

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования Амурский государственный университет (ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 24.03.01  
«Ракетные комплексы и космонавтика», специальности 24.05.01 Проектирование, производство и  
эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Благовещенск 2017 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
факультета инженерно-физического  
Амурского государственного университета

Составитель: Соловьев В. В.

Технология конструкционных материалов: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 24.03.01, специальности 24.05.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.- 105 с.

Рассмотрен на заседании кафедры Стартовые и технические ракетные комплексы  
«25» мая 2017г., протокол № 9.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Технология обработки металлов давлением

Общая характеристика обработки металлов давлением. Физические основы обработки металлов давлением. Получение машиностроительных профилей. Прокатка. Прессование. Волочение. Производство гнутых профилей. Способы получения поковок. Ковка. Горячая объемная штамповка. Изготовление деталей холодной объемной штамповкой. Листовая штамповка.

#### *Методические указания*

Изучая обработку металлов давлением, нужно сначала понять различия между упругой и пластической видами деформации. Необходимо изучить влияние химического состава, температуры, скорости и степени деформации на пластичность металлов и сплавов. Основным видом обработки материалов давлением является прокатка. Изучите основной сортамент проката, включая такие профили как сортовые, листовые, трубные, специальные. При рассмотрении технологии изготовления отдельных видов проката надо обратить внимание на последовательность операций выполняемых отдельными машинами и механизмами. В отличие от проката, когда используются пластичные материалы, при деформации сплавов пониженной технологической пластичности, путем прессования можно получать сложные по форме и точные по размеру профили. Прессование производят на прутковых и трубных прессах. Студенту надо разобраться в схемах прессования и применяемых инструментах. Изготовление изделий относительно малых сечений методами проката и прессования обычно энергетически нецелесообразно. Для производства проволоки, прутков, фасонных профилей и труб малого сечения более рационально использовать процесс волочения материалов. Технологические операции волочения, проводят после предварительной подготовки металлических заготовок, применяют различные виды смазки в зависимости от обрабатываемого металла и его назначения. Следует помнить, что волочение проводят обычно в холодном состоянии, что приводит к появлению в металле наклепа. Для снятия наклепа на некоторых этапах волочения применяют промежуточный или так называемый межоперационный отжиг. Крупные изделия сложной формы изготавливают методомковки. Рассматривая технологию свободнойковки, обратите внимание на необходимость учета припусков, допусков и напусков, их размеров и назначения изделий. При знакомстве с горячей и холодной объемной штамповкой изучите два способа: в открытых и закрытых штампах. Разберитесь в их конструкции, выясните, из каких материалов их изготавливают. Затем следует рассмотреть устройство и принцип работы штамповочных молотов и прессов. При изучении технологии листовой штамповки следует изучить штампы простого, последовательного и совмещенного действия, механизмы подачи и перемещения листового материала, удаления изделий и отходов, сущность новых и специальных методов листовой штамповки, их преимущества и недостатки, перспективы развития штамповки с применением энергии взрыва и др.

Вопросы для самопроверки:

1. На чем основана обработка металлов давлением?
2. Опишите сущность обработки металлов давлением. В чем заключается преимущество обработки металлов давлением по сравнению с обработкой резанием?
3. Как влияет обработка давлением на структуру и свойства металла? Как изменяется микроструктура металла после обработки давлением?
4. Какие нагревательные устройства применяются перед обработкой металла давлением? Опишите их устройство и назначение.
5. Опишите сущность процесса прокатки. Рассмотрите основные виды прокатки.
6. Опишите технологию производства сортовых профилей.

7. Опишите технологию производства листового проката.
8. Опишите технологию производства бесшовных труб.
9. Опишите технологию производства сварных труб.
10. Опишите технологию производства специальных видов проката.
11. Опишите основные операцииковки и применяемый инструмент. Приведите эскизы.
12. Какое оборудование применяется дляковки? Рассмотрите последовательность операций процессаковки. Опишите их содержание и назначение.
13. В чем заключается сущность процесса горячей объемной штамповки? Приведите схемы штамповки в открытых и закрытых штампах.
14. . Какое применяется оборудование для горячей объемной штамповки?
15. Дайте описание технологии холодной штамповки. Ответ иллюстрируйте схемами выдавливания.
16. Рассмотрите технологический процесс прессования (выдавливания) труб. Опишите схему устройства гидравлического пресса. Чем трубный пресс отличается от пресса для получения прутков.
17. Что такое волочение? Сущность процесса волочения проволоки, применяемое оборудование и порядок выполнения технологических операций.
18. Дайте описание технологического процесса волочения труб, применяемого при этом оборудования и инструментов.
19. Опишите технологию производства гнутых профилей.

### **Технология литейного производства**

Общая характеристика литейного производства. Современное состояние, место и значение литейного производства в машиностроении. Физические основы производства в машиностроении. Физические основы производства отливок. Тепловое, силовое, физико-химическое взаимодействие отливки и литейной формы. Способы изготовления отливок. Литейная форма, ее элементы и назначение. Изготовление отливок в песчаных формах. Изготовление стержней. Сборка, заливка литейных форм. Выбивка, очистка и исправление дефектов отливок. Отливка деталей в оболочковые формы и литьем по выплавляемым моделям. Литье в кокиль. Изготовление отливок литьем под давлением. Изготовление отливок центробежным литьем. Изготовление отливок из различных сплавов. Технологичность конструкций литейных деталей.

#### *Методические указания*

Литейное производство - отрасль машиностроения, использующаяся для изготовления фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали). При изучении этой темы необходимо рассмотреть такие явления как жидкотекучесть, усадка, трещинообразование, газовые раковины и пористость отливок. В практических целях необходимо разобраться в изготовлении отливок в песчаные формы. Изучить, что такое модельный комплект, применяемые формовочные и стержневые смеси, технологию изготовления литейных форм. Студент должен последовательно рассмотреть литье в металлические формы (кокиль), центробежное литье, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы. Далее необходимо рассмотреть технологические этапы получения отливки, то есть сборку и заливку литейных форм, охлаждение отливок, их выбивку и очистку. Далее следует ознакомиться с особенностями изготовления отливок из различных сплавов. Изучить оборудование, применяемое в литейных цехах для плавки и проведения других технологических операций. Литература: [2, с. 120-182]

#### *Вопросы для самопроверки:*

1. Что понимается под жидкотекучестью литейных сплавов? Как проводят испытания на жидкотекучесть сплавов?
2. Что такое усадка литейных сплавов? Опишите способы предупреждения усадочных раковин и пористости отливок.

3. В результате, каких явлений образуются трещины в отливках? Как бороться с этим видом брака?
4. Какие применяются меры для уменьшения возможности образования газовых раковин и пористости отливок?
5. Какие формовочные и стержневые смеси используют в литейном производстве? Их характеристики и методы испытания.
6. Дайте описание схемы работы литейного конвейера. Рассмотрите вопросы механизации и автоматизации изготовления литейных форм.
7. Машины для получения отливок под давлением, схема их устройства и принцип действия. Области применения отливок, изготовленных способом литья под давлением.
8. Перечислите свойства серого чугуна как литейного и конструкционного материала. Укажите, для каких целей применяются в машиностроении чугунные отливки? Приведите химические составы нескольких марок серого и модифицированного чугунов с указанием их механических свойств.
9. Изложите способы получения ковкого чугуна: виды ковкого чугуна, в чем особенности изготовления литейных форм для получения ковкого чугуна?
10. Опишите технологию изготовления отливок из алюминиевых сплавов.
11. Опишите технологию изготовления отливок из магниевых сплавов.
12. Опишите технологию отливок из медных сплавов.
13. Назовите виды дефектов при получении отливок и способы их устранения. Как, с применением какой аппаратуры и на каких стадиях изготовления производится контроль отливок?

### **Технология сварочного производства**

Общая характеристика сварочного производства. Физические основы получения сварного соединения. Термический класс сварки и его виды: дуговая сварка, ручная дуговая, сварка покрытым электродом, автоматическая сварка под флюсом, сварка в атмосфере защитных газов, сварка и обработка материалов плазменной струей, газовая сварка и сварка лазером. Термомеханический класс сварки (электрическая контактная сварка, диффузионная сварка в вакууме). Механический класс сварки. Ультразвуковая сварка. Сварка трением. Резка металлов: кислородная, кислородно-флюсовая, плазменная, воздушно-дуговая. Нанесение износостойких и жаропрочных покрытий со специальными свойствами. Наплавка дуговая, электрошлаковая, токами высокой частоты, плазменная и лазерная. Дуговая металлизация. Получение покрытий методами осаждения и конденсации из парообразной фазы. Особенности сварки различных материалов и сплавов. Пайка металлов и сплавов. Контроль качества сварных и паяных соединений.

