### 3.4.4 Центры

Для крепления заготовок, с отношением длины к диаметру более 10 применяют центры различных конструкций. При обтачивании заготовки на высоких скоростях или при больших нагрузках для уменьшения износа используют центры, концы которых оснащены твёрдым сплавом. Однако в подобных случаях лучше применять вращающиеся центры (рисунок 9.8, а).

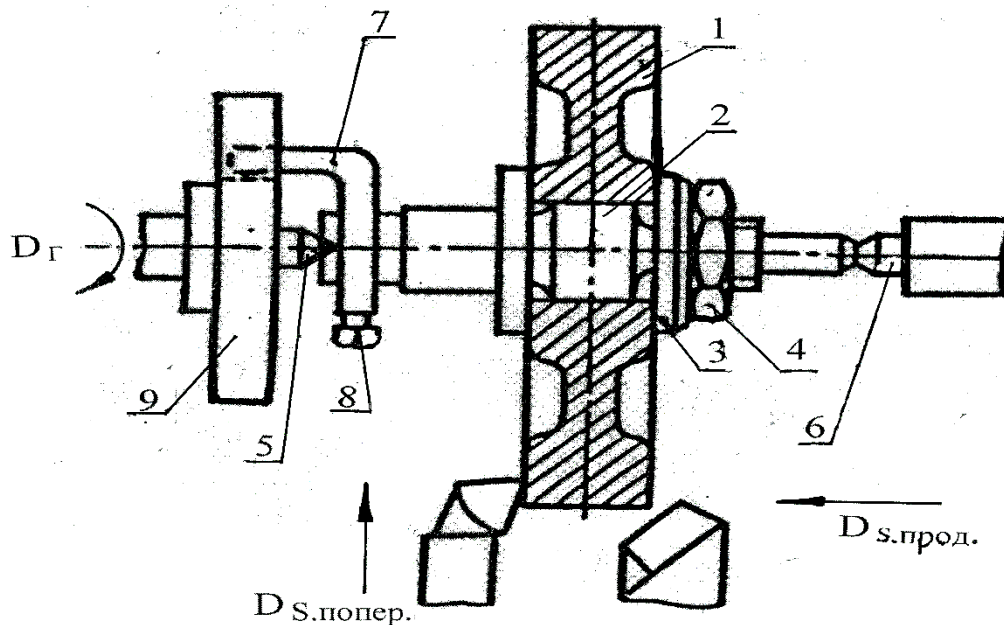


Рисунок 9.7 – Обработка заготовки на оправке:

1 – заготовка; 2 – оправка; 3 – шайба; 4 – гайка; 5 – упорный центр;  
6 – вращающийся центр; 7 – хомутик поводковый; 8 – болт для зажима  
хомутика поводкового; 9 – патрон поводковый

Обратный центр (рисунок 9.8, б) применяется при обработке заготовок малого диаметра.

Центры со сферической рабочей частью (рисунок 9.8, в) применяются при обработке конусов методом смещения задней бабки.

При необходимости подрезки торца заготовки, закрепленной в центрах, применяют срезанный неподвижный центр (рисунок 9.8, г).

Неподвижный упорный центр (рисунок 9.8, д) состоит из корпуса, на который устанавливается обрабатываемая деталь, имеющая на оси специальное коническое отверстие. Упорной центровой конической частью он устанавливается в пиноль задней бабки.

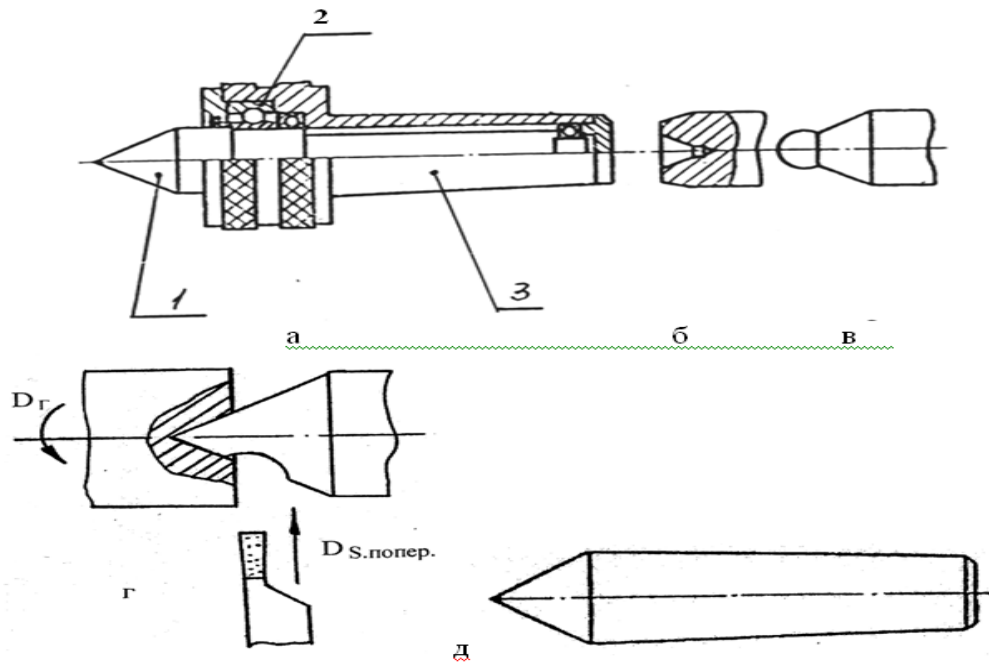


Рисунок 9.8 – Конструкции центров:  
 а – вращающийся центр; 1 – рабочая часть центра; 2 – опора качения;  
 3 – хвостовая часть центра (конус Морзе);  
 б – обратный центр; в – центр со сферической рабочей частью;  
 г – срезанный центр (применяется при торцевании); д – неподвижный центр

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ

- 4.1. Токарно-винторезный станок модели 1К62.
- 4.2. Трёхкулачковый и четырёхкулачковый патроны.
- 4.3. Планшайба.
- 4.4. Прямой и обратный кулачки.
5. Люнеты неподвижный и подвижный.
- 4.6. Хомутики поводковые (для поводковой планшайбы с прорезью; для поводкового патрона с пальцем).
- 4.7. Центры различных конструкций.
- 4.8. Цельная цилиндрическая оправка

#### 6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 6.1. В чем принципиальное отличие токарно-винторезного станка от токарного?



- 6.2. Как крепятся трёхкулачковый и четырёхкулачковый патроны на шпинделе токарного станка?
- 6.3. С помощью какого механизма можно изменить скорость резания?
- 6.4. В чём назначение суппорта токарного станка?
- 6.5. Для чего предназначен фартук токарного станка?
- 6.6. Назначение задней бабки токарного станка.
- 6.7. Какие приспособления служат для расширения технологических возможностей токарно - винторезного станка? Их назначение?
- 6.8. Принцип работы трёхкулачкового патрона.
- 6.9. Принцип работы и назначение четырёхкулачкового патрона.
- 6.10. Принцип работы и назначение планшайбы.
- 6.11. Виды, принцип работы и назначение люнета?
- 6.12. Как точить заготовку на оправке в центрах?

## 7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 7.1. Цель работы.
- 7.2. Расшифровать модель станка 1К62.
- 7.3. Привести перечень работ, выполняемых на токарно-винторезном станке.
- 7.4. Выполнить рисунок блок-схемы токарно-винторезного станка.
- 7.5. Выполнить рисунки основных конструкций патронов, люнетов и центров (по указанию преподавателя).
- 7.6. Дать описание назначения токарно-винторезного станка модели 1К62 и приспособлений, применяемых при токарной обработке.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10** **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ.** **РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков осуществления токарной операции в технологическом процессе, выбора режима резания для обработки заготовки на токарном станке, ознакомиться с типами токарных резцов и основными видами токарных работ.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Ознакомиться с видами обработки на токарно-винторезном станке (точением, растачиванием, отрезанием).
- 2.2. Ознакомиться с рабочими движениями при обработке на токарно - винторезном станке, приспособлениями и типами токарных резцов.
- 2.3. Изучить способы точения конусов.
- 2.4. Ознакомиться с типами токарных резцов.
- 2.5. Изучить основные параметры режимов резания и показать их схематично при наружном точении заготовки ( $t$ ,  $S$ ,  $V$ ,  $n$ ).
- 2.6. Ознакомиться с методикой назначения режимов резания.
- 2.7. Изучить основные формулы расчетов режимов резания.
- 2.8. Рассчитать скорости резания при наружном точении заготовок.
- 2.9. Заполнить таблицу 10.6.
- 2.10. Сравнить фактическую скорость резания при точении заготовки со скоростью резания полученную расчетным путём.

## 3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

### 3.1 Основные сведения о процессе резания на токарном станке

Следует ознакомиться с рядом терминов и понятий, применяемых в науке, технике и производстве при механической обработке резанием.

На станках токарной группы осуществляется операция – точение.

**Точение** – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания и возможностью изменения радиуса его траектории.

**Лезвийная обработка** – обработка резанием, осуществляемая лезвийным инструментом.

**Лезвийный инструмент** – режущий инструмент с заданным числом лезвий установленной формы.

Элементы режимов резания при точении показаны на рисунке 10.1.

**Главное движение резания (ГДР)** – прямолинейное, поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания (обозначение  $D_r$ ), рисунок 10.1.

**Скорость главного движения резания** – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания (обозначение  $V$ ).

**Движение подачи** – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенного для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность (обозначение  $D_s$ ).

**Обрабатываемая поверхность** – поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке. Под обработанной поверхностью по-

нимают поверхность, образованную на заготовке в результате обработки.

**Подача** - отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей этого другого движения (обозначение  $S$ ).

**Скорость движения подачи** – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи (обозначение  $V_s$ ).

**Цикл движения** – полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки. Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

Под ходом понимают движение в одну сторону при возвратно-поступательном движении.

**Подача на оборот** – подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки (обозначение  $S_o$ ).

**Подача на ход** – подача, соответствующая одному ходу заготовки или инструмента (обозначение  $S_x$ ).

**Режим резания** – совокупность значений скорости резания, подачи, скорости движения подачи и глубины резания.

**Инструмент режущий** – инструмент для обработки резанием

### 3.2 Режимы резания

Для обработки заготовки необходимо установить наиболее рациональные режимы резания.

Частота вращения шпинделя токарного станка имеет ступенчатое регулирование, поэтому при назначении режима резания, для станка конкретной модели требуется найти ближайшую частоту вращения шпинделя, максимально соответствующую скорости резания.

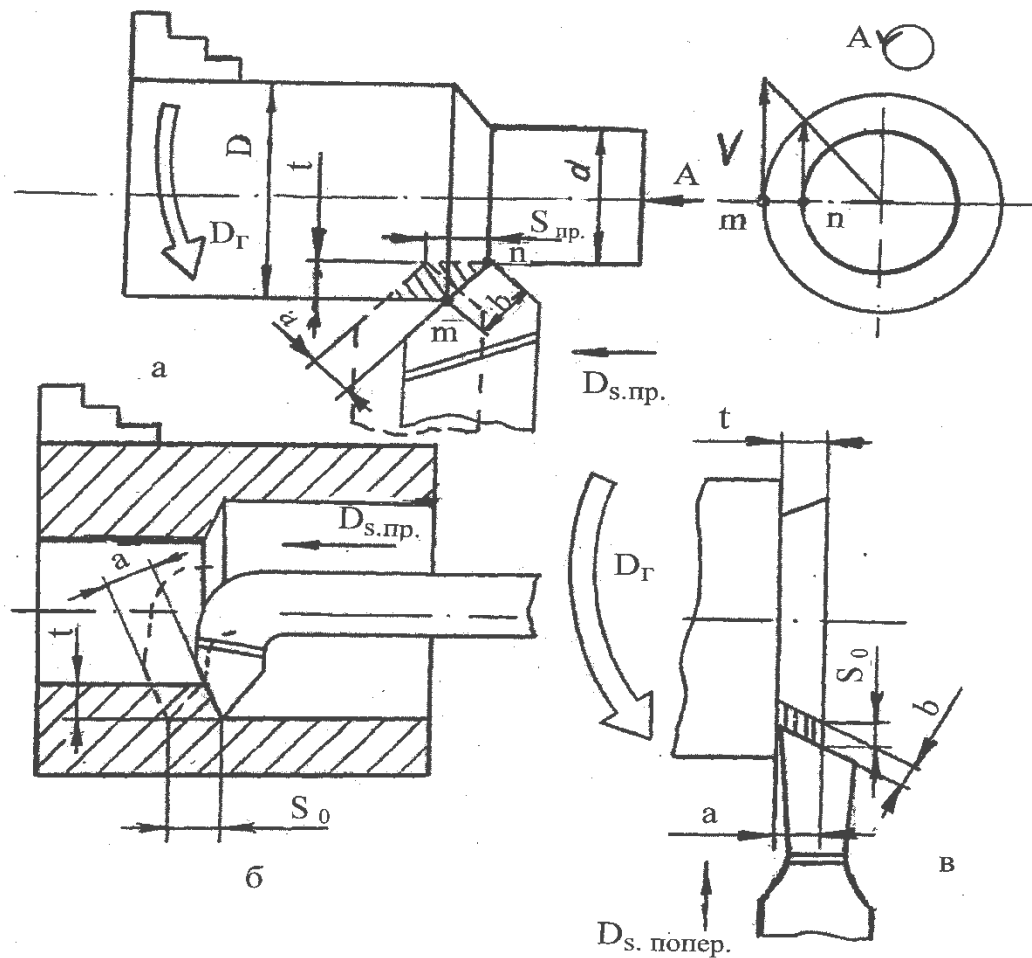


Рисунок 10.1 – Элементы режима резания при точении:

а – наружное точение; б – растачивание; в – подрезание;  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности;  $d$  – диаметр обработанной поверхности;  $D_s$  – направление движения подачи;  $D_r$  – главное движение резания;  $V$  – направление скорости главного движения резания;  $S_0$  – подача на оборот заготовки;  $a$  – толщина стружки;  $b$  – ширина стружки;  $t$  – глубина резания

Для перевода найденной скорости резания (м/мин) в частоту вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) шпинделя станка пользуются следующей формулой:

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D \quad (10.1.)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;  $D$  – диаметр заготовки в месте обработки, мм.

При продольном точении скорость резания имеет постоянную величину на протяжении всего времени резания. При подрезке торца, когда резец движется от периферии заготовки к центру, скорость резания переменна и равна нулю в центре заготовки (на оси вращения).

Между подачей на оборот и минутной подачей, мм/мин, т.е. перемещением за одну минуту имеется зависимость:

$$S = S_0 \cdot n \quad (10.2)$$

где  $S_0$  – подача на оборот.

Глубина резания  $t$ , мм, определяется толщиной снимаемого слоя металла, измеренной по перпендикуляру к обработанной поверхности заготовки, за один рабочий ход инструмента относительно обрабатываемой поверхности:

$$t = (D - d) / 2 \quad (10.3)$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  $d$  – диаметр обработанной поверхности, мм.

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части материал, состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

При этом режимы резания назначаются:

- глубина резания  $t$ , при черновой обработке назначается равной всему припуску или большей части его; при чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности;

- подача  $S$ , при черновой обработке значительно выше чем при чистовой обработке и при этом учитывается глубина резания, тип резца, его вылет, размеры державки, жёсткость всей системы. При чистовой обработке подача назначается в зависимости от условия точности, и шероховатости поверхности, окончательно принимается по паспорту станка (таблица 10.2);

- скорость резания рассчитывается по эмпирическим формулам или назначается по таблицам для каждого вида обработки;

- частота вращения шпинделя  $n^{-1}$  при черновой обработке значительно ниже чем при чистовой обработке и назначается в зависимости от расчетной скорости резания, диаметра обрабатываемой поверхности и принимается по паспорту станка (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Табличные данные частоты вращения шпинделя станка модели 1К62 (мин<sup>-1</sup>).

12,5	50	200	630
16	63	250	800
20	80	315	1000

25	100	400	1250
31,5	125	500	1600
40	160	630	2000

Таблица 10.2 – Табличные данные продольной подачи станка модели 1К62 (мм/об). (Подача поперечная = 0,5 от продольной)

2,08	1,9	1,74	1,56	1,4	1,21	1,14
1,04	0,95	0,87	0,78	0,7	0,61	0,57
4,16	3,8	3,48	3,12	2,8	2,42	2,28
0,26	0,23	0,21	0,195	0,17	0,15	0,14
0,52	0,47	0,43	0,39	0,34	0,30	0,18
0,13	0,12	0,11	0,097	0,084	0,074	0,07

При черновом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предыдущем. При чистовой обработке при параметре шероховатости  $Ra=3,2$  мкм включительно  $t=0,5 - 2,0$  мм при  $Ra \geq 0,8$  мкм,  $t=0,1 - 0,4$  мкм.

Рекомендуется подачи при черновом точении назначать максимальной (значение подачи приведены в таблице 10.3).

Подача при чистовом точении принимается в зависимости от шероховатости с учётом радиуса резца при вершине значения которой приведены в таблице 10.4.

Таблица 10.3 Поддачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава

Диаметр заготовки мм	Размеры державки резца, мм	Сталь конструкционная			
		Подача S мм/об при глубине резания t мм			
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 8	св. 8 до 12
До 20	16 x 25	0,3 – 0,4	–	–	–
св.20 до 40	16 x 25	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4	–	–

Диаметр заготовки мм	Размеры державки резца, мм	Сталь конструкционная			
		Подача S мм/об при глубине резания t мм			
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 8	св. 8 до 12
св. 40 до 60	16 x 25	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7	–
св. 60 до 100	16 x 25	0,6–1,2	0,5–0,9	0,4–0,8	–
св. 100 до 400	16 x 25	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5 – 0,9

\* – меньшее значение назначать для менее твёрдой марки стали

Таблица 10.4 – Подачи при чистовом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава в зависимости от шероховатости и радиуса при вершине резца

Параметр шероховатости поверхности, мкм	Подача S мм/об			
	Радиус при вершине резца r, мм			
	0,4	0,8	1,2	1,6
0,63	0,07	0,1	0,12	0,14
1,25	0,1	0,13	0,165	0,19
2,5	0,144	0,2	0,246	0,29

Скорость резания при наружном точении рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} S^{y_v}} \cdot K_v \quad (10.4)$$

где T – период стойкости инструмента (принимается 90 мин); K<sub>v</sub> – поправочный коэффициент на скорость резания (принимается 0,8).

Показатель C<sub>v</sub> и показатели степени принимаются по таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Значение коэффициентов при продольном точении

Материал режущей части резца	Характеристика подачи S мм/об	Коэффициент и показатели степени			
		CV	x	y	m
Твёрдый сплав T15K6	S до 0,3	420	0,15	0,2	0,2
	Свыше 0,3 до 0,7	350		0,35	
	S > 0,7	340		0,45	

Результаты точения заготовки под руководством мастера занести в таблицу 10.6 и рассчитать скорость резания фактическую по формуле 10.1 и скорость резания расчётную по эмпирической формуле 10.4.

Таблица 10.6 – Основные режимы резания при продольном точении

Режимы резания при продольном точении	t мм	S мм/об	n мин <sup>-1</sup>	Vф м/мин	Vрасч. м/мин

### 3.3 Работы, выполняемые на токарно-винторезном станке

На токарно-винторезном станке обрабатывают преимущественно поверхности тел вращения. Обработку гладких и ступенчатых цилиндрических и конических валов производят в патроне с поджимом в центрах или при закреплении заготовок в центрах. При этом вал должен быть предварительно зацентрирован центровочным сверлом. Так как передача вращения на заготовку производится с помощью хомутика поводкового, закрепляемого на заготовке, то в начале процесса обрабатывают одну половину заготовки, а затем заготовку переворачивают и обрабатывают её вторую часть.

Подрезание торцевых поверхностей, обтачивание галтелей (скругленных переходов между ступенями разных диаметров), точение канавок и отрезку заготовки выполняют с поперечной подачей.

При обработке отверстий заготовки закрепляют в патронах, длинные заготовки (отношение длины заготовки к её диаметру более 10) дополнительно поддерживают люнетами.

Свёрла, зенкеры, развёртки, а также метчики закрепляют в пиноли задней бабки. Конические поверхности обрабатывают способами, приведёнными на рисунке 10.2.



Наружные неширокие конические поверхности, в том числе и фаски, обрабатывают широким резцом (рисунок 10.2, а). Резец перемещают с продольной или поперечной подачей. Максимальная ширина конуса не более 20 мм и определяется шириной резца. Обработку наружных и внутренних конусов с большим углом уклона и шириной более 20 мм производят за счёт поворота верхней части суппорта - салазок (рисунок 10.2,б).

Длинные конические поверхности с малым углом конусности обрабатывают способом поперечного смещения центра задней бабки (рисунок 10.2,в).

При этом величина смещения центра задней бабки рассчитывается по формуле:

$$h = L \cdot (D - d) / 2 \cdot l, \quad (10.4)$$

$$h = l \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (10.5)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;  $l$  – длина конической части, мм;  $D$  – больший диаметр конуса, мм;  $d$  – меньший диаметр конуса, мм;  $\alpha$  – угол уклона конуса, град.

В серийном производстве для обработки длинных конусов с углом уклона 10–12° широко применяют обработку с помощью копировальной линейки (рисунок 10.2, г), закреплённой на станине станка. Для свободного перемещения поперечного суппорта по направляющим необходимо отсоединить винт поперечной подачи.

Конические отверстия получают в результате сверления и дальнейшего растачивания. Обработку внутренних конусов можно производить всеми вышеуказанными способами, кроме метода смещения задней бабки.

Обработка фасонных поверхностей малой длины производится фасонными резцами с поперечной подачей, а длинных поверхностей - с помощью копировальной линейки или специальных копировальных устройств.

Нарезание резьбы резцами является одним из сложных видов работ, выполняемых на токарно - винторезных станках.

На токарном станке из-за отсутствия ходового винта резьбу нарезать резцом нельзя. Профиль резьбы обеспечивается соответствующей заточкой режущего инструмента, а шаг- настройкой кинематических цепей станка. При настройке необходимо так согласовать скорости главного движения и подачи, чтобы за один оборот заготовки резец перемещался в продольном направлении на величину шага нарезаемой резьбы. Для нарезания большинства стандартных резьб настройку станка производят установкой рукояток коробок подач в заданном положении. Если требуется нарезать резьбу с нестандартным шагом

или резьбу повышенной точности, то используют гитару станка с соответствующим расчётом сменных зубчатых колёс.

### 3.4 Типы токарных резцов, область их применения

Разнообразие работ, выполняемых на станках токарной группы, обуславливает разнообразие применяемых типов токарных резцов. Любой резец состоит из режущей части и державки, за которую осуществляется закрепление режущего инструмента. В зависимости от формы головки резца и её положения относительно державки резцы разделяют на правые 2 и левые 1, прямые 4, 6, 7, 8 отогнутые 9, 10 и резцы с оттянутой головкой 3, 5, рисунок 10.3.