#### **Методические указания**

Сварка металлов является наиболее совершенным методом получения неразъемных соединений, т.к. при этом достигается не только непрерывная металлическая связь между деталями, но и обеспечивается сравнительно равномерное силовое поле, вызывающее относительно небольшие напряжения сварного шва, а также уменьшение веса конструкции, по сравнению с другими методами получения неразъемных соединений. Студенту следует рассмотреть классификацию способов сварки и уметь выбирать наиболее целесообразную технологию сварки в зависимости от вида соединяемых металлов и условий эксплуатации конструкции. Наплавка, выполняемая методами аналогичными сварке, применяется для исправления изношенных деталей и локального повышения свойств металла. Необходимо изучить материалы, применяемые в качестве наплавочных, технологию газовой, газоэлектрической или электродуговой (ручной и автоматической) наварки присадочного материала, применяемое оборудование. 20 Изучение пайки металлов следует начать с рассмотрения видов припоев, их составов, свойств и областей применения. Затем приступить к ознакомлению с технологией пайки. При пайке происходит плавление лишь материала припоя, но прочность контакта припоя с материалом зависит от температуры пайки. Завершить изучение раздела целесообразно

рассмотрением видов дефектов сварки и пайки, изучением причин их возникновения и методов предупреждения. Дефекты швов являются следствием неправильного выбора или нарушения режима сварки. Виды внешних и внутренних дефектов сварных швов устанавливают методами дефектоскопии.

Вопросы для самопроверки:

1. Опишите физические основы получения сварного соединения.
2. Приведите классификацию методов сварки. Опишите их преимущества и недостатки.
3. Что называется свариваемостью металлов?
4. Какие типы сварных соединений Вы знаете?
5. Изложите различные способы электродуговой сварки.
6. Какие виды автоматизированных процессов сварки Вы знаете?
7. В чем сущность способа автоматической сварки? Начертите ее технологическую схему.
8. Опишите процесс электрошлаковой сварки.
9. Опишите принципиальную схему аргоно-дуговой сварки и ее преимущества перед другими способами сварки в среде защитных газов.
10. В чем состоит сущность газовой сварки?
11. Изложите сущность электродуговой резки металлов. Какое при этом применяется оборудование и каковы принципы его работы?
12. Расскажите о газовой резке металлов и областях ее применения.
13. Приведите примеры контроля качества сварных швов.
14. Опишите технологию контактной роликовой сварки стальных листов.
15. Опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра из стали 18ХГТ в условиях серийного производства.
16. Начертите схему контактной роликовой (шовной) сварки. Опишите, в чем состоят ее достоинства и недостатки.
17. Изобразите схему контактной точечной сварки. Опишите области ее применения. В чем заключаются особенности
18. . Изложите способы сварки ультразвуком и взрывом, диффузионной сварки в вакууме, газопрессовой сварки.
19. Расскажите о структурных превращениях стали в зоне термического влияния.
20. Каковы особенности сварки и контроля углеродистых и низколегированных сталей?
21. Каковы особенности сварки чугуновых отливок?
22. Расскажите о способах сварки Cu, Al и их сплавов.
23. Опишите технологию сварки емкостей из стали 14Х17Т толщиной 8 мм. В чем состоит особенность сварки высокохромистых сталей?
24. Какие физические явления сопутствуют пайке металлов? Какие применяются припой и каков их состав?
25. В чем состоят различия в технологии пайки мягкими и твердыми припоями?
26. Приведите примеры дефектов сварных швов и способы их контроля.
27. Опишите методы устранения дефектов сварки и пайки.

### **Металлорежущие станки**

Имеется значительное количество различных видов и типов металлорежущих станков. Следует иметь в виду, что, несмотря на разнообразие видов и типов станков, в них есть много общего, в частности, в механизмах узлов (частей) и их назначении. Например, каждый станок имеет станину, на которой монтируются остальные части станка. Большинство станков имеют одинаковые механизмы для сообщения движения частям станка: коробку скоростей, шпиндель, коробку подач и т.п. Следовательно, изучив подробно один из видов станков, например, токарно-винторезный, и перейдя к изучению другого вида станка, скажем, вертикально-сверлильного, студент встречает узлы того же

назначения, что и у токарно-винторезного, хотя и иного расположения. Студенты должны подробно изучить, главным образом, универсальные станки: токарно-винторезный, вертикально-сверлильный, универсально-фрезерный, круглошлифовальный и плоскошлифовальный. Следует также обратить внимание на станки, применяемые в крупносерийном и массовом производстве: токарные автоматы, зубофрезерные, протяжные и т.п.

*Методические указания* Ознакомление с видами работ, выполняемых на тех или других типах станков, студентам рекомендуется осуществлять последовательно по каждой группе станков. Например, изучив устройство станков токарной группы, студент должен получить четкое представление и о видах работ, производимых на таких станках. Затем перейти к освоению видов работ, которые рационально выполнять на токарно-револьверных, карусельных и, наконец, на многолезцовых станках и токарных автоматах. К этим работам относятся изготовление гладких и ступенчатых валов втулок, шкивов, заготовок шестерен и других цилиндрических и конических деталей. После освоения видов работ, выполняемых на станках токарной группы, студенты должны получить представление о работах, выполняемых на фрезерных станках, а также ознакомиться с принципами настройки делительных головок. Затем следует приступить к видам работ, выполняемых на сверлильных и других более сложных станках: расточных, протяжных, зуборезных, шлифовальных и других станках. При освоении видов работ, выполняемых на различных станках, целесообразно также рассмотреть способы и приспособления для крепления обрабатываемых заготовок. Для эффективного использования станков, в частности, по мощности и в целях сокращения затрат машинного времени необходимо освоить методы определения рационального режима резания. Следует различать скорость резания, допускаемую на основании требований к стойкости резцов, и скорость резания, допускаемую кинематической схемой станка, а также мощность и крутящий момент, которые могут передаваться станками и необходимые для конкретной операции резания. При изучении обработки заготовок на шлифовальных станках необходимо обратить внимание на то, что шлифование целесообразно применять для получения высокой точности и качества поверхности, а также для обработки высокотвердых материалов. В процессе ознакомления с видами отделочных операций рассмотрите основные схемы и научитесь различать характерные особенности притирки, полирования, обработки абразивными лентами, абразивно-жидкостной обработки, хонингования, суперфиниширования. Важнейший фактор повышения производительности труда и снижения затрат на изготовление деталей - механизация ручного труда и автоматизация управления металлорежущими станками. Основные направления автоматизации и механизации обработки состоят в автоматизации управления станками, обеспечивающей как повышение производительности, так и точности работы станков; в автоматизации операций установки и съема заготовок; разработке конструкций автоматов, автоматических систем и линий, допускающих переход на изготовление других изделий. В процессе изучения этого раздела необходимо рассмотреть станки, оснащенные цикловыми (ЦПУ) и числовыми (ЧПУ) видами программного управления (ПУ), особенности конструкций и методы работы на них. Следует иметь в виду, что для обработки весьма прочных, очень вязких, хрупких и неметаллических материалов, а также тонкостенных нежестких деталей, пазов отверстий, имеющих размеры в несколько микрометров, применяются электрофизические и электрохимические методы обработки. Поэтому необходимо уяснить возможности формообразования поверхностей различными методами.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите существующие системы приводов станков.
2. Какое назначение имеет коробка скоростей? Начертите и поясните схему устройства коробки скоростей одного из станков.