По назначению резцы подразделяют на проходные 7, 8, 9, 11, применяемые при обработке с продольной подачей наружных поверхностей тел вращения, подрезные 12, используемые для обработки торцовых поверхностей с поперечной подачей, отрезные 3, 5, предназначенные для разрезания или отрезания готовой детали от заготовки.

Если отрезной резец при своем перемещении не доводят до оси, то на заготовке образуется канавка.

Расточной резец 13, применяют для растачивания в заготовке сквозных отверстий, а резец 14 – глухих отверстий.

В качестве одной из разновидностей фасонных резцов можно назвать резьбовые резцы для нарезания наружной 10 и внутренней резьбы 15.

В зависимости от требований параметров шероховатости обрабатываемой поверхности, резцы подразделяют на черновые и чистовые. Чистовые резцы могут иметь большой радиус закругления вершины резца 7, зачистную режущую кромку или широкое режущее лезвие 8.

Фасонные резцы 16 имеют специально спрофилированную режущую кромку, профиль которой копируется на обрабатываемой заготовке.

Большое распространение получили резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинами (МНП) 17. После затупления кромки пластина поворачивается следующей гранью, а после затупления всех кромок направляются в переработку.

В качестве одной из разновидностей фасонных резцов можно назвать резьбовые резцы для нарезания наружной 10 и внутренней резьбы 15.

В настоящее время 80–85 % всех резцов оснащены пластинами из твердых сплавов. Конструктивно эти резцы выполняются по-разному: с пластинками, напаянными на державку; с механическим креплением пластинок; с удержанием пластинок силами резания; с механическим креплением режущих вставок; с наплавленными пластинками и т. д.

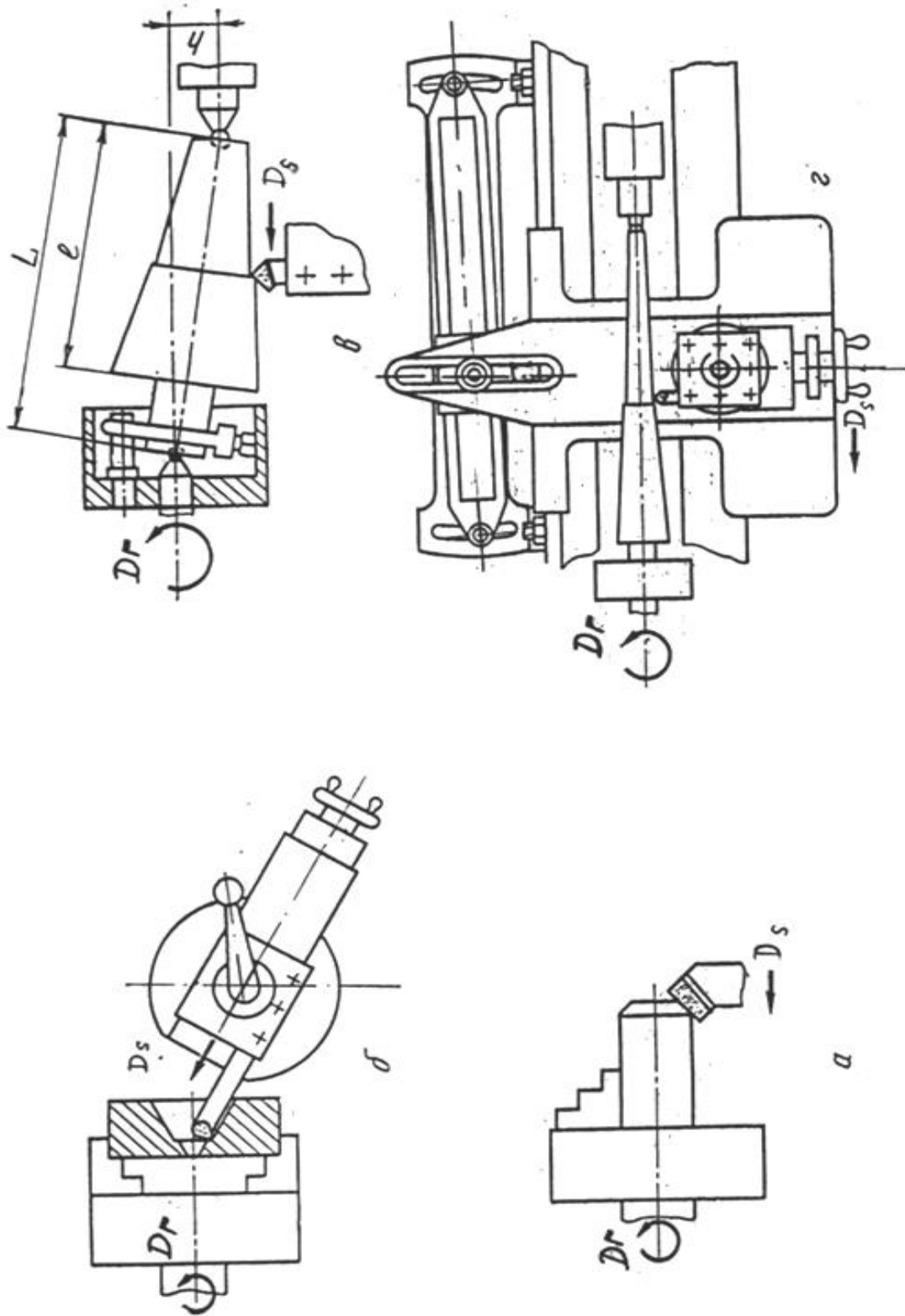


Рисунок 10.2 - Способы точения конусов: а - широким резцом; б - поворотом верхней части суппорта-салазок; в - поперечным смещением центра задней бабки; г - с копировальной линейкой.

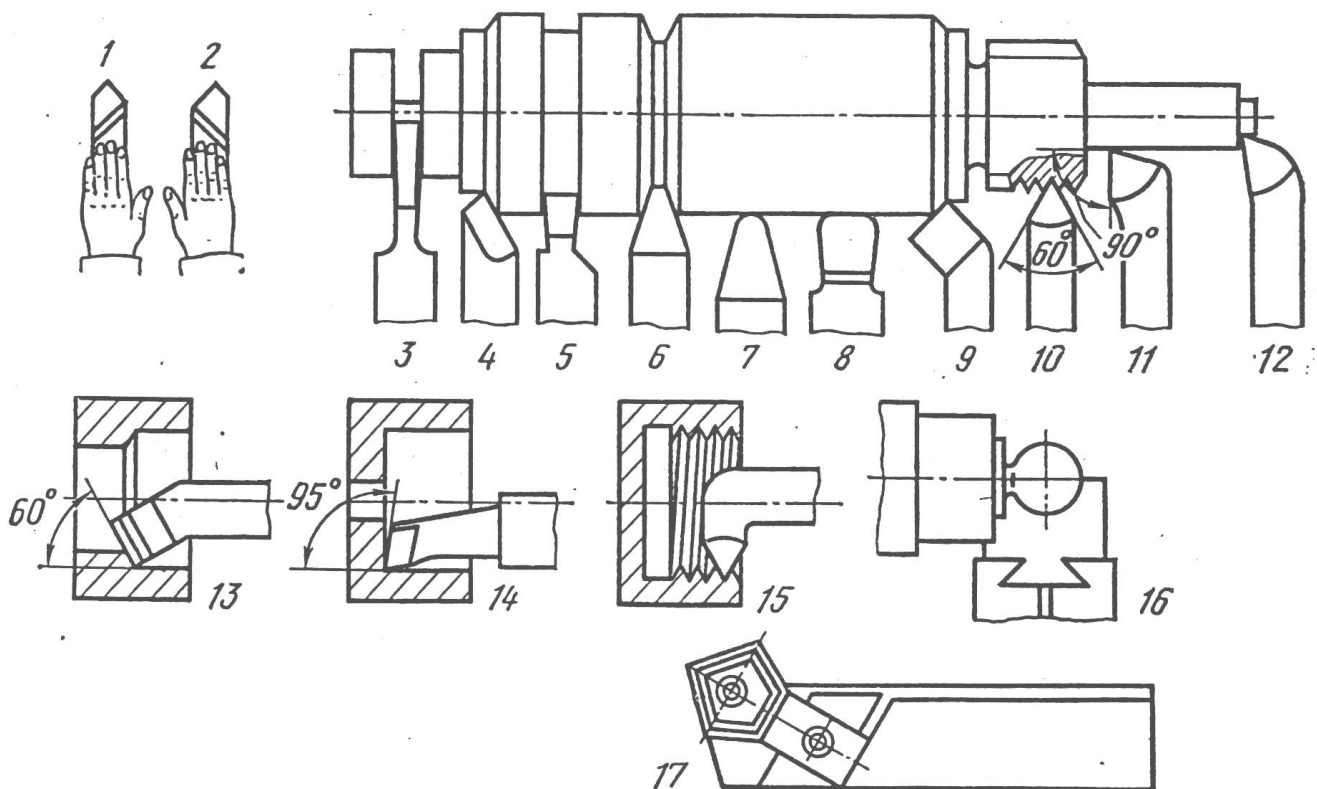


Рисунок 10.3 – Типы токарных резцов, область их применения:  
 1 – левый резец; 2 – правый резец; 3 – отрезной резец (с оттянутой головкой);  
 4 – проходной левый резец; 5 – канавочный резец (с оттянутой головкой);  
 6 – канавочный резец (для прорезания канавок под сальниковые кольца);  
 7,8 – проходные чистовые резцы; 9 – проходной черновой отогнутый правый  
 резец; 10 – резец для нарезания наружной резьбы; 11 – проходной упорный  
 резец; 12 – подрезной резец; 13 – расточной резец для обработки сквозных  
 отверстий; 14 – расточной резец для обработки глухих и ступенчатых отверстий;  
 15 – резец для нарезания внутренней резьбы; 16 – фасонный резец;  
 17 – проходной резец со сменной многогранной пластиной (механическим  
 креплением пластины)

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

4.1. Токарно-винторезный станок модели 1К62.

4.2. Токарные резцы (проходной, расточной, отрезной, чистовой и др.).

4.3. Заготовки для наружного точения и растачивания отверстия.

4.4. Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166-89.

## 5 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

5.1. Ознакомиться с видами обработки и рабочими движениями при работе на токарно-винторезном станке.

5.2. Изучить основные узлы токарно-винторезного станка.

5.3. Ознакомиться с режущим инструментом и приспособлениями.

5.4. Ознакомиться с точением в центрах, точением конуса со смещением задней бабки.

5.5. Заполнить таблицу 10.6.

5.6. Составить отчёт по работе.

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

6.1. Указать цель работы.

6.2. Описать перечень работ, выполняемых на токарно-винторезном станке.

6.3. Привести схему точения с указанием рабочих движений и указать их размерность (рисунок 10.1, а).

6.4. Выбрать по таблицам основные режимы резания и рассчитать скорости резания при точении наружной поверхности заготовки на станке модели 1К62.

6.5. Заполнить таблицу 10.6.

6.6. Сравнить результаты фактической скорости резания с расчетной

## 7 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

7.1. С помощью какого механизма можно изменить скорость резания?

7.2. Изобразите элементы режима резания при точении наружной поверхности, расточке, подрезании торцов.

7.3. Изобразите основные типы токарных резцов.

7.4. Назовите способы точения конусов.

7.5. Какие параметры необходимо знать для определения смещения при точении конуса со смещением задней бабки?

7.6. Как производят обработку конусных поверхностей с помощью копировальной линейки?

7.7. Как определяется глубина резания, частота вращения шпинделя, скорость резания, величина подачи при точении?

7.8. Чем руководствуются при назначении режимов резания

7.9. Перечислите способы нарезания резьбы на токарно - винторезном станке.

7.10. Какие приспособления служат для расширения технологических возможностей токарно-винторезного станка?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11**

### **ФРЕЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА**

#### **1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Получение практических умений и навыков работы устройства консольного вертикально-фрезерного станка, ознакомиться с приспособлениями и основными видами фрезерных станков.

#### **2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с работой вертикально фрезерного станка, горизонтально фрезерного станка и настольного фрезерного станка с числовым программным управлением.

2.2. Изучить универсальные фрезерные станки в лаборатории кафедры.

2.3. Ознакомиться с рабочими движениями фрезерных станков.

2.4. Ознакомиться с конструкцией и работой приспособлений для закрепления заготовок.

#### **3 СВЕДЕНИЯ ПО ОБОРУДОВАНИЮ И ОСНАСТКЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ**

3.1 Основные сведения о процессе резания при фрезеровании

Фрезерование – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории, сообщенным инструменту, и

хотя бы одним движением подачи, направленным перпендикулярно оси главного движения резания.

Инструмент при этом совершает вращательное движение (со скоростью резания –  $V$ ), а обрабатываемая заготовка – поступательное (со скоростью подачи –  $V_s$ ). При фрезеровании образуется прерывистая стружка переменного сечения.

### 3.2 Общие сведения о фрезерных станках

Среди фрезерных станков наибольшее распространение получили вертикально и горизонтально фрезерные станки. На фрезерных станках преимущественно ведётся обработка плоских поверхностей, а также поверхностей сложной формы, нарезание резьбы и зубьев зубчатых колес.

Универсальные вертикально фрезерные и горизонтально фрезерные станки широко используют в единичном, мелкосерийном производстве, при ремонте машин, в экспериментальных цехах заводов, на базовых предприятиях сельхозтехники, в учебных и передвижных мастерских.

Фрезерные станки характеризуются широкими технологическими возможностями и служат для черновой и чистовой обработки различных поверхностей. В крупносерийном и массовом производствах вместо универсальных станков применяют широкоуниверсальные копировально-фрезерные станки, фрезерные станки с числовым программным управлением.

### 3.3 Оборудование универсального консольного вертикально-фрезерного станка

Размеры фрезерных станков колеблются в широком диапазоне: от настольных – для обработки мелких заготовок, до тяжелых – для обработки заготовок массой в несколько десятков тонн. Основными показателями у вертикально фрезерных станков являются размеры рабочего стола его перемещение, частота вращения шпинделя, число скоростей подачи, мощность электродвигателя, масса.

На рисунке 11.1 приведён общий вид фрезерного станка, который является типовым для станков фрезерной группы.

В обозначении модели фрезерных станков к примеру 6А12П первая цифра 6 указывает на принадлежность станка к станкам фрезерной группы; буква А указывает что станок относится к группе вертикально фрезерных станков цифра 1 – что станок относится к вертикально фрезерным, 2 – на произведенную

модернизацию станка; буква П указывает, что станок является станком повышенной точности.

Главным движением резания при фрезеровании является вращение инструмента, вспомогательным – движение подачи заготовки.

На рисунке 11.1 показан внешний вид вертикального консольно-фрезерного станка 6А12П. Станок имеет механизмы управления автоматическим циклом работы станка. Основным узлом станка является станина 2, служащая для размещения всех узлов и механизмов станка, она жёстко крепится на основании 15 и фиксируется штифтами. В верхней части станины размещена коробка скоростей шпинделя 5, предназначенная для передачи вращения от электродвигателя 3 шпинделя станка и изменения частоты вращения последнего в соответствии с требуемой скоростью главного движения резания. Частота вращения шпинделя изменяется коробкой переключения скоростей 4, путём переключения подвижных зубчатых колёс и блоков колёс. Шпиндель расположен вертикально в поворотной головке 6, которая может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол  $0-45^\circ$  в обе стороны. Шпиндель служит для вращения режущего инструмента.

Передний конец шпинделя имеет внутренний конус, в который вставляется конический хвостовик фрезы или её оправки. На головке расположены рукоятка зажима шпинделя 7 и маховик выдвижения шпинделя 8.

Стол 9 по направляющим салазок перемещается в продольном направлении. На столе закрепляют заготовки, используя зажимные, делительные и другие приспособления. Для этой цели рабочая поверхность стола имеет продольные Т-образные пазы. Перемещения стола, салазок 10 и консоли 13 сообщают заготовке продольную  $S_{\text{пр}}$ , поперечную  $S_{\text{п}}$  и вертикальную подачи  $S_{\text{в}}$  по отношению к фрезе, установленной на шпинделе. Привод последних может осуществляться от электродвигателя через коробку передач и вручную, путём вращения маховиков 1, 11, 12 и рукоятки 14. Для закрепления фрезы в вертикально фрезерном станке в шпинделе имеется отверстие в котором размещается шомпол. Консоль 13 представляет собой жесткую чугунную отливку, установленную на вертикальных направляющих станины. Снизу она поддерживается стойкой 17, в которую вставлен телескопический винт подъёма и опускания консоли. На консоли имеются горизонтальные направляющие для салазок 10, которые являются промежуточным звеном между консолью и столом станка. Включение и выключение станка производится кнопочной станцией.

### 3.4 Приспособления для фрезерных станков



Установленная на фрезерный станок заготовка должна быть надежно закреплена в определенном положении по отношению к фрезе. От установки заготовки зависит прежде всего точность формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей. В простейшем случае заготовку закрепляют непосредственно на столе станка с помощью различных приспособлений. Это возможно в том случае, если она имеет хорошую опорную поверхность, которая должна плотно соприкасаться с плоскостью стола. Универсальные приспособления для закрепления заготовок (тиски, прихваты, угловые плиты, призмы, и др.) применяя главным образом в единичном и мелкосерийном производствах.

На рисунок 11.2 показаны приспособления различных типов, которые используются для закрепления непосредственно на столе станка заготовок сложной формы или больших размеров.

Для расширения технологических возможностей универсальных фрезерных станков используется приспособления универсальные делительные головки различных видов, которые позволяют выполнять различные фрезерные операции связанных с периодическим поворотом заготовки при нарезании шлицевых валов, различных пазов, зубьев, по методу копирования, непрерывного вращения заготовок при выполнении винтовых канавок, а также для фрезерования архимедовых спиралей на плоских кулачках.

Общий вид делительной головки УДГМ-160 позволяющей работать с заготовками до 320 мм показан на рисунке 11.3.

Делительная головка состоит из основания 2 и корпуса 1. Корпус может поворачиваться в вертикальной плоскости от  $-10^0$  до  $+90^0$  и закрепляется гайками 3. Делительная головка крепится к столу фрезерного стола двумя болтами 4, головки которых входят в Т-образный паз стола, а через шпонки-сухари 5 обеспечивается точная установка ее по оси станка. Шпиндель 6 смонтирован в коническом отверстии корпуса (подшипник скольжения), на нем закреплено червячное колесо сцепляющееся с однозаходным червяком. Червяк можно вывести из зацепления с колесом рукояткой 7. На конце шпинделя закреплен патрон 8 для базирования и передачи вращения заготовки. Оба конца шпинделя выполнены с коническими отверстиями (для центра и оси, используемой при дифференциальном делении). Шпиндель поворачивают рукояткой 9 с фиксатором через цилиндрическую передачу колес и через червячную пару.

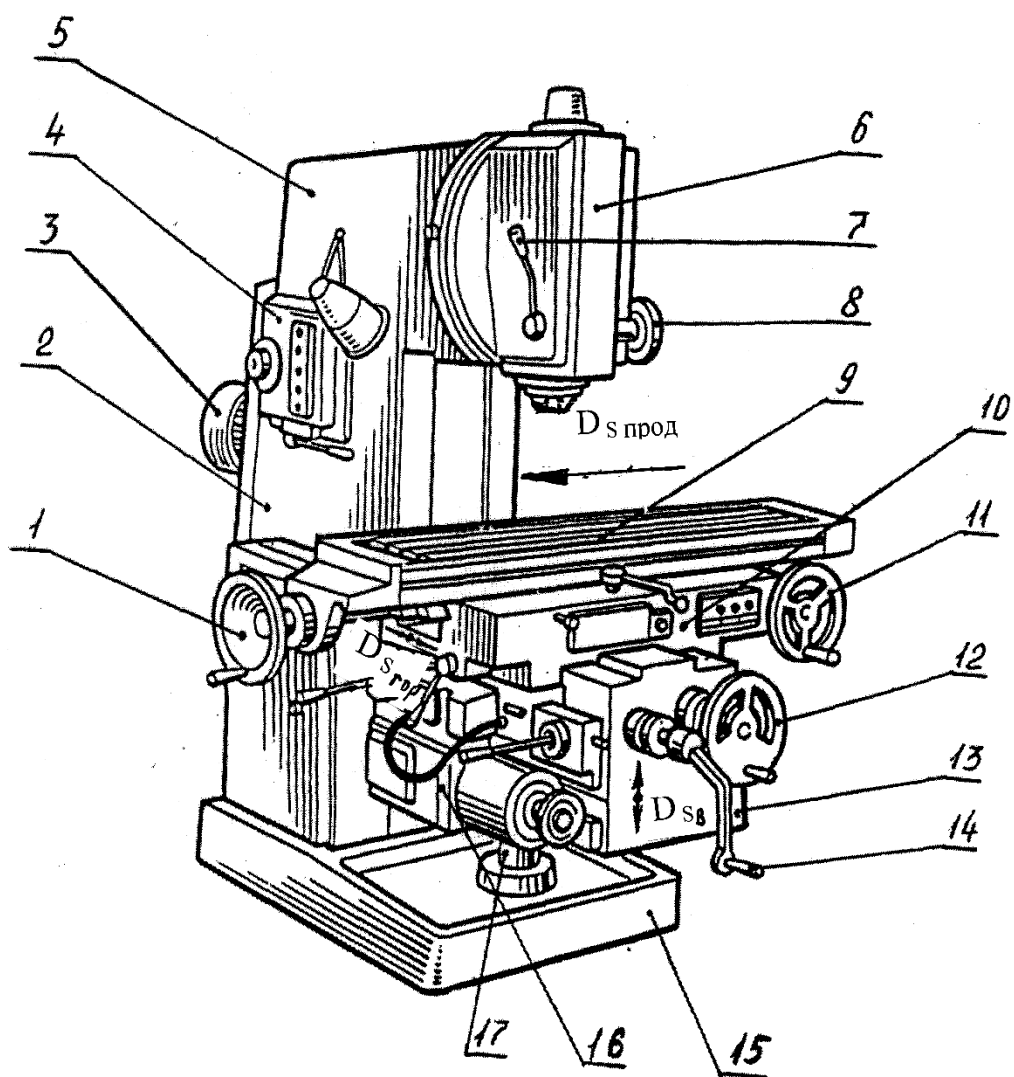


Рисунок 11.1 – Консольный универсальный вертикально-фрезерный станок:

- 1 – маховик ручного продольного перемещения стола; 2 – станина;
- 3 – электродвигатель шпинделя поворотной головки; 4 – коробка переключений;
- 5 – коробка скоростей шпинделя (в корпусе станины); 6 – поворотная головка;
- 7 – зажим гильзы шпинделя; 8 – маховик выдвигания гильзы шпинделя;
- 9 – стол; 10 – салазки поперечного перемещения стола; 11, 12 – маховик продольного и поперечного перемещения стола; 13 – консоль; 14 – рукоятка ручного вертикального перемещения стола; 15 – основание; 16 – коробка подач; 17 – стойка

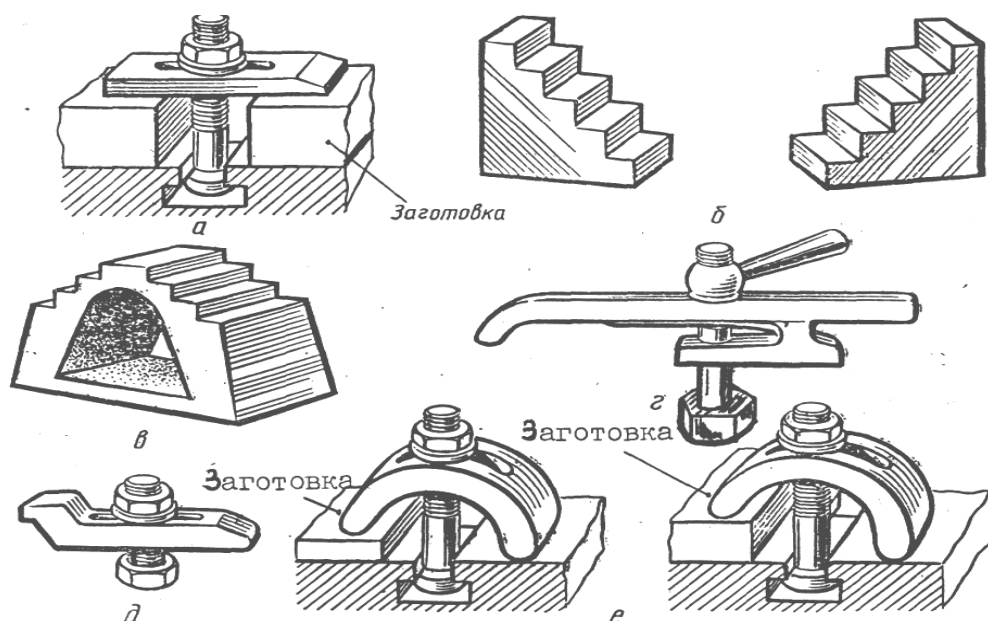


Рисунок 11.2 – Приспособления для фрезерной операции:  
 а – закрепление плиточным прихватом с использованием подкладки;  
 б, в – ступенчатые подставки; г – вилкообразный прихват; д – универсальный прихват; е – закрепление корытообразными прихватами без подкладок

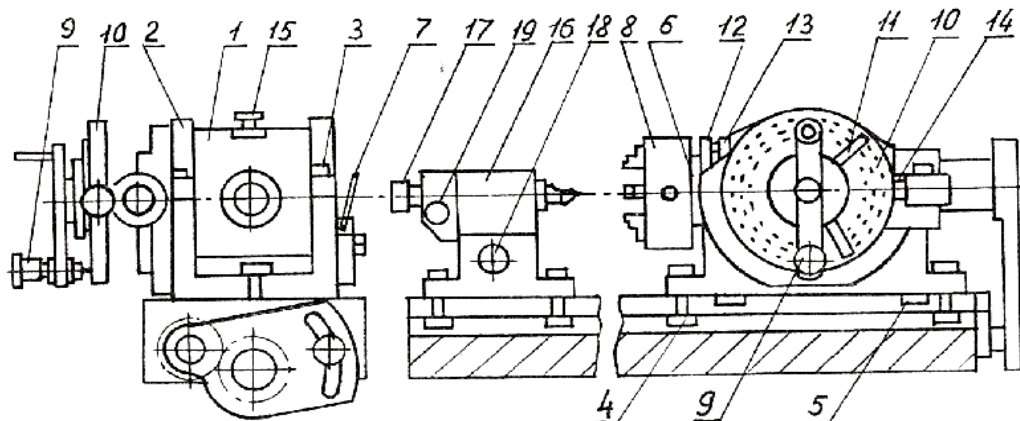


Рисунок 11.3 – Общий вид универсальной делительной головке УДГМ-160

Контроль за величиной поворота шпинделя производится с помощью делительного диска 10 (рисунок 11.3). Для быстрого отсчета требуемого числа отверстий на диске применен раздвижной сектор 11. Для непосредственного деления имеется диск 12 с фиксатором 13. При простом делении делительный диск 10 фиксируется защелкой 14, и после поворота шпинделя производят его зажим рукояткой 15. Задняя бабка 16 предназначена для поддержания второго конца заготовки или оправки и выполнена так, что позволяет с помощью

рукояток 17 и 18 перемещать пиноль с центром в продольном и вертикальном направлении. Пиноль зажимается рукояткой 19.

### 3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить виды обрабатываемых поверхностей и рабочие движения при обработке заготовок на фрезерном станке.
- 3.2. Изучить универсальные фрезерные станки кафедры.
- 3.3. Изучить основные узлы вертикального фрезерного станка.
- 3.4. Ознакомиться с работой приспособлений для фрезерования.
- 3.5. Составить отчёт по работе.

### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

- 4.1. Вертикально-фрезерный станок модели 6А12П.
- 4.2. Приспособления и оснастка для закрепления заготовок на столе фрезерного станка.
- 4.3. Машинные тиски с ручным зажимом.
- 4.4. Универсальная делительная головка УДГМ-160.

### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. В чём заключается процесс фрезерования?
- 5.2. Какое движение при фрезеровании является главным?
- 5.3. Какие подачи может осуществить заготовка на вертикально-фрезерном станке?
- 5.4. Перечислите основные узлы вертикально-фрезерного станка.
- 5.5. Назначение делительной головки.
- 5.6. Какие приспособления применяются при работе на фрезерных станках?
- 5.7. С помощью каких приспособлений закрепляется заготовка на столе фрезерного станка?
- 5.8. С какой целью в столах фрезерных станков делают Т-образные пазы?
- 5.9. Какие фрезерные станки применяются в промышленности?

### 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Указать цель работы.

- 6.2. Указать маркировку фрезерного станка.
- 6.3. Привести перечень работ, выполняемых на фрезерном станке.
- 6.4. Выполнить эскиз блок-схемы вертикально-фрезерного станка.
- 6.5. Выполнить эскизы приспособлений.
- 6.6. Описать работу вертикально-фрезерного станка.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

#### **1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Получение практических умений и навыков обработки на фрезерных станках, выбора и расчета режимов резания при фрезеровании, ознакомиться с типами фрез и основными видами фрезерных работ.

#### **2 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ**

##### **2.1 Основные виды фрезерования**

Фрезерование – лезвийная обработка с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории, сообщаемым инструменту, и хотя бы одним движением подачи, направленным перпендикулярно оси главного движения резания.

Фрезерование поверхностей заключается в снятии стружки вращающимися многолезвийными инструментами – фрезами, режущие зубья которых находятся в прерывистом контакте с обрабатываемым материалом.

Различают следующие основные виды фрезерования:

- 1) периферийное цилиндрическими, дисковыми и концевыми фрезами;
- 2) торцовое фрезерование торцовыми, дисковыми и концевыми фрезами, фрезерными головками;
- 3) круговое фрезерование концевыми и торцовыми фрезами;
- 4) охватывающее фрезерование дисковыми, торцовыми и концевыми фрезами;
- 5) встречное фрезерование дисковыми, концевыми и торцовыми фрезами;
- 6) попутное фрезерование концевыми и торцовыми дисковыми фрезами;

При цилиндрическом фрезеровании ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности; работа осуществляется зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы. При торцовом фрезеровании ось фрезы перпендикулярна к обрабатываемой поверхности; в работе участвуют зубья, расположенные как на торцевой, так и на цилиндрической поверхности фрезы.

Различают способы и методы фрезерования: фрезерование встречное, когда направление подачи  $D_s$  противоположно направлению вращения фрезы (рисунок 12.1, а), и попутное фрезерование (рисунок 12.1, б), когда направление подачи  $D_s$  совпадает с направлением вращения фрезы.

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб фрезы увеличивается постепенно, резание начинается в нижней точке и заканчивается на поверхности заготовки с наибольшей толщиной «амах» срезаемого слоя, при этом наблюдается вибрация заготовки.

При попутном фрезеровании зуб начинает резание со слоя наибольшей толщины «амах» срезаемого слоя, поэтому в момент входа зуба в контакт с обрабатываемой заготовкой наблюдается явление удара.

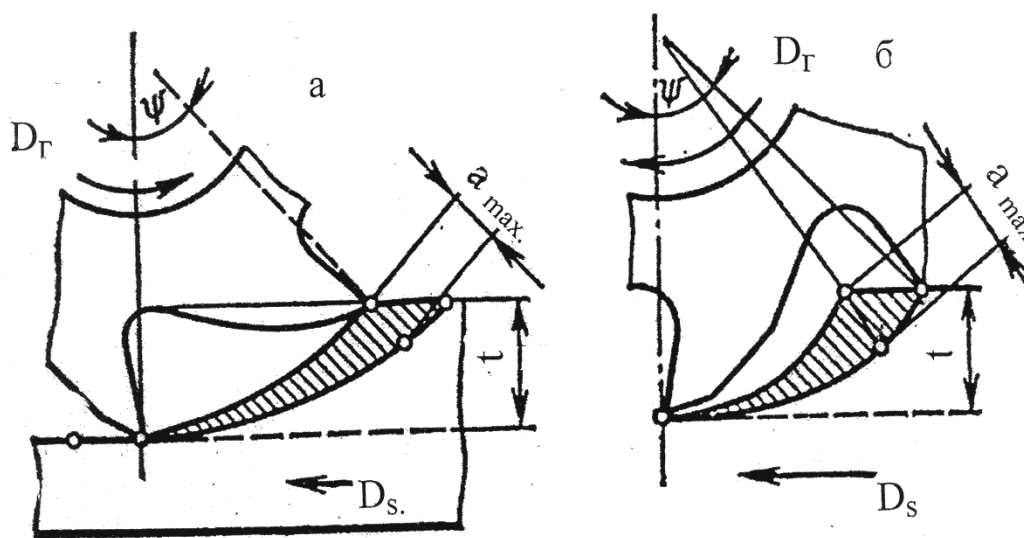


Рисунок 12.1 – Схема фрезерования плоскостей:

а – встречное фрезерование; б – попутное фрезерование;  $\Psi$  – угол контакта фрезы с заготовкой;  $D_r$  – главное движение резания;  $a_{max}$  – толщина среза;  $t$  – глубина резания;  $D_s$  – движение подачи

## 2.2 Элементы режимов резания при фрезеровании

Главное движение резания при фрезеровании – вращательное движение фрезы. Скорость резания ( $V$  м/мин), при фрезеровании определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n}{1000} \quad (12.1)$$

где  $D_{\phi}$  – диаметр фрезы в месте определения скорости резания, мм;  
 $n$  – частота вращения фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ .

Подача при фрезеровании:  $S_z$  – на зуб, мм/зуб – величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой или фрезы за время поворота ее на один зуб. Обратная подача  $S_0$ , мм/об – величина перемещения стола с обрабатываемой заготовкой или фрезы за один ее оборот.

$$S_0 = S_z \cdot Z \quad (12.2)$$

где  $Z$  – число зубьев фрезы.

Минутная подача  $S_m$ , мм/мин – величина перемещения стола с обрабатываемой заготовкой или фрезы за одну минуту:

$$S_m = S_0 \cdot n = z \cdot n \cdot S_z \quad (12.3)$$

Глубина резания  $t$  при фрезеровании, мм – расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями (см. рисунок 12.1)

Ширина фрезерования  $B$ , мм – это поверхность заготовки, обработанная за один рабочий ход.

### 2.3 Основные схемы фрезерования и инструмент

Фреза – лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания инструмента, без возможности изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения. Фреза представляет собой режущий инструмент снабжённый несколькими лезвиями (зубьями). Каждый из которых представляет собой резец, снимающий стружку. Процесс резания при фрезеровании отличается от непрерывного резания при точении и сверлении тем, что зубья фрезы работают не все сразу, а попеременно. Этим обеспечивается стойкость инструмента, а наличие у фрезы большого количества зубьев повышает производительность труда.

На рисунке 12.2 показаны схемы фрезерования поверхностей на универсальных фрезерных станках. Вертикальные поверхности обрабатывают торцовыми фрезами (рисунок 12.2, а), а также концевыми фрезами (рисунок 12.2, г).

Горизонтальные поверхности обрабатываются цилиндрическими фрезами (рисунок 12.2, б) или торцовыми насадными фрезами (рисунок 12.2, в).

Узкие наклонные поверхности обрабатывают угловой фрезой (рисунок 12.2, д), а широкие – удобнее обрабатывать торцовыми насадными фрезами (рисунок 12.2, е). Уступы и прямоугольные пазы обрабатывают дисковыми двухсторонними или трехсторонними фрезами (рисунок 12.2, и), а также и концевыми фрезами (рисунок 12.2, з, к). Фасонные поверхности обрабатывают фасонными фрезами (рисунок 12.2, л).

Для получения паза типа «ласточкин хвост» или «Г-образного» вначале фрезеруют прямоугольный паз концевой фрезой, а затем концевой угловой (рисунок 12.2, м) или «Г-образной» фрезой (рисунок 12.2, р).

В ряде случаев можно вести обработку сразу нескольких поверхностей набором фрез (рисунок 12.2, н). Шпоночные пазы обрабатывают дисковыми фрезами (рисунок 12.2, о), а также концевыми или шпоночными фрезами (рисунок 12.2, п).



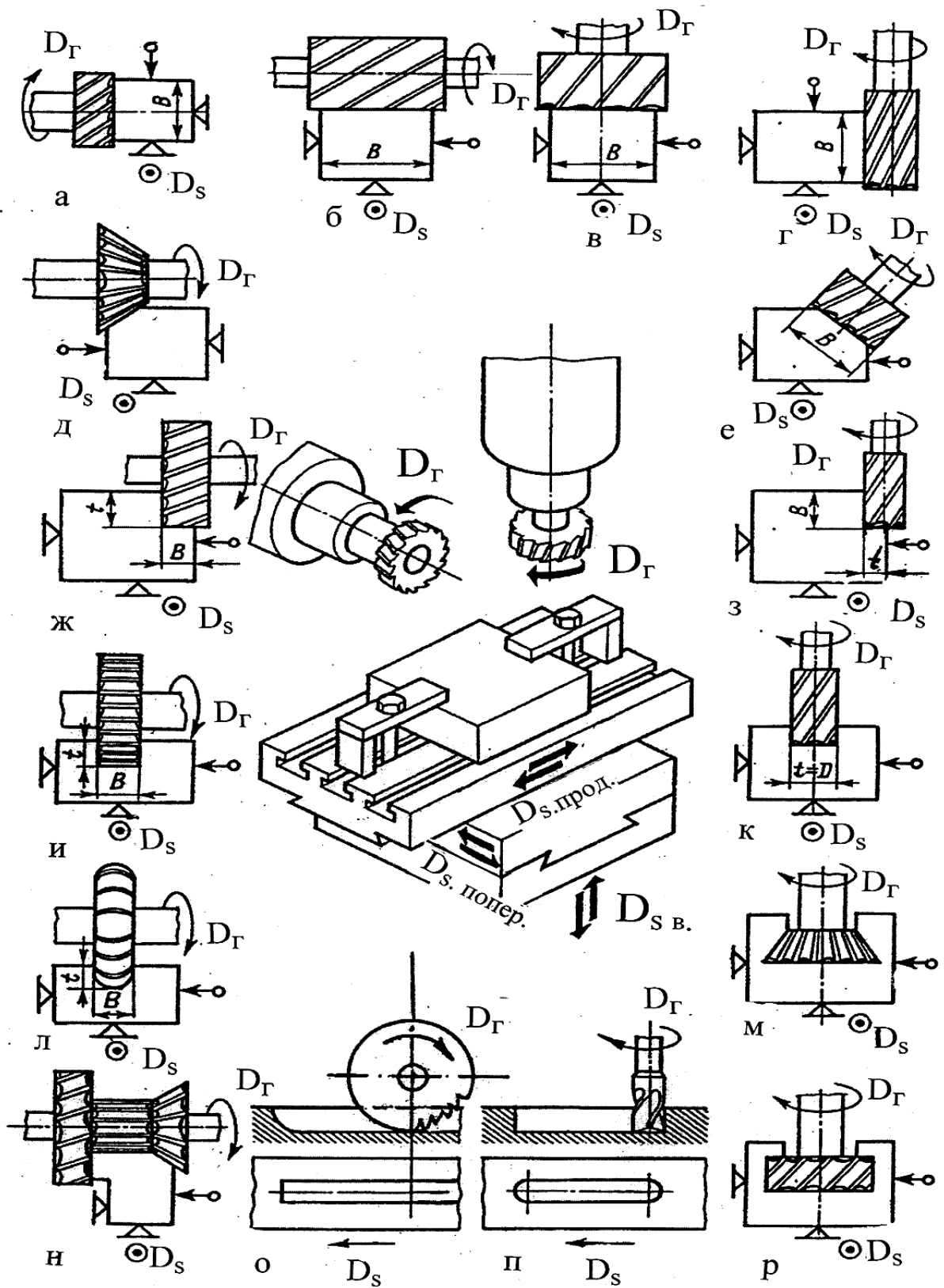


Рисунок 12.2 – Схемы фрезерования поверхностей обрабатываемых заготовок

При резбонарезании используют дисковые резьбовые фрезы (рисунок 12.3, а) и гребённые фрезы (рисунок 12.3, б).

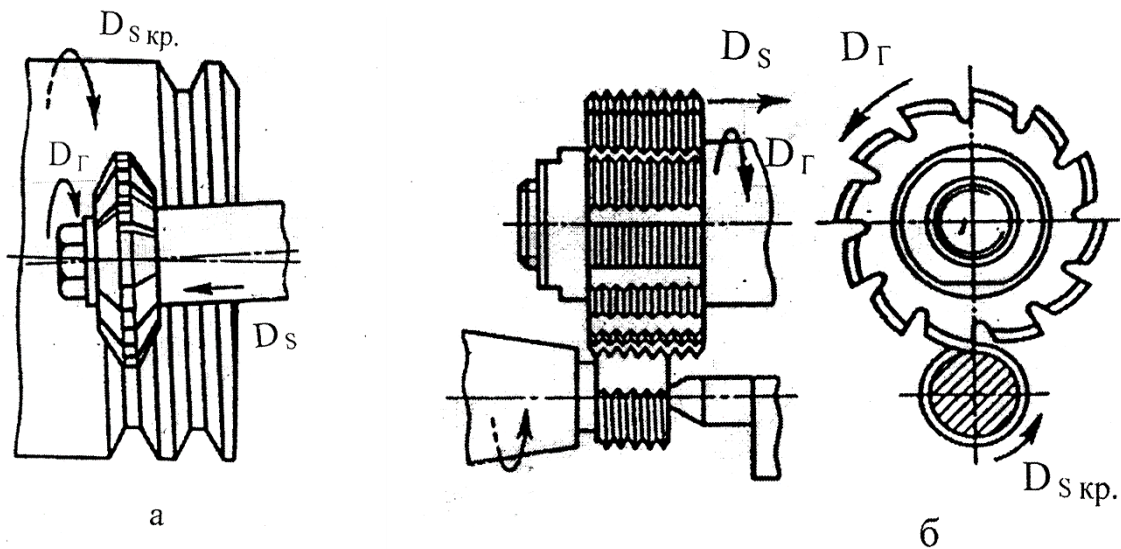


Рисунок 12.3 – Схема резьбофрезерования наружной поверхности:  
а – дисковой фрезой; б – гребённой фрезой

Наряду с вышеперечисленными схемами фрезерования, на фрезерных станках также выполняют работы по нарезанию зубьев методом копирования с использованием делительной головки.

#### 2.4 Выбор режимов резания при торцовом фрезеровании

Припуск на обработку снимают при черновом и чистовом фрезеровании.

Вначале определяется глубина резания. Обычно при фрезеровании фрезами из быстрорежущих сталей для чернового фрезерования она не превышает 5 мм, а при чистовом фрезеровании не превышает 1 мм,

После выбора глубины резания по таблице 12.1 назначается подача и скорость резания. В зависимости от размера обрабатываемой поверхности и характера обработки определяют тип и размер (диаметр) фрезы, с последующим уточнением диаметра в соответствии с ГОСТом. При фрезеровании плоскости диаметр фрезы следует брать более её ширины (в среднем на 20 %). В случае значительной ширины следует фрезерование осуществить за несколько проходов.

$$D_{\text{фр.}} \geq 1,2B, \quad (12.4)$$

где  $D_{\text{фр.}}$  – диаметр фрезы, мм;  $B$  – ширина фрезерования, мм.

Диаметр фрезы следует уточнить по прейскуранту выпускаемых фрез.

Ниже приведены значения диаметров различных фрез.

Шпоночные фрезы диаметром: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 мм.

Концевые фрезы диаметром: 16, 20, 25, 32, 40, 50 мм.

Торцовые фрезы диаметром: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 мм.

После выбора диаметра фрезы по формуле 12.1 следует определить частоту вращения шпинделя станка. По таблицам 12.1 и 12.2 определяют ближайшее значение частоты вращения шпинделя станка и подачи применительно к обработке на станке модели 6А12П.

Таблица 12.1 – Режимы резания при фрезеровании серого чугуна шпоночной концевой и торцовой фрезами, оснащенными твёрдосплавными пластинами

Диаметр фрезы не более, мм	Глубина резания не более, мм	Скорость резания, м/мин	Минутная подача, мм/мин
25	1	40	180
	3	30	150
	5	25	130
125	1	50	200
	3	40	180
	5	30	150
250	1	55	200
	3	45	180
	5	40	150

Таблица 12.2 – Частота вращения шпинделя станка модели 6А12П, мин<sup>-1</sup>

40	50	63	80	100	125	60	200	250
315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000

Таблица 12.3 – Продольные подачи станка модели 6А12П, мм/мин

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

### 3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

3.1. Изучить основные виды фрезерования.

3.2. Изучить рабочие движения при обработке заготовок на фрезерном станке.

3.3. Изучить основные схемы фрезерования при фрезеровании плоскостей.

- 3.4. Ознакомиться с основными типами фрез.
- 3.5. Выбрать режимы резания при фрезеровании заготовки.
- 3.6. Составить отчёт по работе.

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

- 4.1. Вертикально-фрезерный станок модели 6А12П.
- 4.2. Приспособления для закрепления заготовок на столе фрезерного станка.
- 4.3. Машинные тиски с ручным зажимом.
- 4.4. Делительная головка УДГ-1.
- 4.5. Набор фрез.

#### 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 5.1. Ознакомиться с видами обрабатываемых поверхностей на фрезерных станках.
- 5.2. Ознакомиться с рабочими движениями при фрезеровании.
- 5.3. Ознакомиться со схемами обработки и типами фрез.
- 5.4. Выбрать и рассчитать параметры режимов резания при обработке одной поверхности заготовки (чертеж согласно варианту). Последовательность подбора режимов резания должна быть отражена в отчёте.

#### 6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 6.1. В чём заключается процесс фрезерования?
- 6.2. Какие преимущества и недостатки при попутном и встречном фрезеровании?
- 6.3. Какое движение при фрезеровании является главным?
- 6.4. Какие подачи может осуществить заготовка на вертикально-фрезерном станке?
- 6.5. Как фрезеруют пазы типа «ласточкин хвост»?
- 6.6. Какие схемы фрезерования применяются в промышленности?
- 6.7. Назовите типы фрез для обработки плоскостей?
- 6.8. Какие фрезы следует применять при фрезеровании шпоночного паза?
- 6.9. Каким инструментом осуществляют резьбофрезерование?