3. Какое назначение имеют коробки подач? Пользуясь упрощенной кинематической схемой токарного станка, составьте уравнение подачи и подсчитайте продольную и поперечную подачи суппорта.
4. Чем отличается устройство револьверных станков от обычных токарных?
5. Перечислите типы фрезерных станков и укажите их основное назначение.
6. Перечислите типы шлифовальных станков и их назначение. Какие движения могут иметь стол и шлифовальная бабка круглошлифовального станка?
7. Какие виды обработки заготовок выполняют на токарно-винторезных станках? Приведите 3-4 схемы обработки.
8. За счет, каких факторов можно повысить производительность резания?
9. Какие виды обработки заготовок выполняют на вертикально-сверлильных станках? Приведите схемы обработки.
10. Опишите обработку заготовок на вертикально-сверлильных станках. Приведите 2-3 системы обработки и применяемые инструменты.
11. Какие виды работ выполняются на горизонтально- и вертикально- фрезерных станках? Приведите 3-4 схемы обработки.
12. Какие виды работ выполняются с использованием универсальной делительной головки. Опишите ее устройство и способы деления.
13. Какие способы шлифования применяются для обработки заготовок? Приведите схемы шлифования и коротко изложите их назначение.
14. Какие абразивные инструменты применяются при шлифовании? Опишите процессы износа и правки шлифовальных кругов.
15. Изложите сущность и области применения абразивно-жидкостной отделки поверхностей заготовок.
16. Опишите физическую сущность, назначение и области применения суперфиниша и хонингования.
17. Опишите назначение и области применения отделочных методов – алмазного выглаживания и вибронакатывания.
18. Опишите физическую сущность, назначение и области применения светолучевого, электронно-лучевого и электроискрового методов обработки.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

### **Практическая работа № 1**

"Литье в песчаные формы"

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Получить начальное представление о способе формообразования путем литья в песчаные формы.

Освоить навыки изготовления песчаной формы в двух опоках.

#### **2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Отливкой называют изделие, полученное при затвердевании металла или иного материала в литейной форме.

Литейная форма, независимо от ее 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, которые используют до нескольких тысяч раз.

Большую часть средних и крупных отливок получают в разовых песчаных литейных формах. Эти формы пригодны для изготовления отливок практически любой сложности. Они находят широкое применение в массовом, серийном и индивидуальном производстве. Преимуществами литья в песчаные формы являются их универсальность и низкая себестоимость.

Песчаные литейные формы изготавливают из формовочных смесей, состоящих из кварцевого песка, глины, воды и материалов, улучшающих технологические свойства смесей и качество отливок.

В автотракторостроении этим методом получают чугунные блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания, корпуса коробок передач, детали заднего моста, рычаги, траки гусениц, ведущие звездочки, опорные катки и др.

К недостаткам способа относятся низкая точность размеров отливок и большая шероховатость поверхности, что приводит к увеличению объема механической обработки. Для процесса характерна оптимальная трудоемкость получения отливок, большой расход формовочных материалов при изготовлении форм и стержней, неблагоприятные условия труда из-за загазованности и запыленности литейного цеха.

Отмеченные негативные факторы приводят к использованию других способов литья. Однако этот процесс происходит медленно, и литье в песчаные формы еще долго будет доминировать.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ПЕСЧАНОЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

На рис.1 показана отливка, которую следует получить в песчаной форме. Отливка может быть выполнена из чугуна, стали, алюминиевого сплава (силумина), сплавов на основе меди (бронзы, латуни).

На рис.2 показана в разрезе песчаная литейная форма для получения отливки. Она 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 жесткость. Собранные полуформы соприкасаются друг с другом по плоскости разъема 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 подается 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 чаши 7, стояка 8, шлакоуловителя 9, питателя 10 и выпоров 6. Стояк и выпор имеют форму усеченного конуса с уклоном 3-5°. 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 чашу непрерывно до того момента, пока металл не покажется в выпоре.

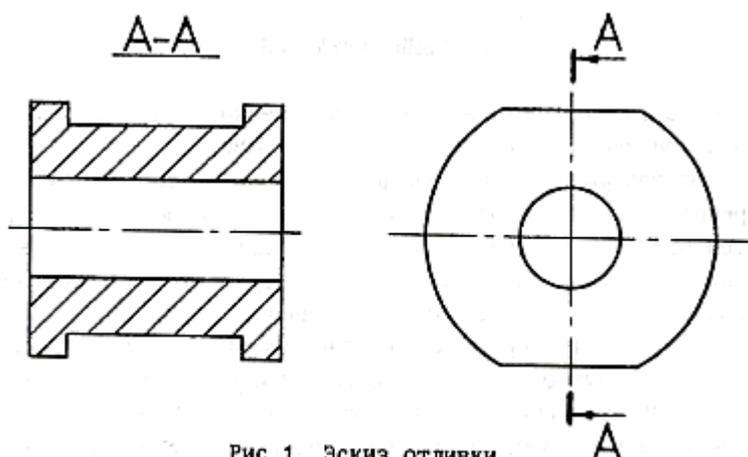


Рис. 1. Эскиз отливки

Спустя некоторое время после заливки металл затвердевает и отливку вместе с элементами литниковой системы (рис.3) извлекают из формы. Сами полуформы и

стержень при этом разрушают. Затем от отливки отделяют элементы литниковой системы, которые впоследствии переплавляют.

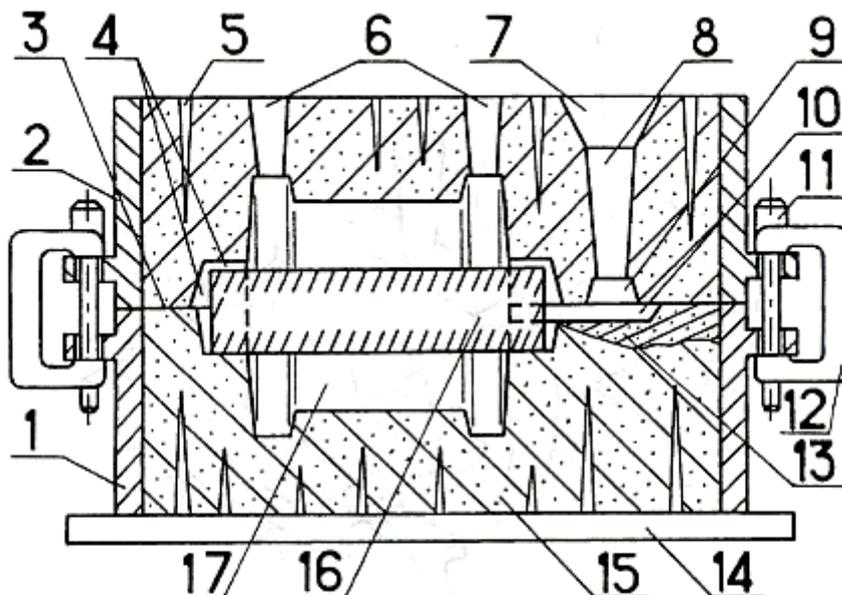


Рис.2. Эскиз песчаной литейной формы в сборе: 1 - нижняя опока; 2 - верхняя опока; 3 - плоскость разреза; 4 - зазоры; 5 - вентиляционный канал; 6 - выпоры; 7 - литниковая чаша; 8 - стояк; 9 - шлакоуловитель; 10 - питатель; 11 - центрирующий штырь; 12 - скоба; 13 - местный разрез; 14 - плита; 15 - формовочная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

Для изготовления формы используют модель отливки – элемент технологической оснастки, по которой получают негативный отпечаток внешних очертаний будущей отливки в пластичной формовочной смеси. Модели бывают разъемные и неразъемные. Основными материалами для моделей служат: древесина, алюминиевые сплавы, чугун и др.

Модель отливки, показанная на рис.4, является разъемной и состоит из двух симметричных половинок - верхней и нижней. Половинки модели соединяют по плоскости разреза 4, совпадающей с плоскостью разреза литейной формы. В нижней половине модели отливки есть отверстия, а из верхней половины выступают центрирующие шипы 5. При соединении половинок модели шипы входят в отверстия и препятствуют сдвигу верхней половинки относительно нижней в процессе формовки.

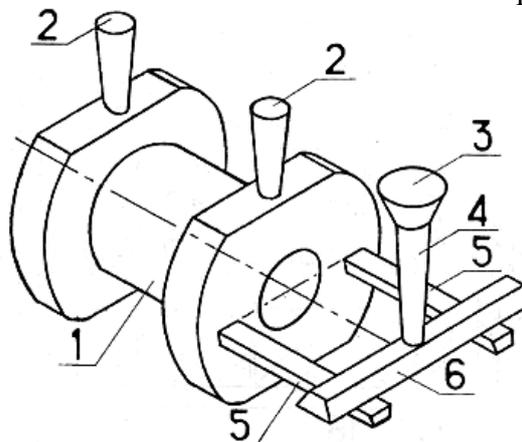


Рис.3. Эскиз отливки с элементами литниковой системы: 1 - отливка; 2 - выпор; 3 - чаша; 4 - стояк; 5 - питатель; 6 - шлакоуловитель

Основная (профилирующая) часть модели отливки длиной  $L$  соответствует наружной конфигурации (профилю) будущей отливки.