- 6.10. Как определить частоту вращения шпинделя при фрезеровании?
- 6.11. Привести порядок расчета режимов резания при фрезеровании.
- 6.12. В каких случаях при фрезеровании применяется делительная головка?

## **7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА**

- 7.1. Указать цель работы.
- 7.2. Привести перечень работ, выполняемых на фрезерном станке.
- 7.3. Привести различные схемы фрезерования (встречного и попутного).  
Отметить недостатки и преимущества каждой из схем фрезерования.
- 7.4. Описать инструмент, используемый при фрезеровании.
- 7.5. Выбрать и рассчитать режимы резания при фрезеровании поверхности на станке модели 6A12П.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13 СВЕРЛИЛЬНЫЕ РАБОТЫ. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА**

### **1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Получение практических умений и навыков работ, выполняемых на сверлильных станках. Изучить виды сверлильных станков, ознакомиться с приспособлениями.

### **2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 2.1. Изучить типы сверлильных станков и назначение узлов станка.
- 2.2. Дать расшифровку станков сверлильной группы.
- 2.3. Описать работу оснастки.
- 2.4. Описать основные узлы сверлильного станка модели 2A135.
- 2.5. Составить отчёт по работе.

### **3 ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ПРИ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ**

На сверлильных станках выполняют следующие операции: сверление, рас-  
сверливание, зенкерование, цекование, развёртывание, нарезание резьбы.

## 2.1 Типы станков при сверлении

При сверлении используют следующие типы станков: вертикально-сверлильные (настольные и стационарные), горизонтально-расточные, радиально-сверлильные, магнитные электрические, для вибрационного сверления, алмазно-расточные, порталные, станки с числовым программным управлением (ЧПУ), одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы.

Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных цилиндрических и конических отверстий, рассверливания, зенкерования, снятия фасок, развёртывания, растачивания, нарезания резьбы.

На рисунке 13.1 показан общий вид вертикально-сверлильного станка модели 2A135, предназначенного для использования в единичном, мелко- и средне-серийном производстве.

В обозначении станка модели 2A135 цифра 2 указывает на принадлежность станка к станкам сверлильной группы; буква А указывает на то что станок особо высокой точности; цифра 1 на группу станков – вертикально сверлильный группы; цифра 35 указывает наибольший условный диаметр сверления в стали (диаметр сверла 35 мм).

Колонна 1 станка – чугунная отливка, имеющая вертикальные направляющие типа «ласточкин хвост», по которым вручную перемещается сверлильная головка 7 со шпинделем 9 и столом 2 с закрепленной на нём заготовкой 3. Стол станка имеет три Т-образных паза для крепления приспособлений. Колонна крепится к фундаментной плите 12.

Коробка скоростей 6 посредством блоков зубчатых колес сообщает шпинделю 9 вращение от электродвигателя 5. Последний вал коробки – гильза имеет шлицевое отверстие, через которое вращение передается шпинделю.

Через зубчатую пару вращение передается на коробку подач. Скорости коробки скоростей переключаются рукоятками, имеющими разное фиксированное положение. В соответствии с их положением меняется и частота вращения шпинделя, значения частот приведены в табличке рядом с рукоятками. Коробка подач 8 смонтирована в головке, переключение подач также осуществляется с помощью рукояток.

Механизм подачи обеспечивает ручное или механическое переключение шпинделя. Ручное переключение путём вращения штурвала, а механическое – нажатием на стакан 4. Инструмент для обработки 10 вставляется в конус шпинделя.

Обрабатываемая заготовка 3 устанавливается и крепится на столе 2, который в зависимости от её габаритов (высоты) может подниматься или опускаться при вращении рукоятки стола 11.

### 3.2 Оснастка, применяемая на сверлильных станках

#### 3.2.1 Вспомогательные инструменты для работы на сверлильных станках

Для выполнения работ на сверлильных станках необходима следующая оснастка. На рисунке 13.2, а показан конец шпинделя сверлильного станка с посадочным местом (коническим отверстием) для крепления конусного хвостовика инструмента. Размеры посадочных мест стандартизованы. Для извлечения инструмента в шпинделе сделан проём (окно) для клина. Если размер (номер) конуса шпинделя больше конуса режущего инструмента, то применяют переходные втулки (рисунок 13.2, б). Схема установки режущего инструмента с помощью двух переходных втулок представлена на рисунке 13.2, в.

Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляют с помощью сверлильных патронов (рисунок 13.2, г), а последние с помощью конуса крепят в шпинделе станка.

Для сокращения вспомогательного времени применяют быстросменный патрон с ведущими шариками (рисунок 13.3), при работе с которым смена режущего инструмента производится без остановки шпинделя станка. Сменная втулка 4 вместе с закреплённым в ней режущим инструментом вставляется в центральное отверстие корпуса 1 патрона и шарики 2 попадают в лунки 5 втулки. Для удержания шариков в лунках муфту 3 опускают вниз. Для смены режущего инструмента муфту поднимают, шарики в муфте изменяют свое положение, освобождая втулку с инструментом. Перемещение втулки вверх и вниз ограничивается пружинными кольцами 6 и 7.

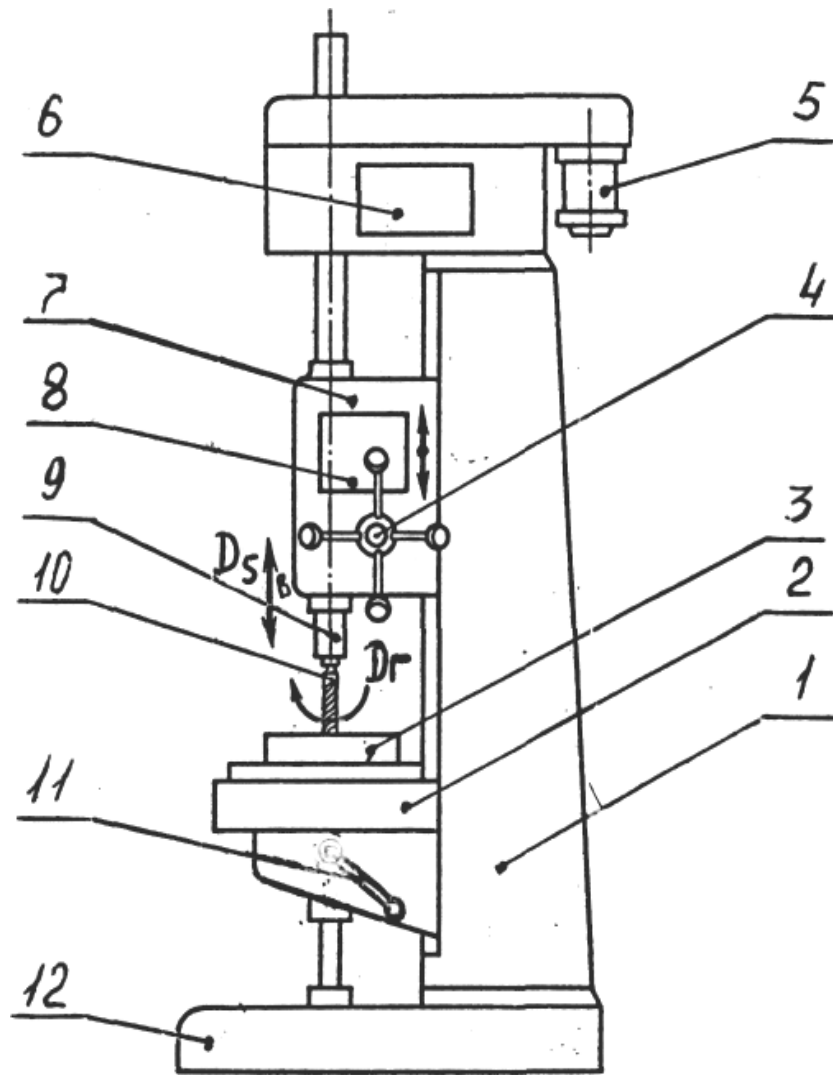


Рисунок 13.1 – Общий вид вертикально-сверлильного станка:

1 – колонна; 2 – стол; 3 – заготовка; 4 – кнопка включения механической подачи;  
 5 – электродвигатель; 6 – коробка скоростей; 7 – сверлильная головка;  
 8 – коробка подач; 9 – шпиндель; 10 – инструмент; 11 – ручка подъёма стола;  
 12 – фундаментная плита

Для закрепления заготовок используются тиски и специальные приспособления, делительная головка для поворота на заданный угол заготовки при сверлении, различные кондукторы (стационарные, накладные, порталные и др.) с направляющими втулками для повышения производительности и точности обработки. Втулки применяют либо запрессовываемые, либо выполняются быстросъёмные.



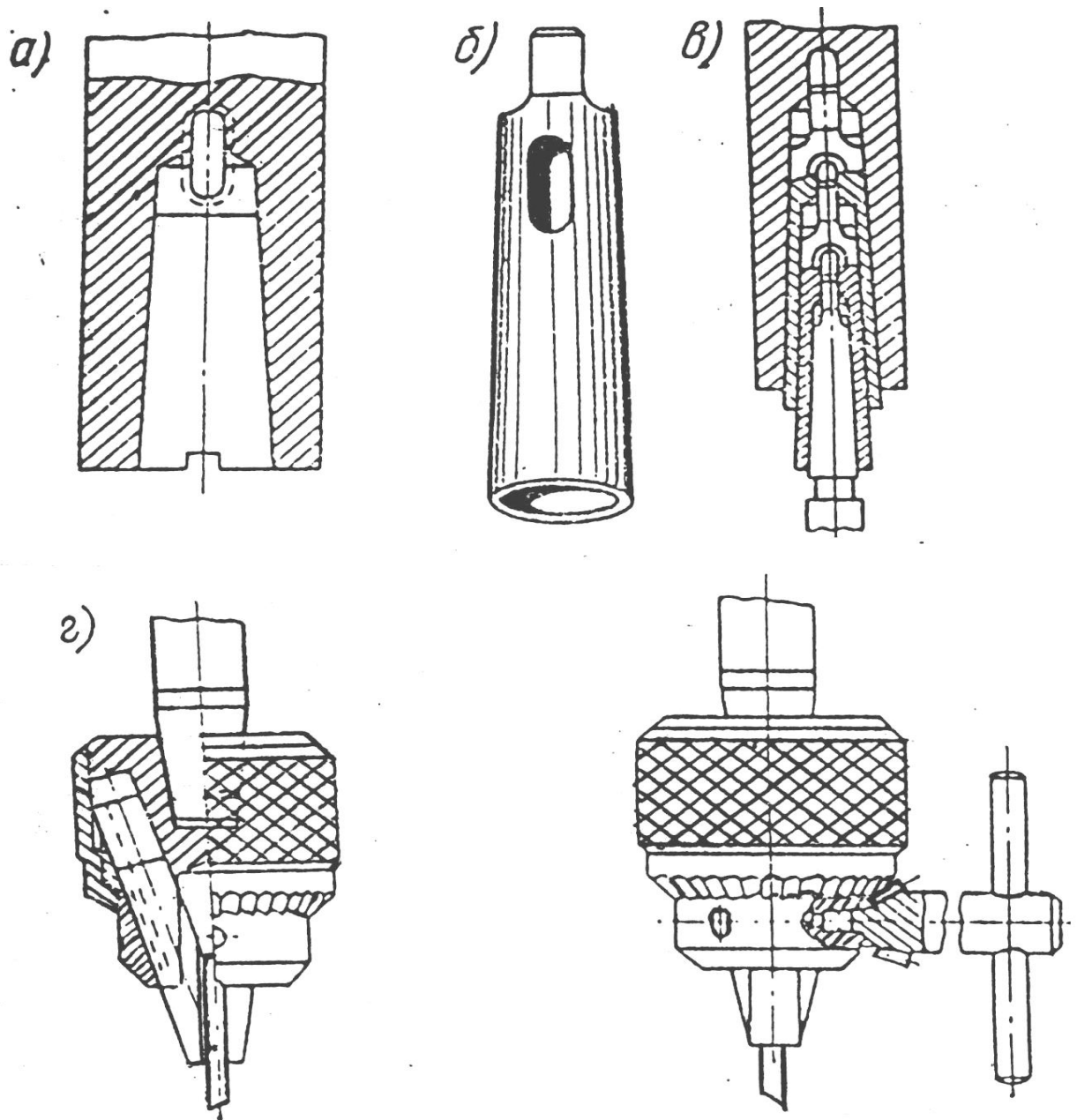


Рисунок 13. 2 – Вспомогательные инструменты для сверления отверстий:  
 а – конец шпинделя сверлильного станка; б – втулка переходная (конус Морзе);  
 в – ряд втулок переходных; г – патрон сверлильный трёхкулачковый с ключом и  
 присоединённым конусным шпинделем

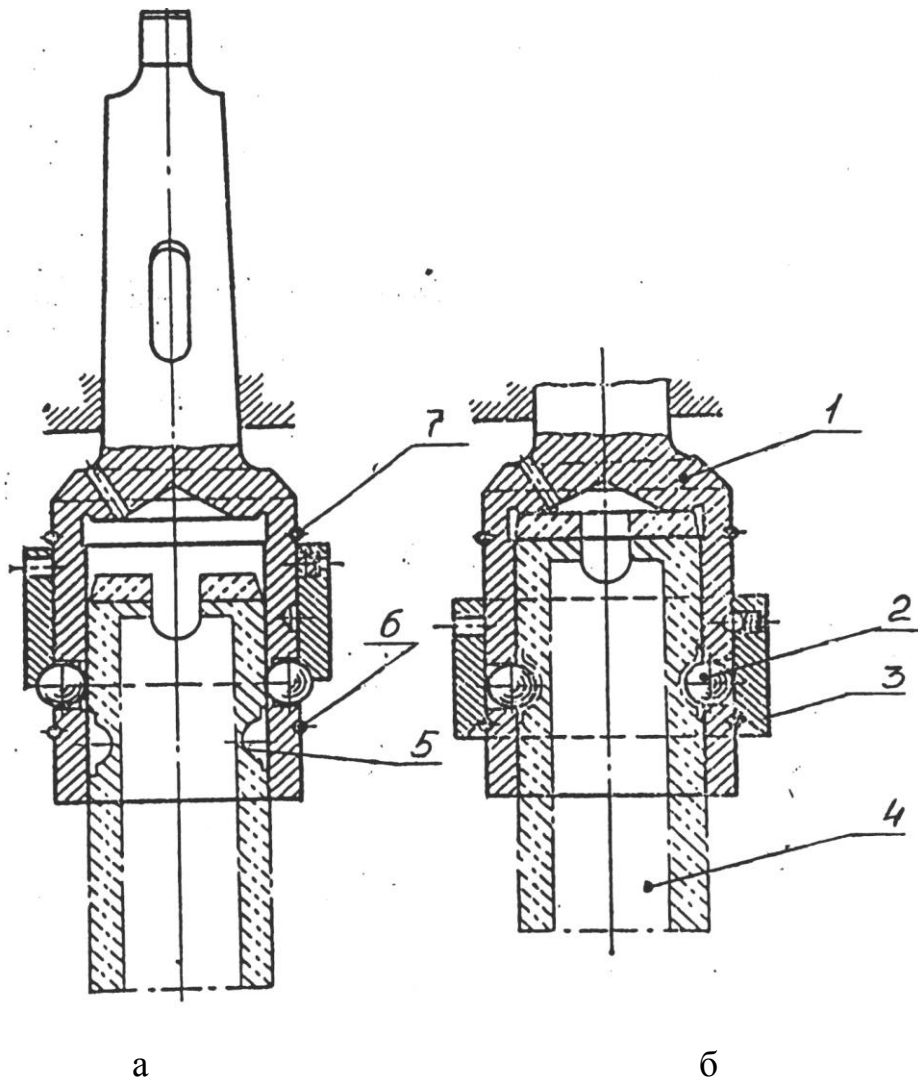


Рисунок 13. 3 – Быстросменный патрон:

а – положение перед постановкой сменной втулки в патрон; б – сменная втулка вставлена в патрон; 1– корпус патрона; 2 – шарик; 3 – муфта; 4 – сменная втулка; 5 – лунка; 6, 7 – пружинные кольца

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

- 4.1. Вертикально-сверлильный станок модели 2А135.
- 4.2. Приспособления для закрепления заготовок на столе станка.
- 4.3. Машинные тиски с ручным приводом.
- 4.4. Патрон сверлильный с ключом.
- 4.5. Патрон сверлильный быстросменный.
- 4.6. Переходные втулки.

## 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. Какие станки используются при сверлении?
- 5.2. В чём отличие вертикально-сверлильного станка от радиально-сверлильного?
- 5.3. Как расшифровывается марка сверлильного станка?
- 5.4. Какая оснастка применяется при сверлении?
- 5.5. Какие операции выполняются на сверлильном станке?
- 5.6. Из каких основных узлов состоит вертикально-сверлильный станок?
- 5.7. Для чего предназначена переходная втулка?
- 5.8. Как извлекается сверло из шпинделя станка?
- 5.9. С помощью какого вспомогательного инструмента крепятся цилиндрические сверла?
- 5.10. С помощью какого приспособления можно без остановки шпинделя сверлильного станка сменить инструмент?

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. Указать цель работы.
- 6.2. Привести расшифровку вертикально сверлильного станка модели 2А135
- 6.3. Привести перечень работ, выполняемых на сверлильном станке.
- 6.4. Выполнить рисунки вспомогательных инструментов при сверлении.
- 6.5. Выполнить эскиз блок-схемы сверлильного станка.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 14** **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ.** **РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков обработки отверстий на сверлильных станках, выбора и расчета режимов резания при сверлении отверстий. Ознакомиться с инструментом, видами выполняемых работ на сверлильных станках.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Изучить основные работы выполняемые на сверлильных станках и рабочие движения при этом.
- 2.2. Ознакомиться с основными видами инструмента.
- 2.3. Выбрать и рассчитать режим резания при сверлении. Чертёж заготовки для расчёта выдаёт преподаватель.
- 2.4. Составить отчёт по работе.

## 3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ СВЕРЛЕНИЯ

### 3.1 Элементы процесса резания

Сверление – осевая обработка сверлом. Сверлением называется образование отверстия снятием стружки в сплошном материале с помощью режущего инструмента – сверла, совершающего вращательное и поступательное движение относительно своей оси.

Сверление применяется: для получения неотчетливых отверстий невысокой степени точности и значительной шероховатости, например, под крепёжные болты, заклёпки, шпильки и т. д., а также для получения отверстий под нарезание резьбы, зенкерование и развёртывание.

Наряду со сверлением на сверлильных станках осуществляют операцию – рассверливание отверстия. Рассверливанием называется увеличение диаметра отверстия в заготовке.

Главное движение резания при сверлении – вращение сверла. Глубина резания  $t$ , мм – это расстояние от обработанной поверхности до оси сверла (т. е. радиус сверла). Глубина резания при рассверливании определяется как половина разности между диаметром сверла и диаметром рассверливаемого отверстия. Подача сверла  $S$  – перемещение сверла в осевом направлении за один оборот (мм/об). Так как спиральное сверло имеет две главные режущие кромки, то подача, приходящаяся на каждую режущую кромку:

$$S_z = S/2 \quad (14.1)$$

Скорость резания – окружная скорость вращения точки режущей кромки, расположенной на наружном диаметре сверла:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \quad (14.2)$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм;  $n$  – частота вращения сверла,  $\text{мин}^{-1}$ .

Площадь ( $\text{мм}^2$ ) срезаемого слоя при сверлении:

$$f = t \cdot S = S \cdot (D/2) \quad (14.3)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;  $S$  – подача, мм/об;  $D$  – диаметр сверла, мм.

Элементы резания при сверлении и рассверливании показаны на рисунке 14.1. Режимы сверления определяются следующим образом. Если отверстие необходимо сверлить под резьбу, то вначале следует по таблице 14.1 определить диаметр сверла. Затем по таблице 14.2 определить режим резания: скорость резания и подачу. По формуле 14.2, определить частоту вращения шпинделя станка и по таблице 14.3 подобрать ближайшее значение частоты вращения. По таблице 14.4 – выбирается значение подачи. Значение подачи при нарезании резьбы соответствует шагу резьбы.

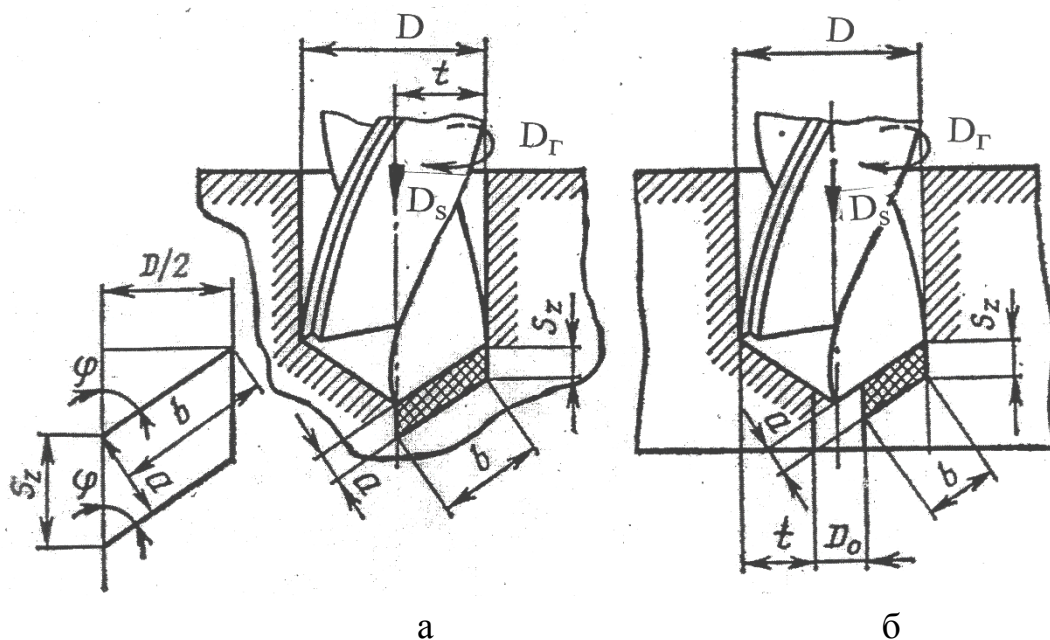


Рисунок 14.1 – Элементы резания при сверлении и рассверливании:  
 а – сверление; б – рассверливание;  $t$  – глубина резания;  $D_0$  – диаметр рассверливаемого отверстия;  $D$  – диаметр сверла;  $D_{Г}$  – главное движение резания;  $D_{с}$  – движение подачи;  $a$  – толщина среза стружки;  $b$  – ширина среза стружки;  $\varphi$  – половина угла при вершине сверла;  $S_z$  – подача на режущую кромку сверла

Таблица 14.1 – Рекомендуемые диаметры свёрл при нарезании метрической резьбы метчиками, мм

Резьба метрическая, мм	10	12	16	18	20	24	30	42
Диаметр сверла под отверстие, мм	8,4	10,1	13,8	15,3	17,3	20,9	26,4	37,4

Таблица 14.2 – Поддачи и скорости резания при сверлении (сверло из быстрорежущей стали)

Диаметр сверла, мм	Сталь		Серый чугун	
	подача, мм/об	скорость резания, м/мин	подача, мм/об	скорость резания, м/мин
5–10	0,05–0,15	50–30	0,10–0,20	45–30
Св. 10–15	0,10–0,20	40–25	0,15–0,35	35–25
Св. 15–20	0,15–0,30	35–23	0,35–0,60	27–21
Св. 20–30	0,20–0,35	30–20	0,40–0,60	22–27
Св. 30–40	0,25–0,40	20–15	0,45–0,65	20–25

Таблица 14.3 – Частоты вращения шпинделя сверлильного станка модели 2А135, мин<sup>-1</sup>

68	100	140	195	275	400	530	750	1100
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Таблица 14.4 – Вертикальная подача шпинделя сверлильного станка модели 2А135, мм/об

0,11	0,15	0,20	0,25	0,32	0,43
0,57	0,72	0,96	1,22	1,60	–

### 3.2 Работы, выполняемые на сверлильных станках

На рисунке 14.2 приведена схема обработки заготовок на сверлильном станке. Сверлением – (рисунок 14.2, а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия.

Рассверливание (рисунок 14.2, б) выполняют спиральным сверлом для увеличения диаметра отверстия.

Зенкерование (рисунок 14.2, в) применяют как предварительную обработку литых, штампованных или ранее просверленных отверстий под последующее развёртывание, растачивание или протягивание.

Развёртывание (рисунок 14.2, г) – чистовая обработка цилиндрических и конических отверстий: сначала цилиндрические отверстия в заготовке обрабаты-

вают коническим ступенчатым зенкером (рисунок 14.2, м), далее конической развёрткой со стружкоразделительными канавками (рисунок 14.2, н) и затем конической развёрткой с глубокими режущими кромками (рисунок 14.2, о).

Зенковкой обрабатывают конические (рисунок 14.2, е) углубления под головки болтов, винтов, а также заклёпок.

Цековкой (рисунок 14.2, д, ж, з) обрабатывают торцевые поверхности, являющиеся опорными плоскостями головок гаек, винтов, болтов. Перпендикулярность торца цековки к основному отверстию обеспечивается наличием направляющей части цельной цековки (рисунок 14.2, ж), аналогично и у пластинчатого резца (рисунок 14.2, з).

Для сверления центровых отверстий применяются центровочные свёрла (рисунок 14.2, и).

Нарезание резьбы в ранее просверленном отверстии выполняют метчиком (рисунок 14.2, к).

Комбинированным инструментом получают сложные поверхности (рисунок 14.2, л).

### 3.3 Режущие инструменты для обработки на сверлильном станке

В зависимости от назначения, свёрла по конструкции подразделяются на спиральные, перовые, центровочные, свёрла для глубокого сверления и специального назначения. Свёрла изготавливают из инструментальных сталей, а также оснащают их пластинками из твёрдого сплава, а иногда изготавливают целиком из твёрдого сплава. Наиболее широко применяются спиральные свёрла диаметром от 0,1 до 80 мм. Спиральное сверло (рисунок 14.3) состоит из рабочей части  $l_1$ , шейки  $l_3$ , хвостовика  $l_4$ , лапки  $l_5$ . Свёрла малого диаметра изготавливают с цилиндрическим хвостовиком, а большого – с коническим. На рабочей части сверла различают режущую  $l_2$  и направляющую  $l_1-l_2$  части. Направляющая часть направляет сверло по оси отверстия и позволяет осуществлять многократную его переточку. По всей её длине выполнены узкие направляющие ленточки, которые служат для направления инструмента в отверстие.

Шейка соединяет рабочую часть и хвостовик сверла и служит для вывода шлифовального круга при обработке хвостовика и направляющих ленточек. Хвостовик служит для закрепления сверла в шпинделе станка, а лапка – упором при выбивании сверла из шпинделя станка.

Главные функции в процессе резания выполняет рабочая часть, на которой расположены все её режущие элементы: главные режущие кромки 1, поперечная режущая кромка 2, а также передние 3 и задние поверхности 4. Вспомогательная режущая кромка направляющей ленточки 5 улучшает качество поверхности обрабатываемого отверстия.

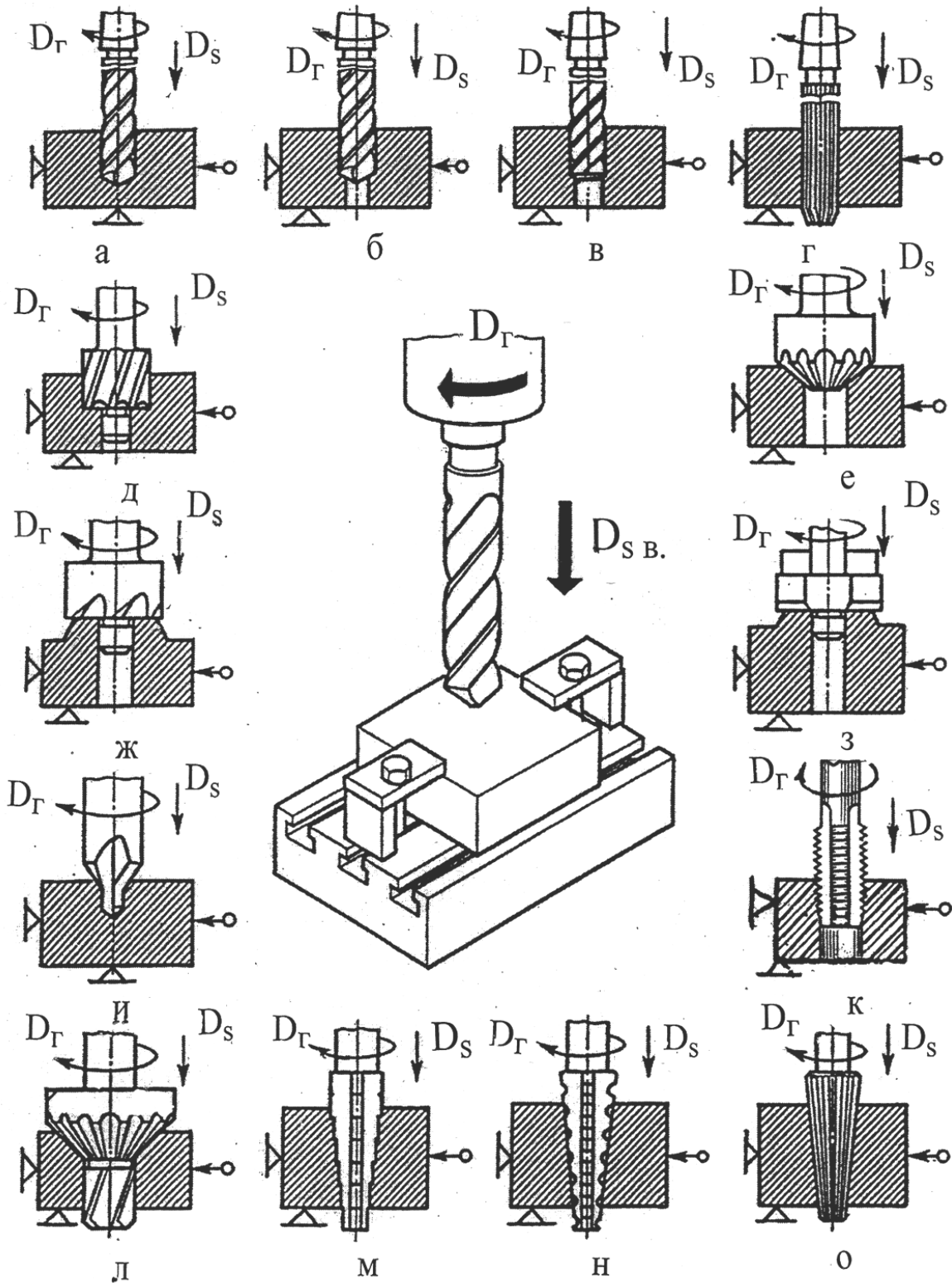


Рисунок 14.2 – Схемы обработки заготовок на сверлильном станке:  
а – сверление; б – рассверливание; в – зенкерование; г – развертывание;  
д, ж, з – цекование; е – зенкование; и – центровка отверстия; к – нарезание  
резьбы; л – обработка комбинированным инструментом;  
м, н, о – последовательность развертывания конического отверстия



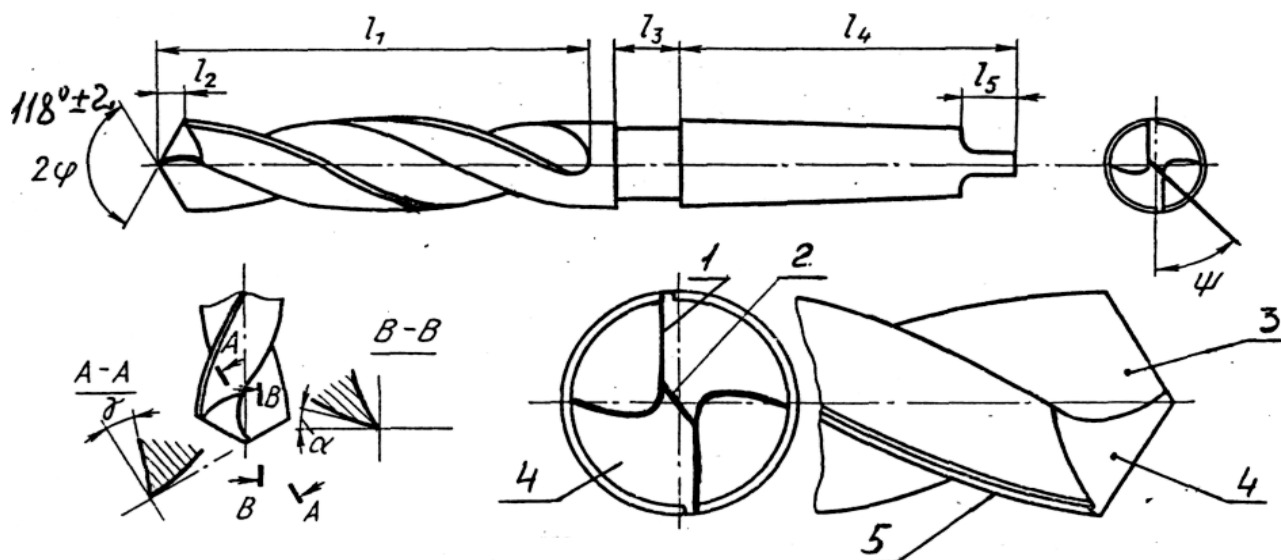


Рисунок 14.3 – Спиральное сверло:

$l_1$  – рабочая часть сверла;  $l_2$  – режущая часть;  $l_3$  – шейка;  $l_4$  – хвостовик;  
 $l_5$  – лапка; 1 – главная режущая кромка; 2 – поперечная режущая кромка;  
 3 – передняя поверхность; 4 – задняя поверхность;  $2\varphi$  – угол при вершине;  
 $\alpha$  – задний угол;  $\gamma$  – передний угол;  $\Psi$  – угол наклона поперечной кромки;  
 5 – винтовая кромка направляющей ленточки

Центровочные сверла (рисунок 14.4, а) применяют для сверления центровых отверстий, поверхности которых являются базами для установки заготовок в центрах станков или приспособлений.

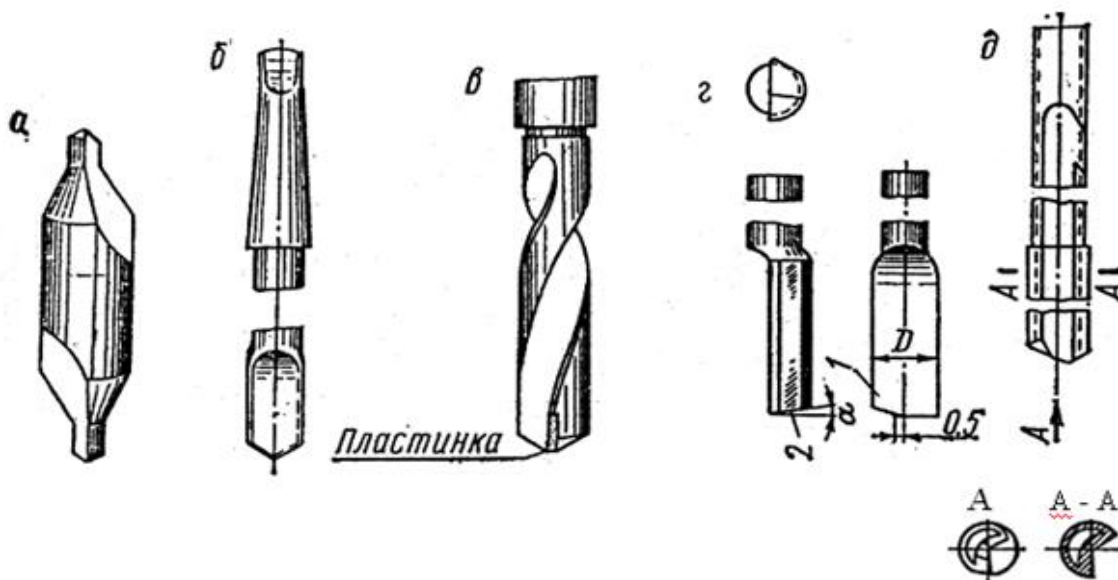


Рисунок 14.4 – Типы сверл:

а – центровочное; б – перовое; в – спиральное с пластинкой из  
 твердого сплава; г, д – для глубокого сверления

Перовые свёрла выполняют в виде лопаток (рисунок 14.4, б). Спиральные свёрла с пластинками из твёрдых сплавов диаметром от 3 до 50 мм (рисунок 14.4, в) применяют для сверления отбелённого чугуна и других твёрдых материалов.

Пушечное сверло (рисунок 14.4, г) служит для глубокого сверления, режущая кромка сверла образуется передней 1 и задней 2 поверхностями. Для глубокого сверления применяют также ружейное сверло (рисунок 14.4, д) полое внутри для подачи охлаждающей жидкости. Эти свёрла имеют только одну главную режущую кромку, в отличие от спирального сверла.

Свёрла для кольцевого сверления применяются для обработки сквозных отверстий большого диаметра, а алмазные свёрла – для обработки отверстий в твёрдых неметаллических материалах. Кольцевые свёрла (рисунок 14.5) состоят из трубчатого корпуса 3 с закрепленными на торце ножами 1. Для направления сверла на корпусе установлены кулачки 2.

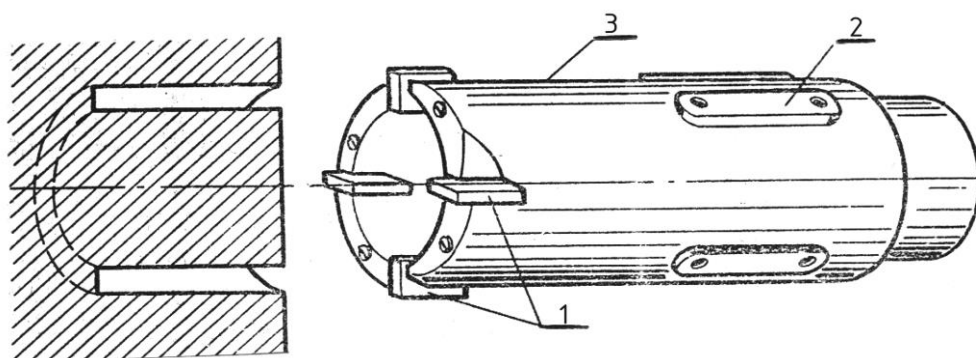


Рисунок 14.5 – Кольцевое сверло:

1 – режущие пластины; 2 – головка сверла; 3- направляющие пластины

Для глубокого сверления применяют свёрла: двустороннего резания (двух кромочные) – шнековые (рисунок 14.6), эжекторные (рисунок 14.7); одностороннего резания (однокромочные) – ружейные и пушечные (рисунок 14.8).

Свёрла эжекторные применяют при обработке отверстий диаметром от 20 мм до 65 мм). Головка 2 сверла навинчена на наружную трубку 3, являющуюся несущим корпусом. Режущая часть сверла 1 оснащена твёрдосплавными пластинами, расположенными в шахматном порядке. Поэтому стружка срезается в виде отдельных лент, а затем дробится стружколомающими уступами и легко удаляется. Для повышения точности обработки служат твёрдосплавные направляющие 5. Особенностью эжекторных свёрл является эффект подсоса смазочно – охлаждающей жидкости (СОЖ), уходящей вместе со стружкой в результате разрежения внутри сверла. Разрежение возникает из-за разделения

прямого потока А жидкости (под давлением 2...3 МПа) на два: около 0,7 жидкости направляется в зону резания, а 0,3 обратно через прорези Б во внутренний канал трубы 4. Это разрежение улучшает условия отвода стружки.

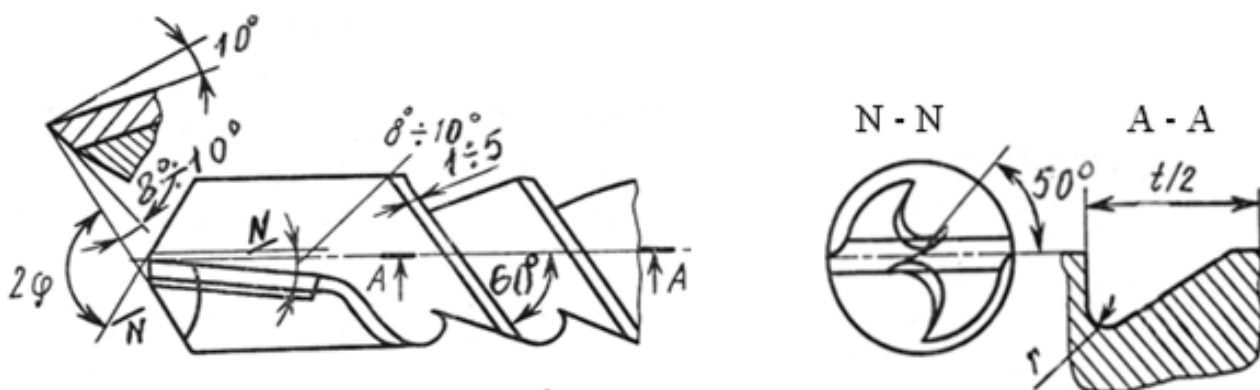


Рисунок 14.6 – Шнековое сверло

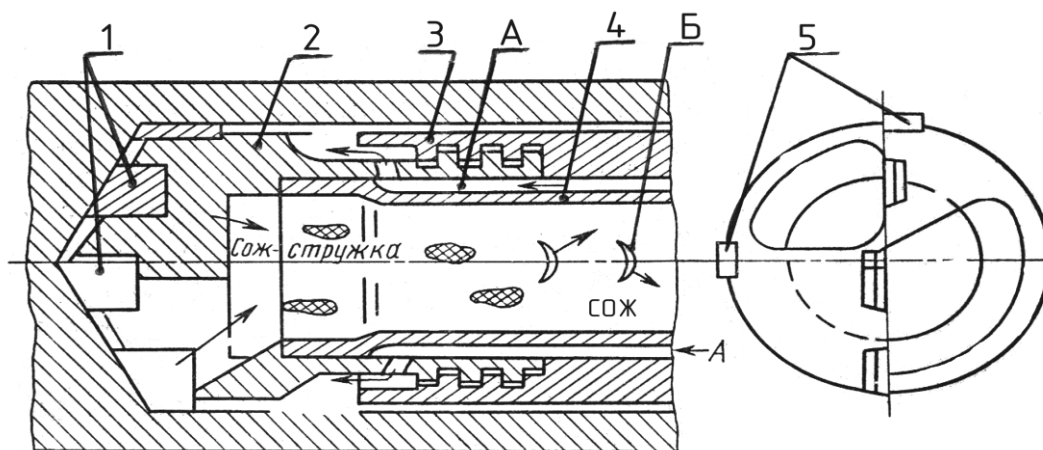


Рисунок 14.7 – Эжекторное сверло

Для глубокого сверления отверстий малого диаметра (2... 10 мм) эффективно вибрационное сверление твёрдосплавными свёрлами (рисунок 14.8). Обработка производится на вибросверлильных станках, где наряду с вращательным движением и движением подачи сверлу сообщаются колебания вдоль оси (с амплитудой  $A = 0,01...0,04$  мм и частотой 100...200 Гц). При этом происходит надёжное дробление стружки и повышается эффективность действия СОЖ.

Зенкеры (рисунок 14.9) используют для обработки отверстий, предварительно полученных литьём, ковкой или сверлением. Зенкеры изготавливают трёхзубыми с коническими хвостовыми (рисунок 14,9, б) диаметром от 10 до 50 мм, четырёхзубыми насадными цельными (рисунок 14,9, в) и сборными (со

вставными ножами из быстрорежущей стали или пластинками из твёрдых сплавов) диаметром 45–80 мм.

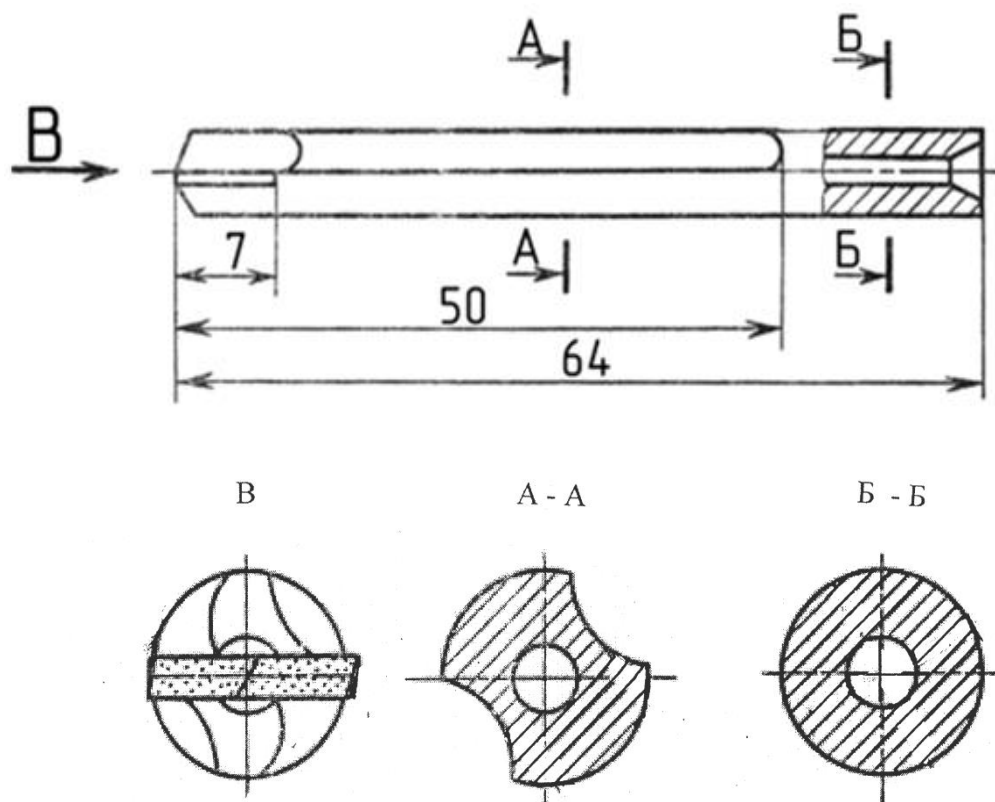


Рисунок 14.8 – Сверло для вибрационного сверления

Зенковки для обработки входной части отверстия на конус (под головки винтов, заклепок, рисунок 14.9, д) имеют угол, равный 60, 75, 90 или 120°.