Кроме того, модель отливки имеет знаки 3, по которым в форме отпечатываются углубления для установки стержня.

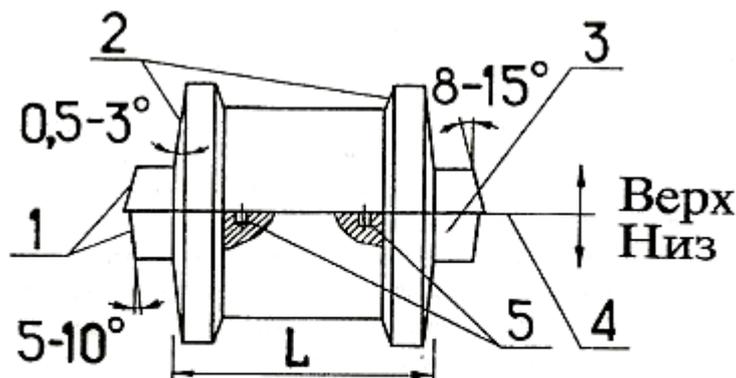


Рис. 4. Эскиз модели отливки: 1 - уклоны знака; 2 - уклоны основной части модели; 3 - знак модели; 4 - плоскость разъема; 5 - центрирующие шипы

На модели предусмотрены литейные уклоны 1 и 2, которые обеспечивают беспрепятственное извлечение модели из уплотненной песчаной формы в процессе ее изготовления. Уклоны назначают на всех поверхностях модели, перпендикулярных плоскости разъема формы. Величина уклонов основной части модели 2 составляет  $0,5-3^\circ$ , а величина уклонов знаков модели 1 -  $5-10^\circ$ .

Стержень, показанный на рис. 5, служит для получения внутренней полости в отливке. Стержень состоит из основной (профилирующей) части 1 и знаков 2, являющихся опорными частями 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 счет этого между формой и стержнем образуются зазоры 4, что хорошо видно на рис.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.

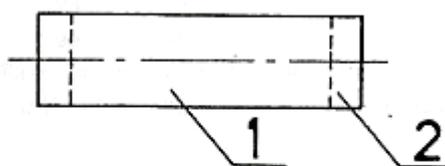


Рис. 5. Эскиз стержня: 1 - основная (профилирующая) часть стержня; 2 - знак стержня

Операции изготовления форм (формовку) выполняют на автоматических или механизированных линиях в серийном и массовом производстве, на отдельных машинах в мелкосерийном производстве или вручную в индивидуальном производстве.

#### 4. 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, газопроницаемостью, выбиваемостью 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 ее изготовления, транспортировки и заливки. Избыточная прочность нежелательна, так как увеличивается трудоемкость извлечения отливки из формы и стержня из отливки.

Газопроницаемость смесей обеспечивает удаление газов из формы и стержня. После заливки металла форма и стержень выделяют газы в количестве 15-45 см<sup>3</sup> из 1 см<sup>3</sup> смеси. Газы могут образовать в отливках газовую пористость и газовые раковины. Эти дефекты приводят к браку.

Огнеупорность определяется температурой плавления смеси. Температура плавления формовочной и стержневой смесей должна быть выше температуры заливаемого в форму металла. Для получения отливок из сплавов на основе железа (стали, чугуна) достаточную температуру плавления имеет кварцевый песок (около 1700°С). Естественно, для сплавов на основе алюминия или меди, кварцевый песок является абсолютно надежным огнеупорным материалом.

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

Состав стержневых и формовочных смесей оказывают заметное влияние на санитарно-гигиенические условия труда в литейном цехе, так как они выделяют пыль и вредные газы (окись углерода, формальдегид, фенолы). В производстве применяют все методы изоляции источников пыле- и газовой выделений, а также методы сокращения количества выделяющихся пыли и газов.

Типовая формовочная смесь содержит:

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

Кварцевый песок SiO<sub>2</sub> - огнеупорная основа смеси. Он состоит из зерен 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, опилки, битум и ряд других материалов.

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 тяжелые механические и температурные воздействия, поскольку находится внутри расплавленного металла. При остывании окружающий металл пытается сдавить стержень. Поэтому до заливки металла стержневая смесь должна иметь более высокую прочность, чем формовочная. После заливки металла стержневая смесь должна резко снижать свою прочность до уровня самовысыпания за счет выгорания смолы.

Упрочнения достигают за счет введения в смесь 2-6% связующих материалов на основе синтетических смол и других добавок. При сушке стержня происходит взаимодействие связующих добавок с кварцевым песком, вследствие чего стержневая смесь приобретает повышенную прочность.

Огнеупорная глина в стержневую смесь или не вводится, или вводится ограниченно только для повышения пластичности. Это объясняется тем, что при заливке формы металлом может произойти затвердевание стержня в случае наличия в нем глины. В результате затрудняется выбивание стержня из готовой отливки.

## 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕСЧАНОЙ ФОРМЫ В ОПОКАХ

Независимо от степени механизации формовка проводится в определенной последовательности.

На рис.6 показана установка нижней половины модели отливки, модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту. На шипы 5 подмодельной плиты 4 устанавливают половину модели отливки 1 и модели питателей (модель питателя) 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.

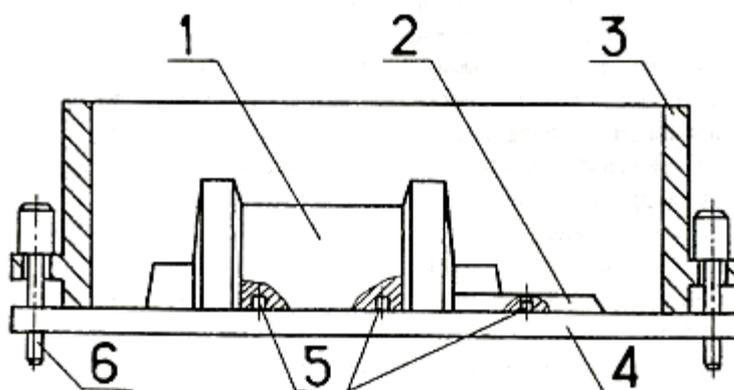


Рис. 6. Установка нижней половины модели отливки, модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту:

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

На рис.7 показана набитая нижняя опока - полуформа. Для ее 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 заостренной линейкой, и душником делают наколы (вентиляционные каналы 2) в набитой нижней опоке. Душник имеет форму длинного шила диаметром около 3 мм. Конец душника не должен доходить до поверхности модели на 10-15 мм. На 100 см<sup>2</sup> поверхности приходится 3-4 канала.

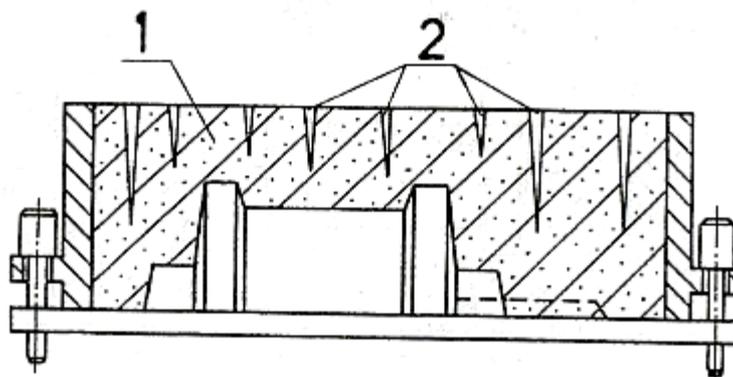


Рис. 7. Набитая нижняя опока - полуформа: 1 - формовочная смесь; 2 - вентиляционные каналы

На рис.8 показаны набитые верхняя и нижняя опоки полуформы. 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, стойка 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 разъема 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 чашу 4.

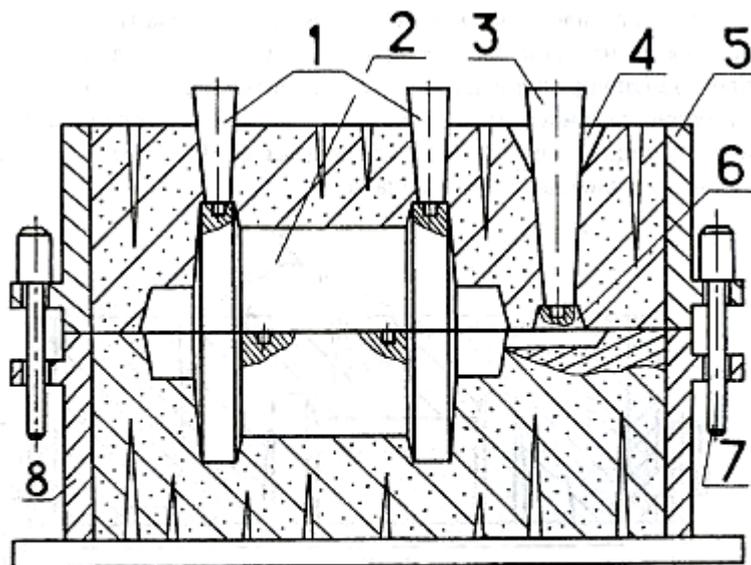


Рис. 8. Набитые верхняя и нижняя опоки - полуформы: 1 - модели выпоров; 2 - модель отливки; 3 - модель стояка; 4 - литниковая чаша; 5 - верхняя опока; 6 - модель шлакоуловителя; 7 - центрирующий штырь; 8 - нижняя опока

Производят раскрытие полуформ, из которых извлекают при помощи подъемников половинки модели отливки и модели элементов литниковой системы. Подъемником называют инструмент в виде стержня с резьбой на конце, ввинчивающийся в отверстие в модели. Подъемники могут соединяться с моделью и другим более удобным способом. Если есть повреждения полуформ, их исправляют.

При сборке формы (смотрите рис.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 извлекается отливка. Затем из отливки удаляется производится обрубка элементов литниковой системы отливок.

#### 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принципиальную конструкцию песчаной литейной формы.
2. Изучить конструкцию литниковой системы.
3. Изучить конструкцию опок, модели отливки и моделей элементов литниковой системы.
4. Изучить составы и свойства формовочной и стержневой смесей.
5. Изготовить самостоятельно песчаную форму вручную.
6. Оформить отчет в соответствии с вариантом задания, предложенным преподавателем.

#### 7. Форма отчета

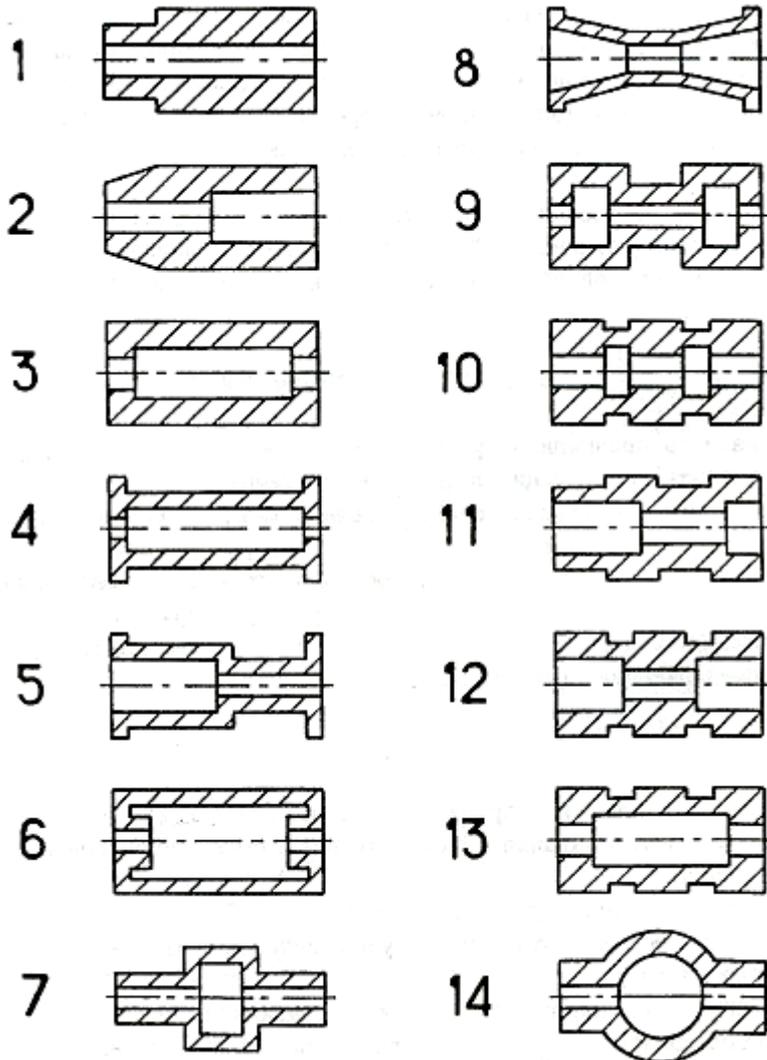
1. Эскиз отливки в разрезе по плоскости симметрии в соответствии с вариантом задания

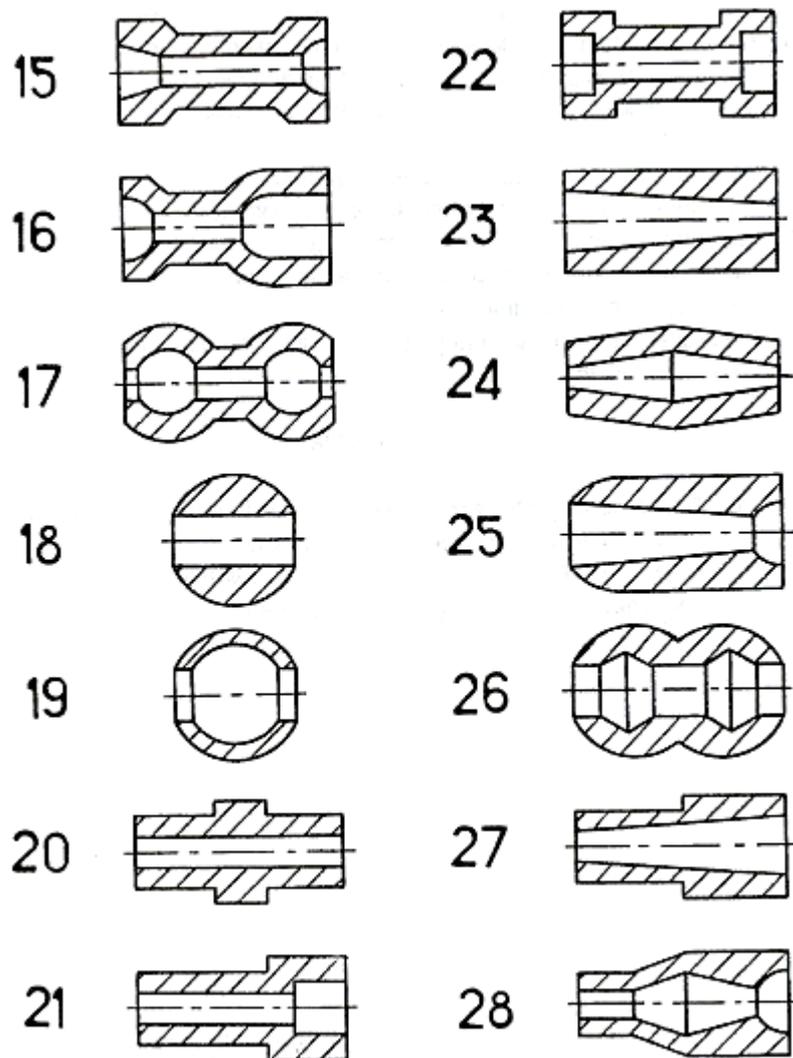
(увеличить все размеры пропорционально в 2 раза).

2. Эскиз стержня с указанием его частей.
3. Эскиз модели отливки с указанием ее частей, уклонов и плоскости разъема.
4. Эскиз литейной песчаной формы с указанием всех частей.
5. Последовательность операций при изготовлении песчаной литейной формы.
6. Состав, свойства и различия формовочной и стержневой смесей.

#### 8. Варианты заданий

Все отливки являются телами вращения относительно продольной оси и показаны в разрезе по плоскости симметрии, проходящей через эту ось.