На рисунке 14.9, г, и показана цековка для подрезания торца бобышек, имеющая торцевые зубья, которая служит только для обработки плоскости.

Развертывание – процесс чистовой обработки отверстий выполняют развертками, рисунок 14.10. Развёртки, применяемые для ручного развёртывания называются ручными (рисунок 14.10, а, б), а для станочного развёртывания – машинными (рисунок 14.10, в). Развёртки изготавливают комплектами из двух или трёх штук. Первая – черновая, вторая – получистовая и третья – чистовая. В комплекте из двух развёрток отсутствует получистовая.

Для получения необходимой чистоты поверхности отверстия большое значение имеет шаг режущих зубьев развёртки. При равномерном распределении зубьев по окружности, т. е. при одинаковом шаге (при использовании ручной развёртки), в отверстии можно наблюдать продольные риски, расположенные соответственно шагу зубьев. Это происходит потому, что при одинаковом шаге вершина режущего зуба совпадает с тем местом отверстия, которое перед этим обрабатывалось предыдущим режущим зубом. При неравномерном же распределении зубьев по окружности, режущие зубья

каждый раз обрабатывают новые места, и поэтому поверхность отверстия получается более чистой. Поэтому ручные развёртки изготавливают с неравномерным шагом зубьев (рисунок 14.10, г), а машинные – с равномерным распределением зубьев по окружности.

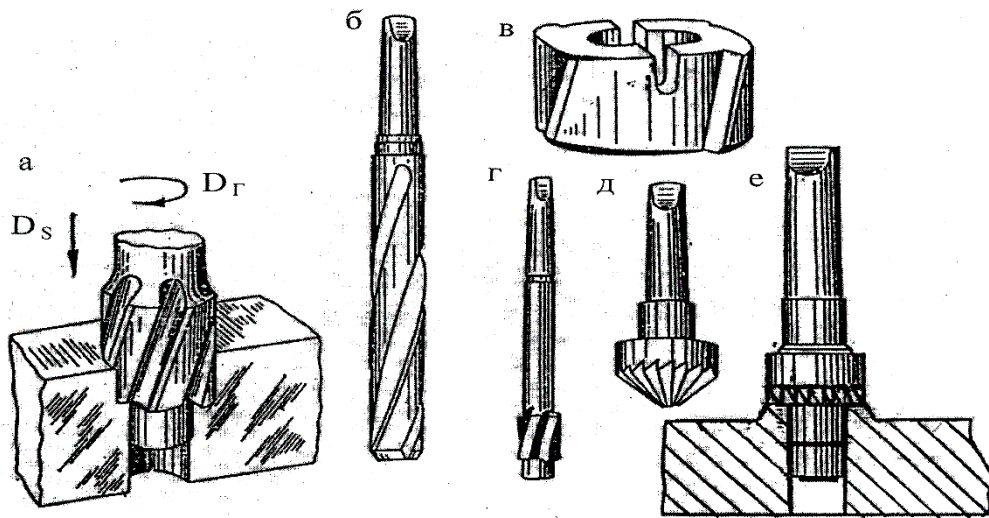


Рисунок 14.9 – Зенкеры, зенковка, цековки:

а – резание при цековании; б – трёхзубый зенкер; в – насадной зенкер; г – цековка; д – зенковка; е – цековка для подрезания торца бобышек

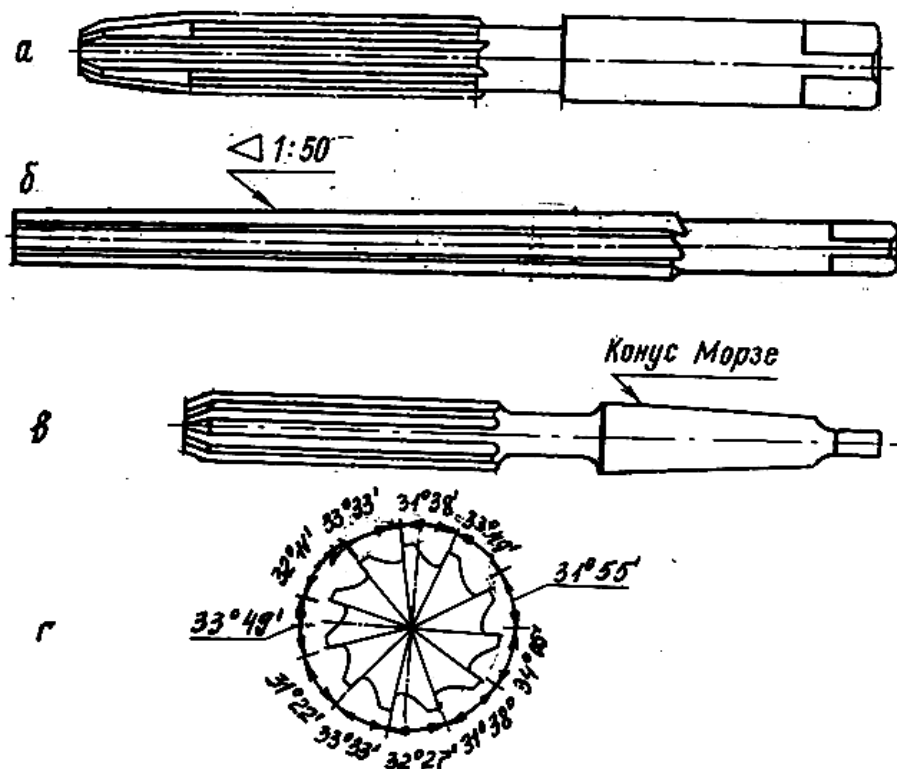


Рисунок 14.10 – Развёртки:

а, б – ручные цилиндрическая и коническая развёртки; в – машинная цилиндрическая развёртка; г – поперечное сечение ручной развёртки

В серийном производстве широко используется комбинированный инструмент, в котором могут быть совмещены разные инструменты в одном, например: сверло многоступенчатое с различными увеличивающими диаметрами; сверло – зенкер; зенкер – развёртка; сверло – цековка и др.

Для нарезания внутренней резьбы служат метчики, (см. рисунок 14.2, к) которые подразделяются на ручные, машинно-ручные и машинные. Их изготавливают комплектами аналогично развёрткам.

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

4.1. Вертикально-сверлильный станок модели 2А135.

4.2. Приспособления для закрепления заготовок на столе станка.

4.3. Машинные тиски с ручным приводом.

4. Заготовки для сверления (бруски металла толщиной 20–30 мм).

4.5. Свёрла (спиральное, центровочное, спиральное с пластинами из твердого сплава, перовое, для глубокого сверления, кольцевое, шнековое, эжекторное, для вибрационного сверления).

4.6. Зенкера, зенковки, цековки, метчики, развёртки (ручные цилиндрические и конические, машинные).

#### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

5.1. Какие типы свёрл используются при работе на сверлильных станках?

5.2. Из каких основных частей и элементов состоит спиральное сверло?

5.3. Чем принципиально отличаются зенкерование и развёртывание отверстий от сверления?

5.4. Почему при зенкеровании удаётся достичь большей точности обработки, чем при сверлении отверстия?

5.5. Чем принципиально отличается по конструкции зенкер от спирального сверла?

5.6. Чем принципиально отличается по конструкции развёртка от зенкера?

5.7. Как производится развёртывание конического отверстия?

5.8. Назначение цековки.

5.9. Каким инструментом производят нарезание резьбы в отверстиях?

5.10. Чему равна глубина резания при сверлении и рассверливании?

5.11. Как определить скорость резания при сверлении?

5.12. Что такое подача сверла и как она определяется?

5.13. Главное движение резания при сверлении и его обозначение.

- 5.14. Как определить подачу на каждую режущую кромку сверла?
- 5.15. Приведите формулу определения скорости резания при сверлении.
- 5.16. Как определить площадь срезаемого слоя при сверлении?
- 5.17. Почему у ручной развёртки разные углы между образующими лезвиями?
- 5.18. Значение угла при вершине у спирального сверла для сверления низкоуглеродистой стали?

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- 6.1. В отчёте указать цель работы.
- 6.2. Привести перечень работ, выполняемых на сверлильном станке.
- 6.3. Выбрать и рассчитать режимы резания при сверлении на станке модели 2А135.
- 6.4. Указать рабочие движения при сверлении.
- 6.5. Выполнить эскизы режущего инструмента применяемого при работе на сверлильном станке.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 15 ЗУБОНАРЕЗНЫЕ РАБОТЫ. ОБОРУДОВАНИЕ, ОСНАСТКА И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических умений и навыков нарезания зубьев на фрезерном, зубофрезерном и зубодолбежном станках, выбора и расчета режимов резания при зубофрезеровании. Ознакомиться с типами режущего инструмента и основными схемами нарезания зубьев.

### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Ознакомиться со схемами нарезания зубьев и зуборезным оборудованием кафедры.
- 2.2. Ознакомиться с рабочими движениями при фрезеровании зубьев по методу копирования и обкатки.
- 2.3. Ознакомиться с режущим инструментом, и оснасткой применяемой при нарезании зубьев.
- 2.4. Выбрать и рассчитать параметры режимов резания для обработки

одной поверхности заготовки (чертёж согласно варианта).

### 3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

#### 3.1 Основные виды нарезания зубьев

Существует два метода нарезания зубьев, к которым следует отнести метод копирования и метод обкатки.

По методу копирования работы ведутся на фрезерных станках с установкой заготовок в делительной головке и периодическим поворотом заготовки на величину зуба, рисунок 15.1. Инструмент при этом копирует форму зуба. Для нарезания зубьев на зубчатых колесах используют пальцевую или дисковую модульную фрезы. По методу обкатки нарезание зубьев производится на зубофрезерных станках и зубодолбежных станках, где движение инструмента согласовано с вращательным движением заготовки. Схемы нарезания зубьев представлены при зубофрезеровании на рисунке 15.2, при зубодолблении на рисунке 15.3.

Зубофрезерование применяется для черновой и чистовой обработки наружных зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес. При зубофрезеровании применяются червячные фрезы. Метод нашел широкое применение при любом типе производств.

Зубодолбление применяется для чернового и чистового нарезания прямозубых и косозубых зубчатых колёс, с внутренним зацеплением, а также закрытых зубчатых венцов с внешним зацеплением, а также и открытых венцов с наружным зацеплением. В качестве инструмента при этом применяются долбяки. Различают долбяки: дисковые (рисунок 15.4), чашечные (рисунок 15.5) и хвостовые (рисунок 15.6). Хвостовые долбяки изготавливаются цельными и предназначены для нарезания зубьев при небольших габаритах заготовок. В отличие от хвостовых долбяков дисковые долбяки позволяют нарезать зубья на заготовках более крупных размеров чем хвостовые, но ограничены в применении размерами выхода долбяка.



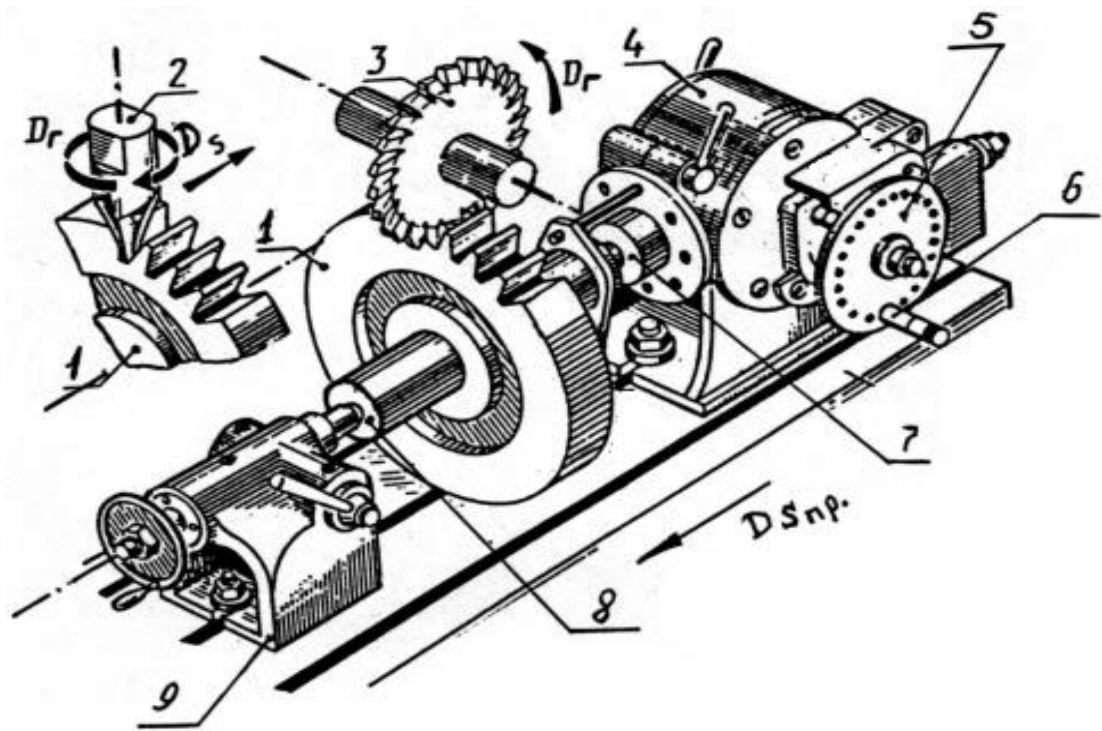


Рисунок 15.1 – Схема фрезерования в делительной головке:  
 1 – заготовка зубчатого колеса; 2 – пальцевая модульная фреза;  
 3 – дисковая модульная фреза; 4 – корпус делительной головки;  
 5 – делительный диск; 6 – рукоятка диска; 7 – шпиндель головки;  
 8 – оправка; 9 – задняя бабка

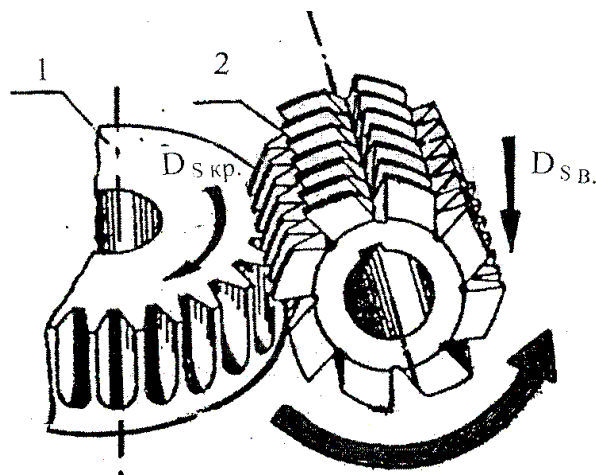


Рисунок 15.2 – Схема зубофрезерования на зубофрезерном станке:  
 1 – заготовка; 2 – червячная фреза

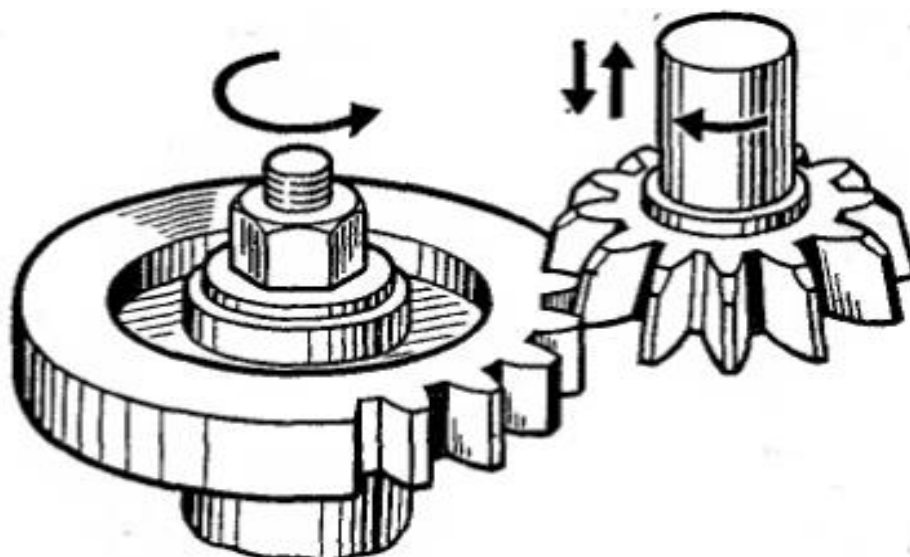


Рисунок 15.3 – Схема зубодолбления на зубодолбёжном станке:  
1 – заготовка; 2 – оправка; 3 – долбяк

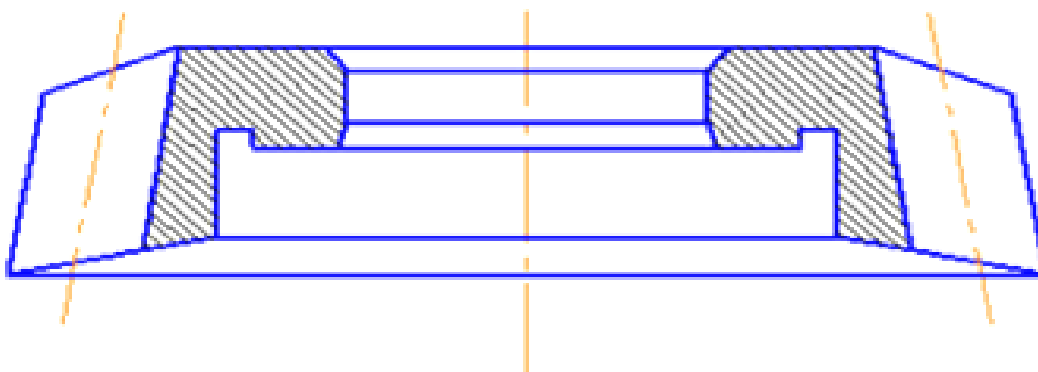


Рисунок 15.4 – Долбяк дисковый ГОСТ 6762

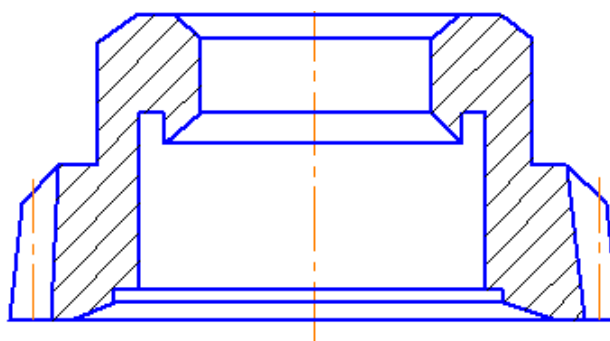


Рисунок 15.5 – Долбяк чашечный ГОСТ 6762

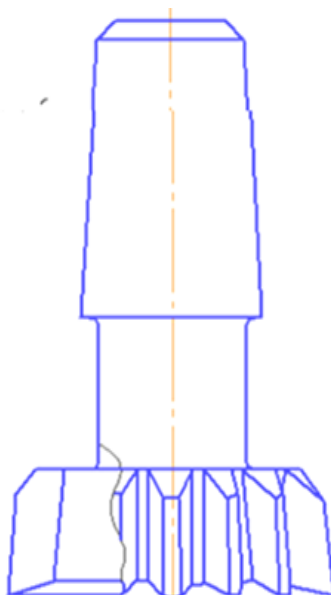


Рисунок 15.6 – Долбяк хвостовой ГОСТ 6762

Так при нарезании зубьев на блоке шестерён используются чашечные долбяки где выход долбяка не ограничивается расстоянием выхода так как его крепление не выступает за габариты зубьев.

Для чистовой обработки на зубофрезерном станке используется шевер (рисунок 15.7). Шевер служит для отделки боковых поверхностей зубьев, при которой для осуществления резания используется относительное скольжение между зубьями инструмента и заготовки в процессе их зацепления.

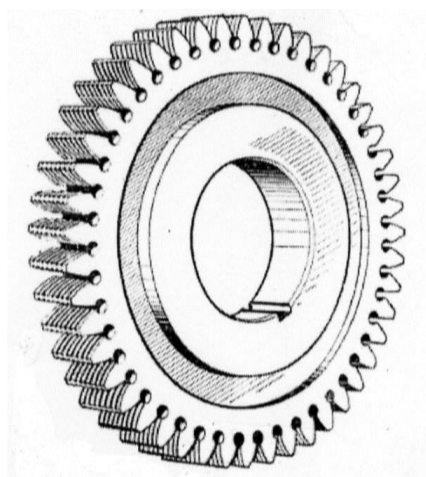


Рисунок 15.7 – Шевер дисковый. ГОСТ 8579

## 2.2 Элементы режимов резания при нарезании зубьев

Главное движение резания при зубонарезании на фрезерных станках – вращательное движение модульной фрезы. Скорость резания ( $V$  м/мин), при

этом определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n}{1000} \quad (15.1)$$

где  $D_{\phi}$  – диаметр модульной фрезы в месте определения скорости резания, мм;  $n$  – частота вращения модульной фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ .

Подача при нарезании зубьев:  $S_{об}$  – на оборот, мм/об – величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой.  $S_0$  – выбирается по таблицам.

Минутная подача  $S_m$ , мм/мин – величина перемещения стола с обрабатываемой заготовкой за одну минуту:

$$S_m = S_0 \cdot n \quad (15.2)$$

Глубина резания  $t$  при нарезании зубьев, мм – расстояние между вершиной и основанием зуба.

Ширина нарезаемого зуба  $B$ , мм – это расстояние между боковыми поверхностями зуба

## 2.3 Инструмент для нарезания зубьев

### 2.3.1 Инструмент зубообрабатывающий

Инструмент зубообрабатывающий – металлорежущий инструмент для обработки зубчатых колёс, червячных и храповых колёс, шлицевых валиков и др. деталей с зубьями. В зависимости от метода зубонарезания применяют модульные дисковые или пальцевые фрезы и зуборезные головки для работы методом копирования, зуборезные гребёнки, червячные фрезы, долбяки, зубо-строгальные резцы и резцовые головки для работы методом обкатки.

### 2.3.2 Фрезы зубообрабатывающие

Фреза дисковая модульная (рисунок 15.8) является фасонной и имеет затылованный зуб, профиль которого в радиальной плоскости соответствует профилю впадины нарезаемого зубчатого колеса. Дисковые модульные фрезы изготавливают наборами из 8, 15 и 26 шт. Каждая фреза набора используется для нарезания зубчатых колёс с определенным модулем и числом зубьев в определённом диапазоне.