### 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие детали автомобиля и трактора получают литьем?
2. Преимущества и недостатки литья в песчаные формы.
3. Состав и свойства формовочной и стержневой смесей.
4. Различия между эскизами отливки и модели.
5. Зачем нужна плоскость разъема песчаной литейной формы и модели?
6. Модель, ее назначение и конструкция.
7. Литейные уклоны, их назначение и величина.
8. Литниковая система, ее элементы и назначение.
9. Стержень, его конструкция и назначение.
10. Конструкция литейной формы.
11. Последовательность операций при изготовлении песчаной литейной формы.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

Цель работы - изучить конструкцию и принцип действия сварочных аппаратов для ручной дуговой сварки. Освоить навыки выбора сварочного оборудования, электродов и параметров режима сварки.

#### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1. ПЛАВЯЩИЕСЯ И НЕПЛАВЯЩИЕСЯ ЭЛЕКТРОДЫ, ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ, ИСТОЧНИКИ НАГРЕВА ЭЛЕКТРОДА

Дугой называют мощный устойчивый электрический разряд в ионизированной газовой среде между электродом и изделием.

В зависимости от того, в какой среде происходит горение электрической дуги, различают:

- открытую дугу, горящую на воздухе (состав газовой среды в зоне дуги - воздух с примесью паров свариваемого металла, материала электродов и электродных покрытий);
- закрытую дугу, горящую под слоем флюса (пары основного металла, проволоки и защитного флюса);
- электрическую дугу, горящую в среде защитных газов (атмосфера защитного газа, пары основного металла и сварочной проволоки).

Как показано на рис. 1, сварку можно вести плавящимся (металлическим) электродом или с использованием неплавящегося (угольного или вольфрамового) электрода.

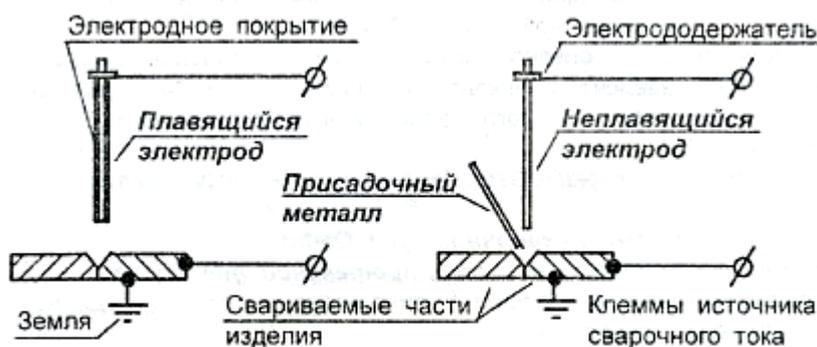


Рис. 1. Сварка плавящимся и неплавящимся электродами

Между торцом неплавящегося электрода и свариваемым изделием горит электрическая дуга. Присадочный металл вводится в зону горения сварочной дуги дополнительно. Он расплавляется и формирует сварной шов. Плавящийся электрод сочетает

функции неплавящегося электрода и присадочного металла.

При электрической дуговой сварке электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию, которая концентрированно вводится в свариваемые заготовки и оплавляет их в месте соединения.

Полная тепловая энергия, выделяемая при горении сварочной дуги

$$Q_n = I \cdot U \cdot \tau \quad (1)$$

где  $I$  - сила сварочного тока, А;  $U$  - напряжение сварочной дуги, В;  $\tau$  - время сварки, с.

Однако не вся тепловая энергия, выделяющаяся при горении сварочной дуги, расходуется на нагрев и расплавление основного металла и электрода. Часть тепловой энергии расходуется на плавление отдельных компонентов покрытия и образование газов, а часть тепловой энергии рассеивается в окружающей среде.

Эффективной тепловой энергией называют полезно используемую при сварке теплоту

$$Q_{эфф} = \eta \cdot I \cdot U \cdot \tau \quad (2)$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного использования тепловой энергии сварочной дуги.

Коэффициент полезного использования тепловой энергии сварочной дуги  $\eta$  зависит от конкретных условий сварки. Так, при ручной дуговой сварке величина этого коэффициента может колебаться в пределах  $\eta = 0,6 \dots 0,82$ .

В процессе сварки плавящиеся электроды нагреваются двумя источниками:

- тепловой энергией сварочной дуги  $Q_{эфф}$ ;
- теплотой, выделяющейся при протекании электрического тока на вылете электрода (длина электрода от электрододержателя до конца электрода)  $Q$ .

Тепло, выделяемое на вылете электрода  $Q$ , рассчитывается по закону Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \tau_{Дж} \quad (3)$$

где  $R$  - сопротивление вылета электрода, ом. Сопротивление вылета электрода

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \cdot 10^{-8}, \text{ ом, где } \rho - \text{удельное сопротивление, ом} \cdot \text{см; } l_{\text{выл}} - \text{длина вылета электрода, мм; } S - \text{площадь поперечного сечения электрода, мм}^2.$$

## 1.2. СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ И ИХ ВНЕШНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

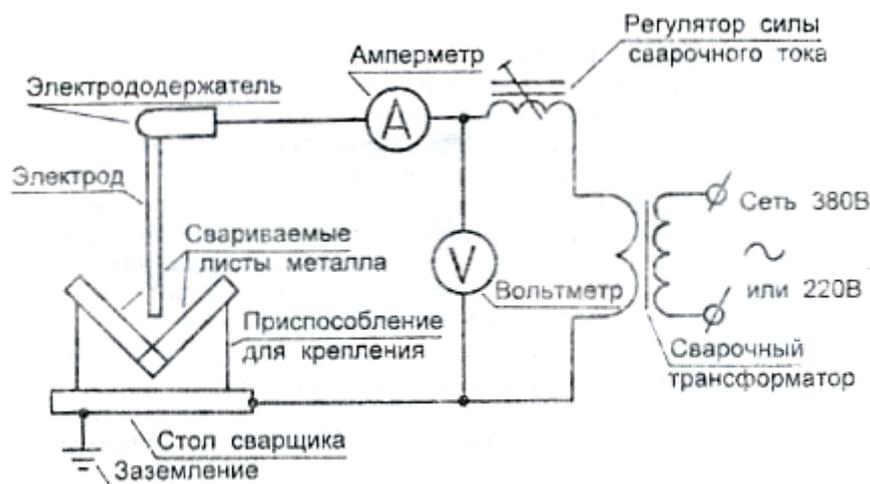


Рис. 2. Принципиальная схема сварки переменным током

Дуговую сварку плавлением выполняют постоянным или переменным током (рис. 2...4).

Для сварки переменным током (рис. 2) применяют сварочные трансформаторы.

Трансформатор понижает напряжение сети с 380В или 220 В до 70...80 В и менее, одновременно увеличивая силу тока до нужного значения. Для регулирования силы тока используют

регуляторы. Они либо выполнены отдельно от трансформатора (см. рис. 2), либо совмещены с трансформатором (см. рис. 6, 7). Амперметр и вольтметр показывают величину силы тока и напряжения при сварке.

Для сварки постоянным током применяют сварочные преобразователи (рис. 3), сварочные агрегаты или сварочные выпрямители (рис. 4). Регуляторы силы тока и здесь выполняют свою роль.

Сварочные преобразователи имеют электрический привод - электродвигатель переменного тока. Вал электродвигателя соединен с валом генератора, который преобразует механическую энергию в постоянный электрический ток. В сварочных агрегатах вал генератора вращается двигателем внутреннего сгорания.

Там, где есть сетевая электроэнергия, используют сварочный преобразователь (электродвигатель + генератор). В полевых условиях, где нет сетевой электроэнергии, используют сварочный агрегат (карбюраторный или дизельный двигатель + генератор).

В настоящее время на многих предприятиях сварочные преобразователи заменяют выпрямителями, так как последние во время работы не шумят и у них больше коэффициент полезного действия. В выпрямительных установках переменный ток с выхода понижающего трансформатора подают на выпрямитель.