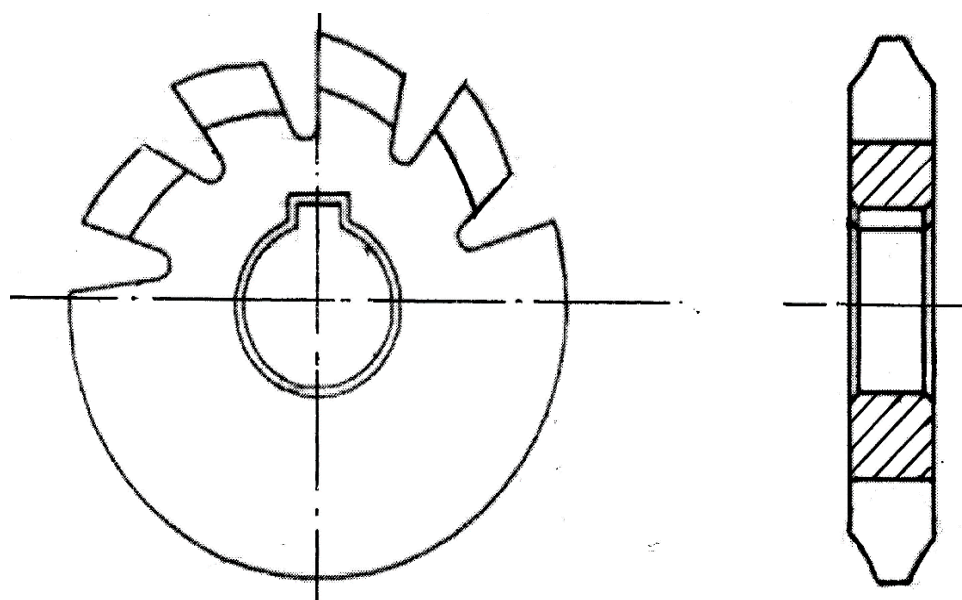


Рисунок 15.8 – Фреза дисковая модульная. ГОСТ 10996

Фреза пальцевая модульная (рисунке 15.9) – фреза с затылованным зубом – применяется в основном для нарезания косозубых и прямозубых колес с модулем свыше 20 мм. Профиль фрезы в осевом сечении при нарезании прямозубых цилиндрических колес соответствует профилю впадины колеса. Фрезы для нарезания шевронных или косозубых зубчатых колес имеют более сложный профиль.

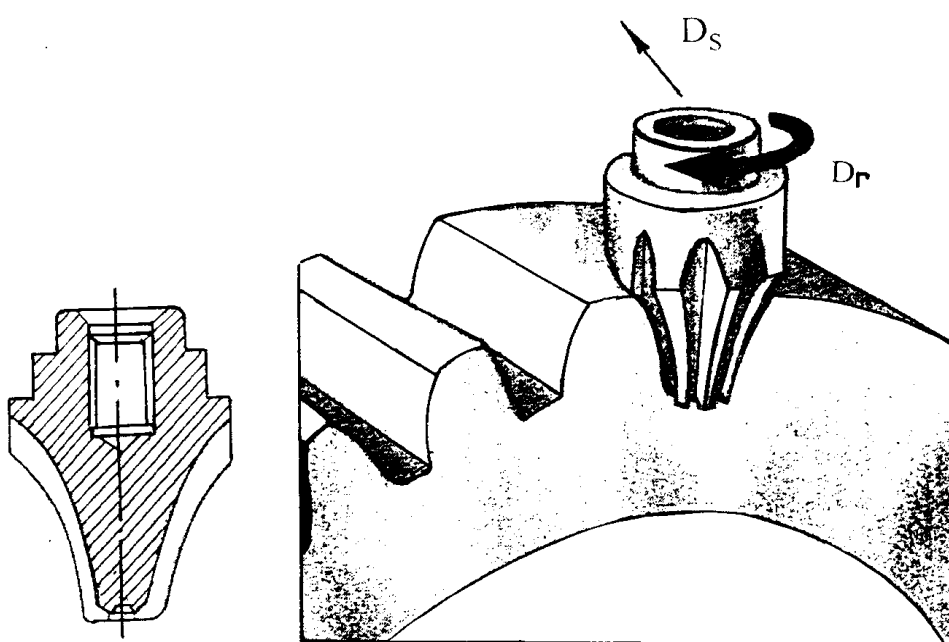


Рисунок 15.9 – Фреза пальцевая модульная

Фрезы червячные применяют для чернового и чистового нарезания зубчатых колёс. Различают фрезы для нарезания: цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями; червячных колёс; конических колес с криволинейными зубьями и глобоидных колёс. Наибольшее распространение при обработке цилиндрических зубчатых колёс имеют червячные фрезы с прямолинейным профилем в нормальном сечении, а также архимедовы червячные фрезы с прямолинейным профилем в осевом сечении. На рисунках 15.10–15.12 показаны червячные фрезы различного назначения.

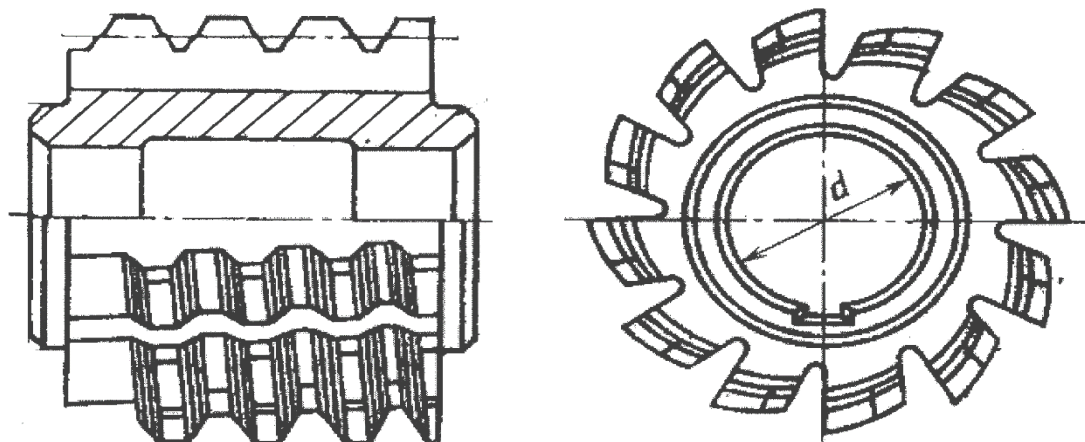


Рисунок 15.10 – Фреза червячная для шлицевых валов с прямобочным профилем. ГОСТ 8027-86

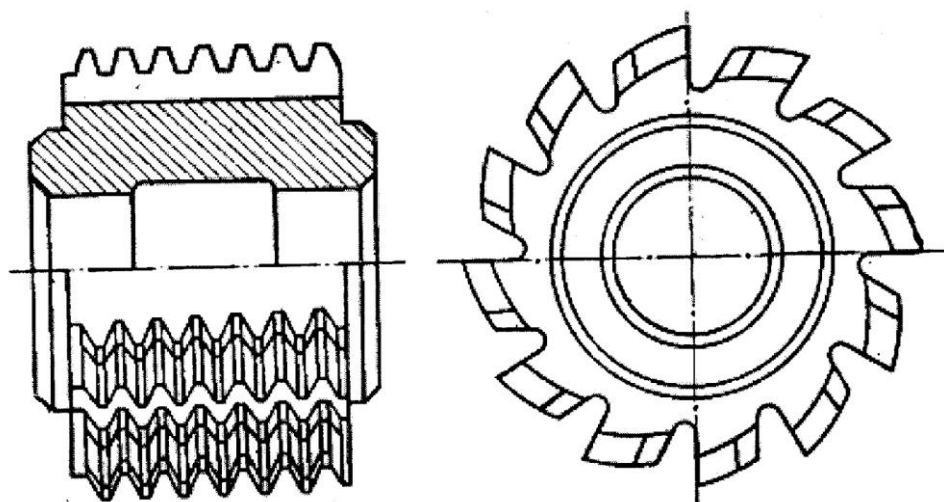


Рисунок 15.11 – Фреза червячная мелко модульная для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. ГОСТ 10331

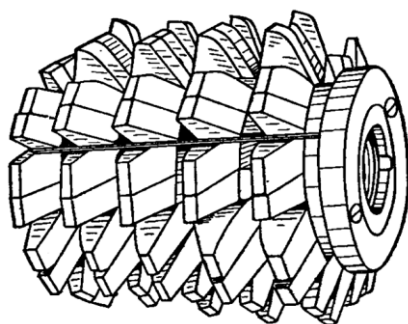


Рисунок 15.12 – Фреза червячная цельная для нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес

Зуборезная головка применяется для одновременного нарезания всех впадин зубчатого колеса за несколько проходов (рисунок 15.13). Профиль рабочей части каждого резца представляет собой копию впадины между зубьями. Подобные головки изготавливаются для обработки зубчатых колёс с модулем от 2 до 6 мм и используются в массовом производстве.

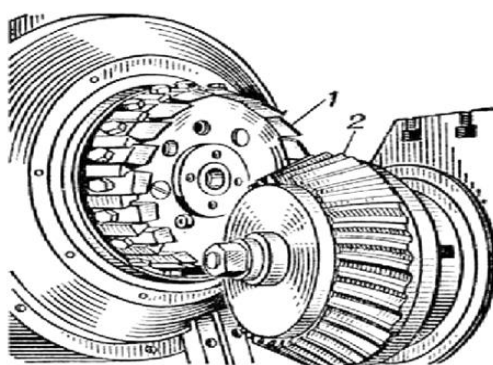
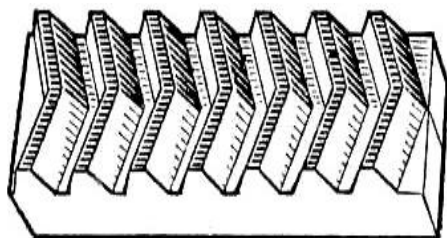


Рисунок 15.13 – Зуборезная головка:  
1 – резец; 2 – заготовка конического зубчатого колеса

Гребёнка зуборезная – зубчатая рейка, работающая как фасонный строгальный резец. Гребёнки прямозубые (рисунок 15.14, а) служат для нарезания цилиндрических зубчатых колёс, косозубые (рисунок 15.14, б) – для нарезания шевронных колёс.



а



б

Рисунок 15.14 – Гребёнка зуборезная: а – прямозубая; б – косозубая

Конические колёса нарезают с помощью зубострогальных резцов, рисунок 15.15 методом обкатки. По назначению различают резцы прорезные (черновые и чистовые). Прорезные резцы служат для предварительной (черновой) обработки впадин между зубьями конических колес с крупным модулем (более 10 мм). Чистовые резцы изготавливаются для чистовой обработки конических колес с модулем от 0,3 до 20 мм.

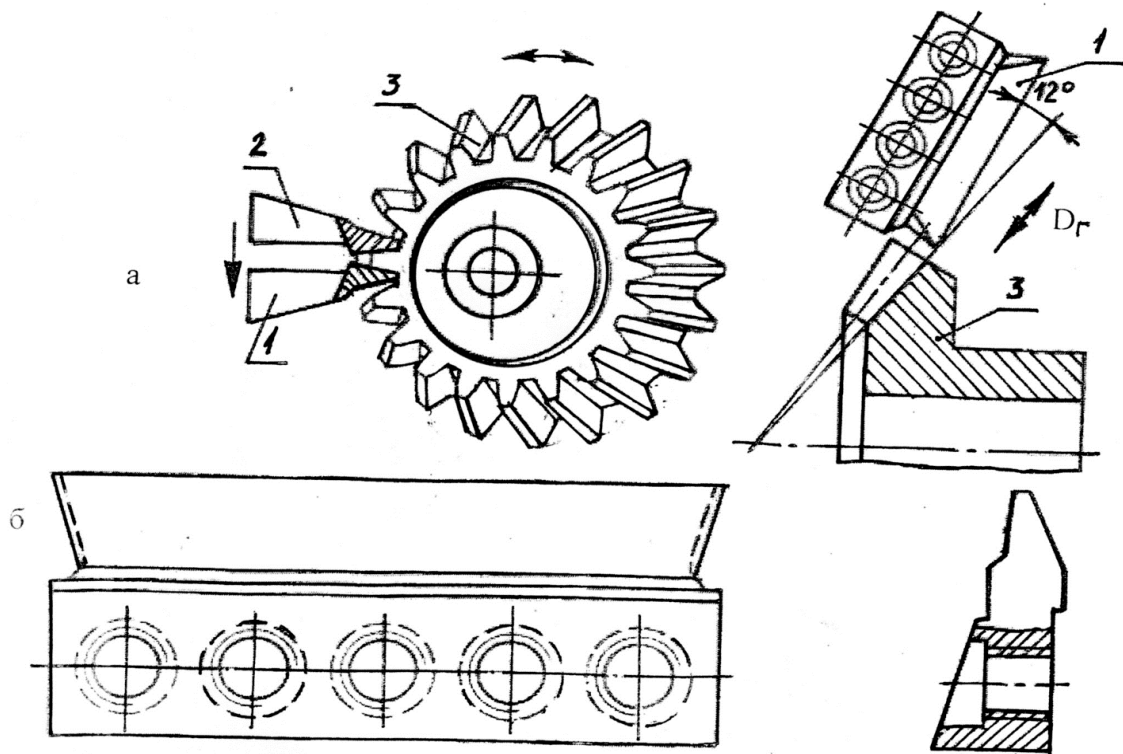


Рисунок 15.15 – Резцы для нарезания прямозубого конического колеса:  
 а – схема нарезания; б – резец для нарезания зубьев; 1, 2 – резцы;  
 3 – зубчатое колесо

Долбяк зуборезный предназначен для нарезания зубьев колёс как с наружным так и внутренним зацеплением см. рисунки 15.4–15.6.

Шевер многолезвийный инструмент в виде косозубого зубчатого колеса, зубья которого имеют продольные по высоте зуба канавки (см. рисунок 15.7), образующие режущие кромки инструмента. Шевер служит для отделки боковых поверхностей зубьев, при которой для осуществления резания используется относительное скольжение между зубьями инструмента и заготовки в процессе их зацепления.

### 3.4 Выбор режимов резания

Режимы резания при нарезании зубчатых колес червячными фрезами на зубофрезерных станках показаны в таблицах 15.1 и 15.2



Значение черновой подачи на оборот заготовки  $S_0$  в мм/об для однозаходной фрезы, при обработке стали 35 ( $\sigma_{\text{в}}=500\text{--}700 \text{ Н/мм}^2$ ) и стали 45 ( $\sigma_{\text{в}}=500\text{--}700 \text{ Н/мм}^2$ ), с углом наклона зуба –  $0^\circ$  – таблица 15.1.

Таблица 15.1 – Подача при черновой обработке  $S_0$  в мм/об

Обрабатываемый материал	Мощность Электродвигателя станка, кВт	Модуль $m$ , мм				
		1,5	2,5	4	6	8
		Подача на один оборот заготовки $S_0$ , мм/об				
Сталь $\sigma_{\text{в}}$ 600–750 $\text{Н/мм}^2$	1,5–2,8	0,8–1,2	1,2–1,6	1,6–2,0	1,2–1,4	–
	3–4	1,4–1,8	2,4–2,8	2,6–3,0	2,2–2,6	2,2–2,0
	5–9	1,6–1,8	2,4–2,8	2,8–3,2	2,4–2,8	2,2–2,6
	10 и более	–	2,4–2,8	2,8–3,2	2,6–3,0	2,4–2,8
Чугун серый 170–210 НВ	1,5–2,8	0,9–1,3	1,3–1,8	1,8–2,2	1,3–1,6	–
	3–4	1,6–2,2	2,6–3,3	2,8–3,2	2,4–3,0	2,2–2,4
	5–9	1,8–2,2	2,6–3,0	3,0–3,5	2,6–3,0	2,5–3,8
	10 и более	–	2,6–3,2	3,0–3,5	2,8–3,3	2,6–3,0

Значение чистовой подачи на оборот заготовки  $S_0$  в мм/об для однозаходной фрезы, при обработке стали 35 ( $\sigma_{\text{в}}=500\text{--}700 \text{ Н/мм}^2$ ) и стали 45 ( $\sigma_{\text{в}}=500\text{--}700 \text{ Н/мм}^2$ ), с углом наклона зуба –  $0^\circ$  (таблица 15.2).

Таблица 15.2 – Подача при чистовой обработке  $S_0$  в мм/об.

Характер обработки	Шероховатость поверхности $R_a$ 10-5 мкм	Обрабатываемый материал	Модуль $m$ в мм	Подача на один оборот детали $S_0$ в мм/об
По сплошному металлу	10–5	Сталь $\sigma_{\text{в}}$ 600–750 $\text{Н/мм}^2$	1,5–2	1,0–1,2
	2,5		3	1,2–1,8
	10–5		1,5–2	0,5–0,8
	2,5		3	0,8–1,0
	10–5	Чугун серый	1,5–2	1,2–1,4
	2,5		3	1,4–1,8

Характер обработки	Шероховатость поверхности Ra 10-5 мкм	Обрабатываемый материал	Модуль $m$ в мм	Подача на один оборот детали $S_0$ в мм/об
	10–5	170–210 НВ	1,5–2	0,5–0,8
	2,5		3	0,8–1,0
По предварительно прорезанному зубу	10–5	Сталь $\sigma_b$ 600–750 Н/мм <sup>2</sup>	1,5–2	2,0–2,5
	2,5		3	2,0–2,5
	10–5		1,5–2	2,0–2,5
	2,5		3	2,0–2,5
	10–5	Чугун серый 170–210 НВ	1,5–2	0,7–0,9
	2,5		3	0,7–0,9
	10–5		1,5–2	0,7–0,9
	2,5		3	0,7–0,9

П р и м е ч а н и е. При попутном фрезеровании подачи следует увеличить на 20–25 %.

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

- 4.1. Вертикально-фрезерный станок модели 6А12П.
- 4.2. Универсальная делительная головка УДГ-1.
- 4.3. Оправки для установки и закрепления заготовок на зубофрезерном и зубодолбёжном станке.
- 4.4. Комплект инструмента: модульные фрезы; червячные фрезы; долбяки.

#### 5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 5.1. Привести порядок расчёта режимов резания.
- 5.2. В каких случаях при нарезании зубьев применяется делительная головка?
- 5.3. Как определить подачу и частоту вращения инструмента при нарезании зубьев?
- 5.4. В чём заключается процесс нарезания зубьев?
- 5.5. Какие преимущества и недостатки нарезания зубьев на фрезерных, фрезерных зуборезных и зубодолбёжных станках?
- 5.6. Какое движение при нарезании зубьев является главным?
- 5.7. Какие подачи совершает заготовка при нарезании зубьев на

фрезерном, зубофрезерном и зубодолбежном станках.

5.8. Каким преимуществом обладает нарезание зубьев на зубодолбежных станках?

5.9. Какие инструменты применяются при нарезании зубьев по методу копирования?

5.10. Какие инструменты применяются при нарезании зубьев по методу обкатки?

5.11. На каких поверхностях нарезаются зубья?

5.12. Назовите виды зуборезного инструмента?

5.13. Каким инструментом осуществляют нарезание зубьев на фрезерных станках и форму их зубьев?

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

6.1. Указать цель работы.

6.2. Привести перечень работ, выполняемых на зуборезных станках.

6.3. Привести схемы нарезания зубьев и в чём их отличие. Отметить недостатки и преимущества каждого из способов нарезания зубьев.

6.4. Выполнить эскизы схем нарезания зубьев.

6.5. Выполнить эскизы инструментов, используемых при нарезании зубьев, и дать их описание.

6.6. Выбрать и рассчитать режимы резания при нарезании зубьев на зубофрезерном станке и зубодолбежном.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 16

### ТЕХНОЛОГИЯ ШЛИФОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ОБОРУДОВАНИЕ. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

#### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство плоскошлифовального станка, приобрести практические умения и навыки работы на плоскошлифовальном станке. Ознакомиться с инструментом, видами работ, выполняемых на шлифовальных станках. Выбрать оптимальные режимы шлифования на плоскошлифовальном станке.

#### 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомится с оборудованием и оснасткой шлифовальных станков кафедры.

2.2. Ознакомиться с видами обрабатываемых поверхностей на шлифовальных станках и рабочими движениями.

2.3. Ознакомиться с маркировкой и основными видами шлифовальных кругов.

2.4. Изучить работу основных узлов плоскошлифовального станка.

2.5. Выбрать и рассчитать режимы при плоскошлифовальной обработке.

2.6. Составить отчёт по работе.

### 3 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ШЛИФОВАНИЯ

#### 3.1 Общие сведения

Шлифование – технологический способ обработки материалов, позволяющий получать на заготовках поверхности с точностью размеров 8–6 квалитетов и шероховатостью  $Ra = 0,32 \dots 0,08$  мкм.

Шлифование является одним из производительных методов обработки различных поверхностей. Обработка осуществляется абразивным инструментом (шлифовальные круги, бруски, сегменты, шкурка и др.), абразивные зёрна которых являются режущими элементами.

Абразивные зёрна в инструменте закреплены связующим компонентом – связкой с обязательным наличием пор. Схема шлифования и конструктивные особенности абразивного инструмента показаны на рисунке 16.1. Особенностью шлифования является одновременное микрорезание несколькими зёрнами, каждое из которых имеет два – три режущих лезвия и более, у каждого режущего лезвия свои угловые параметры  $\alpha, \downarrow, \gamma, \phi, \phi^I, \lambda$ .

Передний угол  $\gamma$  у режущих лезвий зерен часто бывает отрицательный. Радиус округления режущих кромок абразивных зёрен близок к нулю. Поэтому в совокупности абразивные зёрна на поверхности круга способны срезать тончайшие слои с обрабатываемой заготовки, в отличие от лезвийного инструмента. Зёрна, закреплённые связкой в инструменте, находятся на различном уровне, и чем меньше толщина срезаемого слоя, тем меньше зёрен участвуют в резании. Чем больше зёрен участвуют в резании, тем меньше шероховатость обработанной поверхности. В процессе шлифования происходит выкрашивание затупившихся абразивных зёрен и забивания пор шлифовального круга мелкой пылевидной стружкой. Поэтому абразивный инструмент, как и любой лезвийный инструмент нуждается в периодической заточке (правке) по мере затупления, разрушения режущих элементов, потере геометрической формы. Инструмент для правки шлифовальных кругов показан на рисунке 16.2.