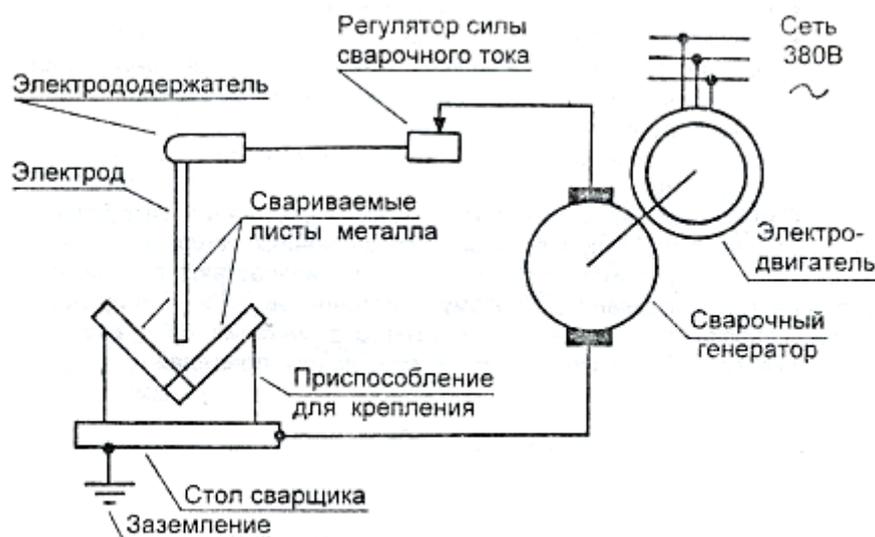


Рис. 3. Принципиальная схема сварки постоянным током

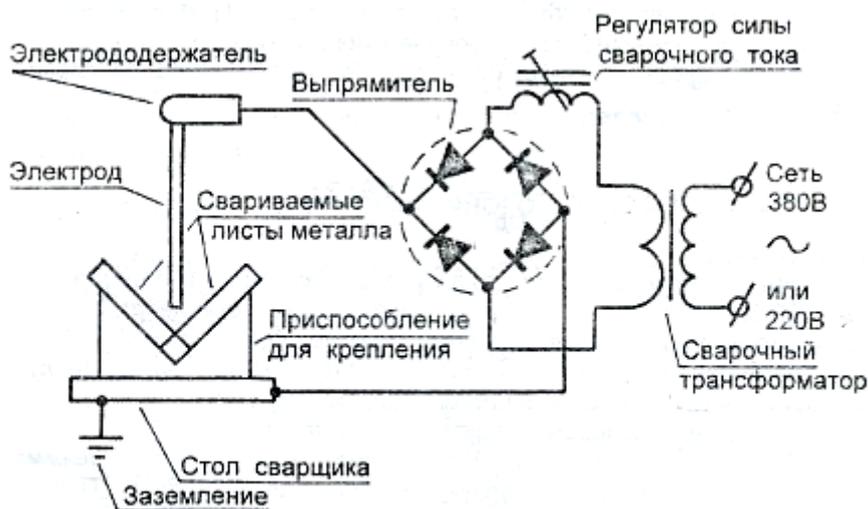


Рис. 4. Принципиальная схема сварки выпрямленным током

При сварке постоянным током обеспечивается высокая стабильность горения сварочной дуги и качество сварного соединения. Поэтому высоколегированные стали, из которых изготавливают ответственные конструкции сваривают с использованием постоянного тока.

Основным недостатком сварки постоянным током является меньший, по сравнению со сваркой переменным током, коэффициент полезного действия. Сварочный генератор постоянного тока, вырабатывающий сварочный ток, необходимо приводить в движение электрическим двигателем переменного тока (сварочный преобразователь) или двигателем внутреннего сгорания (сварочный агрегат}. В обоих случаях будут потери на трение движущихся

деталей и потери в обмотках электрических машин. Оборудование для сварки постоянным током конструктивно сложнее и стоит дороже.

При ручной дуговой сварке используют источники тока с крутопадающей внешней характеристикой (рис. 5). Внешней вольтамперной характеристикой называют зависимость напряжения на клеммах источника оттока нагрузки.

К источникам тока для ручной дуговой сварки предъявляют следующие требования:

- напряжение холостого хода должно обеспечивать надежное зажигание сварочной дуги, а также отвечать правилам техники безопасности (не должно превышать  $U_{xx} = 80$  В);
- ток короткого замыкания должен быть ограничен;
- внешняя вольтамперная характеристика источника тока должна быть крутопадающей для ограничения токов короткого замыкания и повышения стабильности горения сварочной дуги;
- источник тока должен быть надежным и простым в эксплуатации.

При малых значениях тока короткого замыкания затрудняется зажигание дуги, а при больших его значениях увеличивается перегрев токоведущих частей и электрода, возрастают потери металла на разбрызгивание. Поэтому у источников тока для ручной

дуговой сварки отношение тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и сварочного тока  $I_{св}$  должно изменяться в следующих пределах

$$1,25 < \frac{I_{кз}}{I_{св}} < 2,0 \quad (4)$$

Длину дуги поддерживают вручную. Поэтому в процессе сварки возможно изменение ее длины из-за произвольных движений руки сварщика. Источник сварочного тока должен обеспечить устойчивое горение сварочной дуги при изменении ее длины.

Дуга переменного тока зажигается и гаснет 100 раз в секунду. Поэтому для интенсивного первоначального и повторного зажигания дуги при проектировании источников сварочного тока обеспечивают условие

$$\frac{U_{xx}}{U_0} = 1,8 \div 2,5 \quad (6)$$

Напряжение холостого хода у разных сварочных аппаратов  $U_{xx} = 40 \dots 80$  В. У сварочных аппаратов постоянного тока напряжение холостого хода и рабочее напряжение ниже, чем у трансформаторов благодаря более высокой устойчивости горения сварочной дуги постоянного тока. Более низкое напряжение уменьшает вероятность поражения сварщика электрическим током.

При слишком короткой дуге возможно возникновение режима короткого замыкания и приваривание электрода к изделию. При слишком длинной дуге происходит ее обрыв из-за недостатка подводимой энергии.

При чрезмерно большом токе короткого замыкания возможен пробой и повреждение изоляции обмоток источника сварочного тока.

При по

При

1.3.

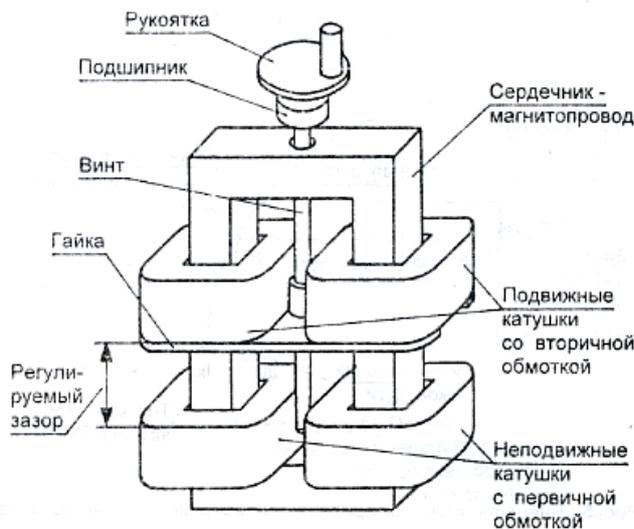


Рис. 6. Конструктивная схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки

61 и равно

(рис. 6, 7) являются:

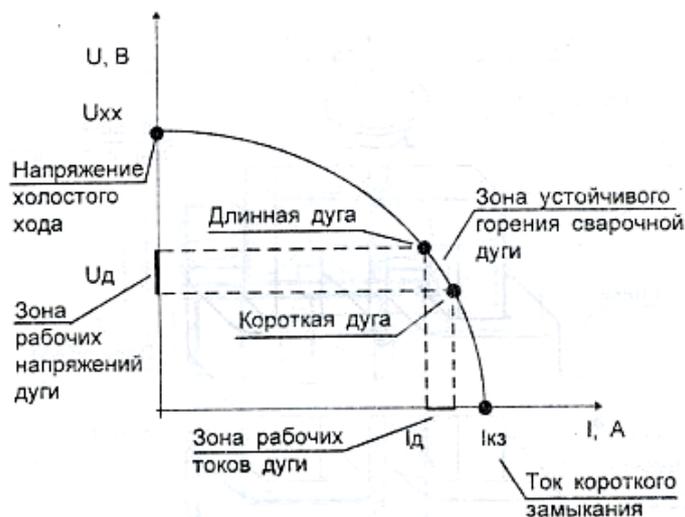


Рис. 5. Внешняя вольтамперная характеристика источника тока

прохождении большого тока электроду, он сильно нагревается по всей длине. этом может растрескаться и осыпаться электродное покрытие. Тогда будет затруднено повторное зажигание дуги.