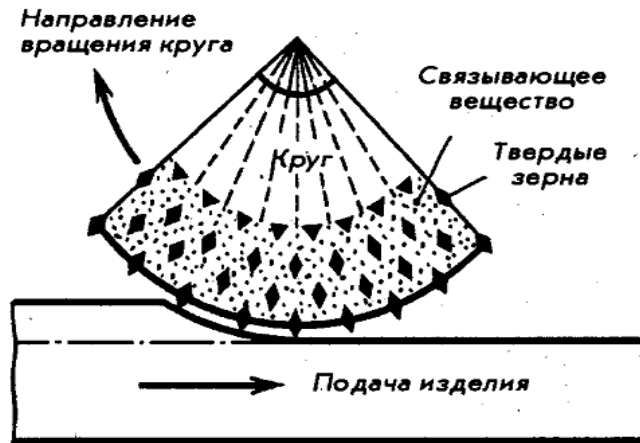


Рисунок 16.1 – Схема шлифования

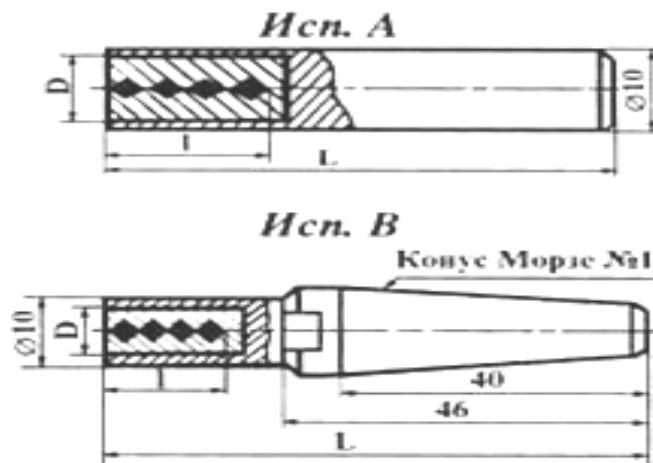


Рисунок 16.2 – Карандаши алмазные, правящие:  
исполнение А; исполнение В

### 3.2 Оборудование плоскошлифовального станка

В обозначении модели шлифовальных станков, к примеру 3Г71 первая цифра 3 указывает на принадлежность станка к станкам шлифовального класса, буква Г указывает на модификацию станка, цифра 7 указывает, что станок относится к плоскошлифовальным станкам, цифра 1 указывает на габаритные размеры станка.

На рисунке 16.3 приведен общий вид плоскошлифовального станка, который является типовым для станков данной группы.

Размеры плоскошлифовальных станков колеблются в широком диапазоне. Основными показателями у плоскошлифовальных станков являются размер рабочего стола, его перемещение, частота вращения шлифовального круга, число скоростей.

Плоское шлифование производится на плоскошлифовальных станках периферией круга с прямоугольным возвратно-поступательным движением стола с установленными на нём заготовками.

Плоскошлифовальные станки применяются для абразивной обработки плоских поверхностей, к которым предъявляются высокие требования по точности обработки и шероховатости поверхности.

Они снабжены электромагнитными или магнитными плитами, которые обеспечивают быстрое и надёжное крепление деталей, обладающих магнитными свойствами. При обработке немагнитных деталей для их установки применяются сложные приспособления.

Схемы шлифования показаны на рисунке 16.4. В серийном и массовом производстве широко применяется многоместная обработка (рисунок 16.5).

### 3.3 Режимы резания при шлифовании и принцип работы

Главным движением при шлифовании является вращение шлифовального круга, вспомогательным является движение подачи заготовки.

Схемы шлифования поверхности определяются конфигурацией, размерами и техническими требованиями деталей и представлены на рисунке 16.6.

Скорость вращения круга  $V_k$  можно определить по формуле:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (\text{м/с}) \quad (16.1)$$

где  $D_k$  – наружный диаметр круга (мм);  $n$  – число оборотов шпинделя станка (об/мин).

При шлифовании обычно  $V_k = 25 \dots 80$  м/с.

Вертикальная подача  $D_{s_v}$  представляет –  $t$  количество мм на двойной ход (мм/дв. х) или на ход (мм/ход); обычно принимают  $t = 0,005 \text{--} 0,02$  мм;

Продольной подачей  $D_{s_{пр}}$  является скорость продольного перемещения стола (м/мин).

Поперечной подачей  $D_{s_{п}}$  является величина поперечного перемещения стола  $S_{п}$ , выраженная в долях ширины круга  $(0,1 \dots 0,7)B$ , где  $B$  – ширина круга, мм.

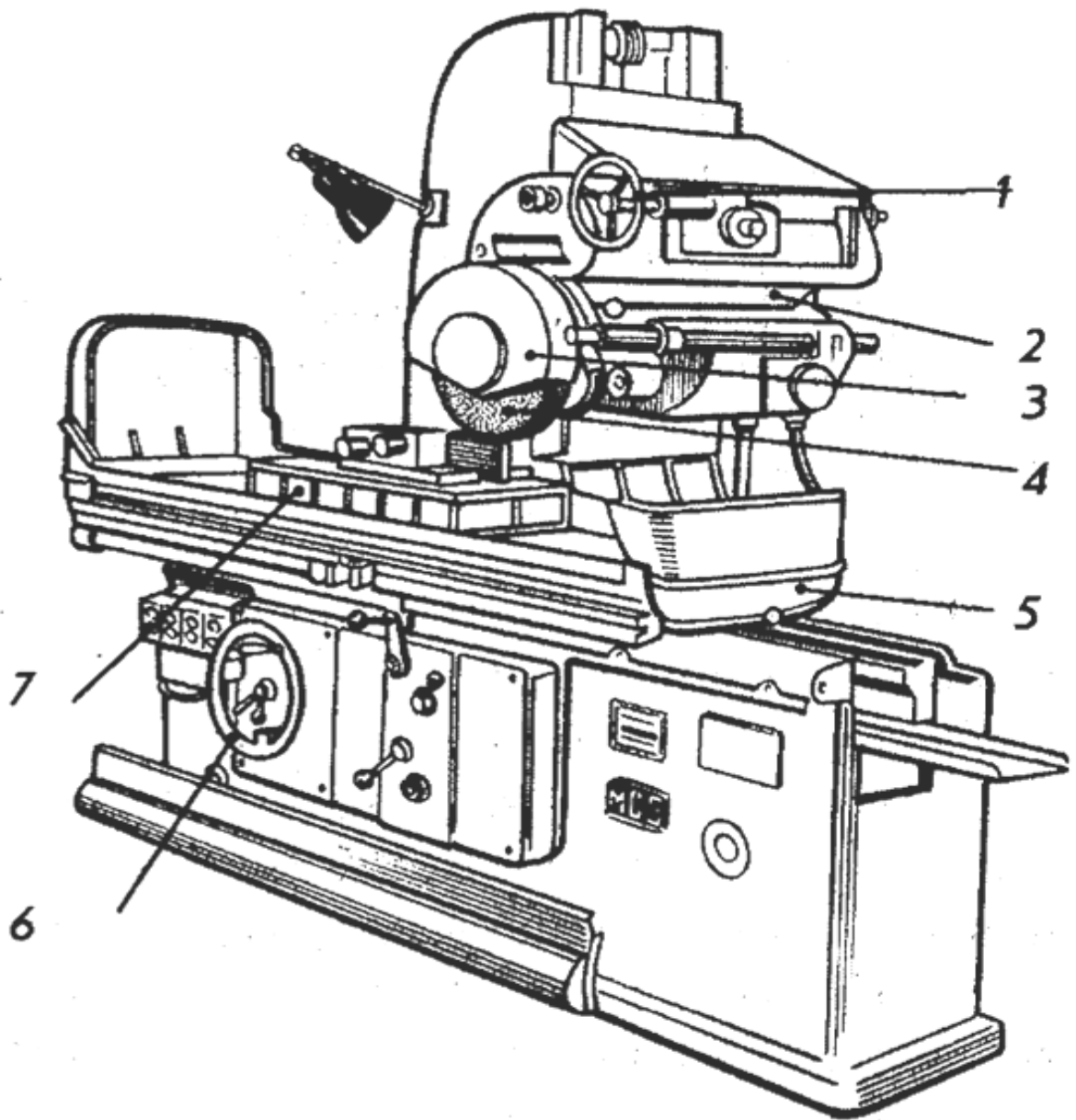


Рисунок 16.3 – Станок плоскошлифовальный:

- 1 – маховик для опускания шлифовального круга по вертикали;
- 2 – бабка; 3 – защитный кожух; 4 – шлифовальный круг; 5 – стол;
- 6 – маховик для передвижения круга в плоскости; 7 – магнитная плита

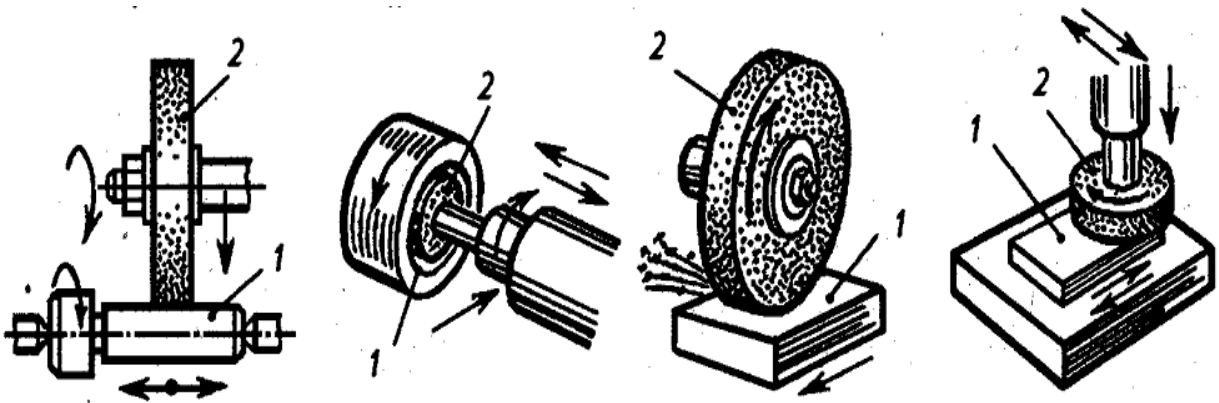


Рисунок 16.4 – Схема шлифования:

а – наружное шлифование; б – внутреннее шлифование; в – плоское шлифование периферией круга; г – шлифование торцом круга; 1 – заготовка; 2 – абразивный инструмент

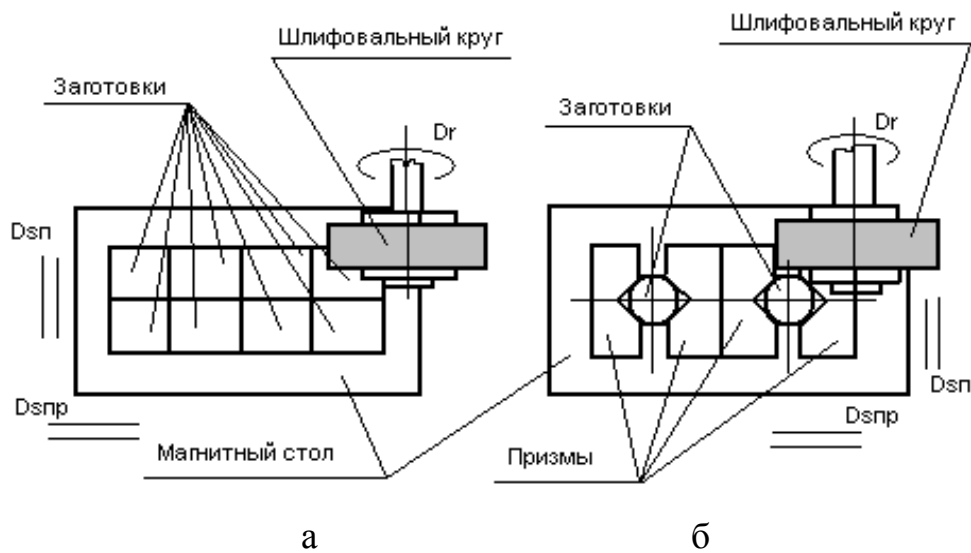


Рисунок 16.5 – Схемы установки при многоместной обработке: а – на магнитной плите, б – с помощью специальных приспособлений (призм)

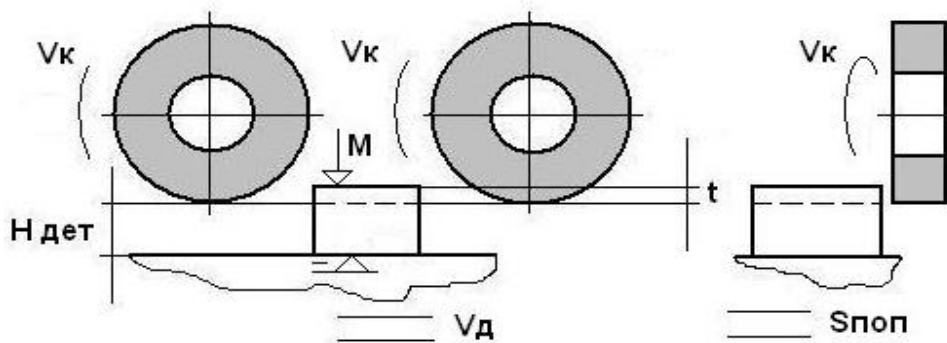


Рисунок 16.6 – Движения при плоском шлифовании



Плоское шлифование производится в следующей последовательности. В начале включается вращение шпинделя станка, затем шлифовальный круг опускается до касания с поверхностью заготовки, отводится и, устанавливается требуемая величина глубины резания –  $t$ . Далее заготовка начинает свой первый возвратно-поступательный ход. Пройдя со скоростью продольной подачи путь до конечного положения, заготовка совершает обратное движение с той же скоростью. После завершения первого двойного хода автоматически включается движение поперечной подачи, и заготовка перемещается в положение второго двойного хода и затем производится второй двойной ход и т. д., пока плоскость не будет обработана и заготовка не займет конечное положение в поперечном направлении.

При шлифовании, как и при любой другой обработке, в процессе резания происходит отжим шлифовального круга. В результате весь припуск не срезается. Чтобы скомпенсировать это, в конце каждого цикла поперечных ходов производят «выглаживание», т. е. шлифование без вертикальной подачи (однократное или многократное). При этом заготовка перемещается в обратном направлении. Процесс шлифования производится до полного исчезновения искр. За эти проходы происходит съем металла, который не был снят в процессе принудительной вертикальной подачи. В итоге заготовка принимает свое исходное положение.

После этого автоматически срабатывает механизм вертикальной подачи, и шлифовальный круг перемещается на размер вертикальной подачи  $D_{св}$ , и весь цикл обработки плоскости заготовки повторяется.

В такой последовательности продолжается плоское шлифование поверхности заготовки, пока не будет срезан весь припуск  $Z_0$ .

Рекомендуемые режимы при чистовом плоском шлифовании представлены в таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Рекомендуемые режимы чистового плоского шлифования

Шлифовальный круг	Обрабатываемый материал	Подача на глубину шлифования, мм	Скорость резания, м/с	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв.ход
Электрокорунд	Сталь углеродистая легированная	0,01–0,03	20–35	10–20	(0,2–0,4)H
Э34А	Чугун, бронза	0,02–0,06	20–35	10–20	(0,3–0,7)H

### 3.4 Режущий инструмент при шлифовании

Режущим инструментом при шлифовании является шлифовальный круг. В отличие от лезвийных инструментов, шлифовальные круги режут абразивными зёрнами из минералов и сверхтвёрдых материалов.

Шлифовальные круги имеют следующие характеристики: форму круга, марка шлифовального материала, зернистость, твёрдость, номер структуры, связку.

Шлифовальный материал выбирают исходя из области применения.

Шлифовальный материал делят на группы в зависимости от размера зёрен. ГОСТ 3647-80 устанавливает 4 группы шлифовальных материалов:

- шлифзерно (2000–160 мкм),
- шлифпорошки (125–40 мкм),
- микропорошки (63–14 мкм),
- тонкие микрошлифпорошки (10–3 мкм).

Совокупность абразивных зёрен шлифовального материала в установленном интервале называют фракцией. Фракцию, преобладающую по массе, объёму или числу зёрен, называют основной. Цифровое обозначение зернистости в зависимости от процентного содержания основной фракции дополняют буквенным индексом.

Характеристику конкретной совокупности абразивных зёрен, выраженную размерами зёрен основной фракции, называют зернистостью.

Вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления зёрен шлифовального материала в абразивном инструменте, называют связкой, которые подразделяются на:

– керамические связки (К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10) – для всех основных видов шлифования и обдирочных работ; К2 – для инструмента из карбида кремния; К3 – для мелкозернистого инструмента; К1, К4, К5, К6, К8, К10 – для инструмента из электрокорунда;

– бакелитовые связки (Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2) – круги с упрочненными элементами (сеткой), для шлифования при скоростях круга 65, 80 и 100 м/с; кругов для скоростного обдирочного шлифования;

– вулканитовые связки (В, В1, В2, В3, В5Гф) – круги для бесцентрового шлифования; гибкие круги для полирования и отделочного шлифования.

Твёрдостью абразивного инструмента называют величину, характеризующую свойство абразивного инструмента сопротивляться разрушению сцепления между зёрнами связкой при сохранении характеристик инструментов в пределах установленных норм. Твёрдость шлифовальных кругов на керамической, бакелитовой и вулканитовой связках определяют по ГОСТ 18118-79, ГОСТ 19202-80 и ГОСТ 21323-75. ГОСТ 3751-47.

**Связка** должна удерживать зёрна лишь до момента их затупления; затупившиеся зерна под действием возросших сил резания выкрашиваются. Так осуществляется самозатачиваемость кругов. При этом в работу вступают новые зёрна, и процесс последовательно повторяется. Если же затупившиеся зёрна продолжают удерживаться связкой круга, между ними налипают стружка и круг перестаёт резать. В этом случае круг засаливается, т. е. возможно появление прожогов. Поэтому твёрдые материалы – закалённые стали, твёрдые сплавы – шлифуют мягкими кругами. Вязкие материалы (красная медь, алюминиевые сплавы и др.) шлифуют очень мягкими кругами. Незакалённые стали и стали, с твердостью 40 ... 45 HRC шлифуют твёрдыми кругами, так как режущие свойства их зерен сохраняются довольно долго.

**Структура.** Количественное соотношение абразивного зерна, связки и пор в абразивном инструменте характеризует структуру абразивного инструмента. Структура абразивного инструмента зависит от объёмов зерна, связки и пор, входящих в него. Чем меньше номер структуры, тем меньше пористость. Структуре № 1 соответствует объём зерна, составляющий 60 %, каждый последующий номер имеет объём зёрен меньше на 2 %; соответственно с этим, структуре № 12 соответствует объём зёрен в 38 %. Структуры с № 1 по 4 с большим содержанием зерна называются плотными, структуры с № 5 по 6 – средними и структуры с № 7 по 12 – открытыми. С повышением твёрдости абразивного инструмента пористость его снижается; так при твёрдости М1 объём пор равен 46,5 %, а при твёрдости ЧТ2 объём пор равен 24 %. Абразивные инструменты с зернистостью 125–80 обычно изготавливают со структурами 3 и 4, зернистостью 50, 40 – со структурами 5 и 6, и с зернистостью 25–12 – со структурами 6 и 7.

Геометрические параметры шлифовальных кругов показаны на рисунке 16.7.

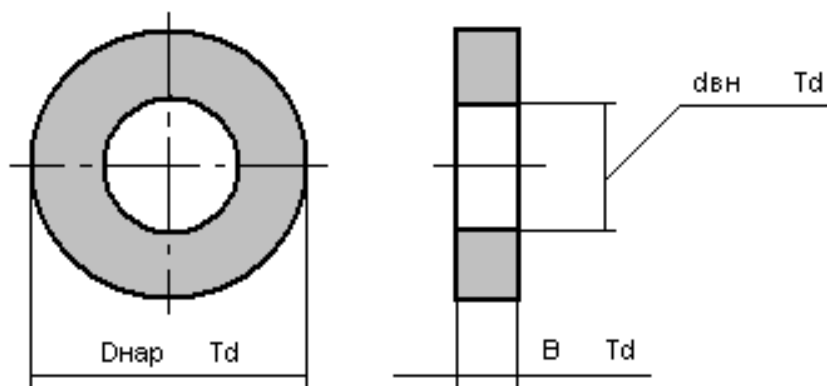


Рисунок 16.7 – Геометрические параметры круга по ГОСТ 11111-80: Dнар – наружный диаметр; dвн – внутренний (посадочный) диаметр; B – ширина; Td – допуск на размер

Пример маркировки шлифовального круга:

24А 25П СМ2 6 К5 35м/с А 1 350 × 100 × 35,

где: 24А – электрокорунд белый; 25П – зернистость; СМ2 – средне мягкий; 6 – средняя структура; К5 – керамическая связка; 35м/с – максимальная окружная скорость круга; А – класс точности; ПП – профиль (прямого профиля); 350×100×35 – размеры круга (Dнар × dвн × В).

## 4 ОБОРУДОВАНИЕ

4.1. Плоскошлифовальный станок модели ЗГ71.

4.2. Заточной станок ЗВ642.

4.3. Ограничительные упоры для закрепления заготовки на столе станка.

4.4. Шлифовальный круг.

4.5. Штангенциркуль ШЦ ||-250 ГОСТ 166-89

4.6. Стальные заготовки для плоского шлифования из различных материалов.

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

5.1. Указать цель работы.

5.2. Привести перечень работ, выполняемых на шлифовальных станках.

5.3. Выполнить эскиз схемы плоского шлифования периферией шлифовального круга.

5.4. Выполнить эскиз плоскошлифовального станка с указанием основных узлов.

5.5. Выбрать и рассчитать режимы резания при плоском шлифовании на станке модели ЗГ71.

## 6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

6.1. Дайте определение сущности процесса резания при шлифовании.

6.2. Какие рабочие движения имеют место при плоском шлифовании периферией круга, их размерность и обозначение?

6.3. Какое движение при шлифовании является главным?

6.4. Из каких основных элементов состоит шлифовальный круг?

6.5. Какие абразивные материалы используются для изготовления шлифовальных кругов? 6.6. Какие материалы используют для изготовления связки шлифовальных кругов?

6.7. Приведите маркировку шлифовальных кругов с определением всех

параметров?

6.8. Расскажите про устройство плоскошлифовального станка и приведите назначение основных его узлов.

6.9. С какой целью и как производится правка шлифовальных кругов?

6.10. Приведите значение скорости резания и подачи при обработке материалов на плоскошлифовальных станках.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, А. Ф. Вязов [и др.]. – 6-е изд. – Москва: Машиностроение, 2005. – 592 с.
2. Схиртладзе, А. Г. Технологические процессы в машиностроительном производстве / А. Г. Схиртладзе. – Москва, Высшая школа, 2007. – 926 с.
3. Усынин, В. Ф. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие. Часть 1. / В. Ф. Усынин, Ю. Ф. Правдин. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 135 с.
4. Усынин, В. Ф. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие. Часть 2. / В. Ф. Усынин, Ю. Ф. Правдин. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 214 с.
5. Правдин, Ю. Ф. Документы текстовые учебные. Общие требования к содержанию, построению и оформлению: учебно-методическое пособие / Ю. Ф. Правдин, В. Ф. Усынин, Т. П. Колина. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 69 с.
6. Усынин, В. Ф. Лабораторный практикум по технологии конструкционных материалов: учеб. пособие / В. Ф. Усынин, В. И. Щербаков. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 160 с.
7. ГОСТ 3.1109-82 Термины и определения.

Локальный электронный методический материал

Валерий Сергеевич Бедарев

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Редактор С. Кондрашова

Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 10,1. Печ. л. 10,0.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Калининградский государственный технический университет".  
236022, Калининград, Советский проспект, 1