### КОНСТРУКЦИЯ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Пределы регулирования сварочного тока  $I_{св}$  трансформатора ТД-300 составляют  $60 \dots 400$  А. Напряжение холостого хода  $79$  В. Рабочее напряжение  $30$  В.

Основными элементами сварочного трансформатора

- сердечник (магнитопровод);
- неподвижные катушки с первичной обмоткой;
- подвижные катушки со вторичной обмоткой.

Величину сварочного тока регулируют изменением расстояния между первичными и вторичными катушками благодаря подвижным вторичным катушкам.

Катушки первичной обмотки неподвижны. Катушки вторичной обмотки лежат на большой плоской гайке. При вращении рукоятки, соединенный с ней винт вкручивается в эту гайку. Винт через упорный подшипник связан с корпусом трансформатора. При вращении рукоятки винта гайка поднимается или опускается по винту вместе с вторичной обмоткой. Происходит плавное изменение силы сварочного тока.

При увеличении расстояния между обмотками уменьшается магнитный поток, пронизывающий вторичную катушку. Чем больше зазор, тем большая часть магнитного потока теряется за счет рассеивания в пространстве. Поэтому сварочный ток уменьшается. Уменьшение расстояния между обмотками приводит к увеличению тока.

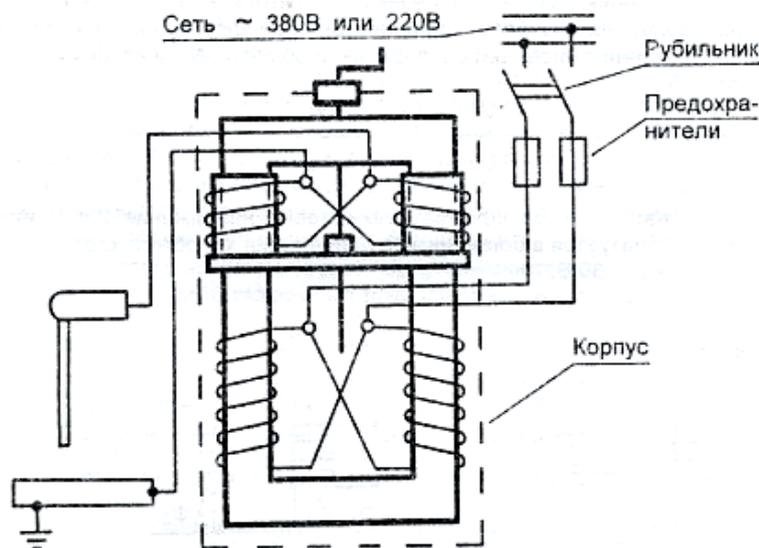


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки

#### 1.4. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

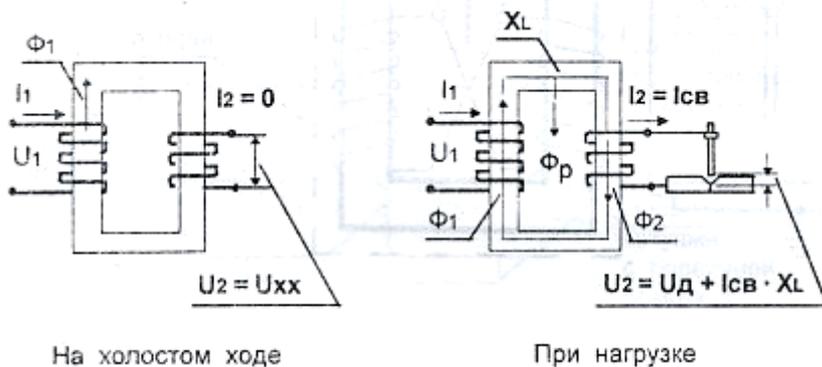


Рис. 8. Работа трансформатора

напряжением  $U_1$ . При этом по первичной обмотке идет ток  $I_1$ , который создает переменный магнитный поток  $\Phi_1$ . Этот поток индуцирует во вторичной обмотке переменное напряжение  $U_2$ . Поскольку цепь вторичной обмотки разомкнута, то ток в ней не идет  $I_2 = 0$  и никаких затрат энергии во вторичной цепи нет. Поэтому вторичное напряжение на холостом ходе максимально и эту величину называют напряжением холостого хода  $U_2 = U_{xx}$ .

Действие сварочного трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции.

Режим холостого хода трансформатора (рис. 8) устанавливают при разомкнутой вторичной обмотке в момент подключения первичной обмотки к сети переменного тока с

Отношение напряжений первичной и вторичной обмоток при холостом ходе называют коэффициентом трансформации  $K$ . Он также равен отношению чисел витков первичной обмотки  $w_1$  и вторичной обмотки  $w_2$ .

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (6)$$

В сварочных трансформаторах сетевое напряжение 220 В или 380 В преобразуется в более низкое напряжение холостого хода  $U_2 = U_{xx} = 60 \dots 80 \text{ В}$ ,

Режим нагрузки (см. рис. 8) устанавливают благодаря замыканию цепи вторичной обмотки в момент зажигания дуги. При этом под действием напряжения  $U_2$  во вторичной обмотке и дуге появляется ток  $I_2 = I_{св}$ . Этот ток в сердечнике создает переменный магнитный поток, который стремится уменьшить величину потока, создаваемого первичной обмоткой  $\Phi_k$ . Противодействуя этому, сила тока в первичной обмотке увеличивается. Увеличение потребления энергии в первичной обмотке должно быть равно увеличению отдачи энергии дуге вторичной обмоткой в соответствии с законом сохранения энергии.

Напряжение во вторичной обмотке трансформатора при нагрузке равно

$$U_2 = U_d + I_{св} \cdot X_L, \quad (7)$$

где  $U_d$  - падение напряжения на дуге;  $X_L$  - индуктивное сопротивление сварочного контура.

Омическое сопротивление сварочного контура  $R$ , включая вылет электрода, значительно меньше индуктивного сопротивления  $X_L$ . По этой причине при расчете  $U_2$  величиной  $R$  пренебрегаем.

Часть магнитного потока  $\Phi_p$  по пути от первичной обмотки ко вторичной рассеивается в пространстве. Магнитный поток рассеивания тем больше, чем больше расстояние между обмотками (см. рис. 7 и 8). В результате вторичную обмотку пронизывает магнитный поток  $\Phi_2$ . Падающая внешняя вольтамперная характеристика сварочного трансформатора получается благодаря изменению величины рассеивания магнитного потока  $\Phi_p$ .

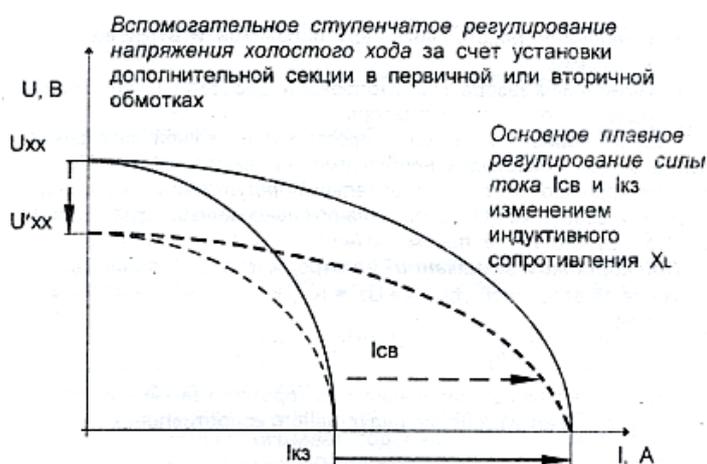


Рис. 9. Регулирование силы сварочного тока  $I_{св}$ , силы тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и напряжения холостого хода  $U_{xx}$  трансформатора

При этом напряжение дуги  $U_d$  уменьшается  $U_d = U_2 - I_{св} \cdot X_L$  при увеличении силы сварочного тока  $I_{св}$  и индуктивного сопротивления  $X_L$ .

Как показано на рис. 9, регулировать трансформатор можно:

- изменяя индуктивное сопротивление сварочного трансформатора  $X_L$
- изменяя напряжение холостого хода  $U_{xx}$ .

Первый способ более распространен и позволяет плавно регулировать сварочный ток. Второй способ применяют как дополнительный. Как

правило трансформатор имеет одну или две фиксированные величины  $U_{xx}$  и  $U'_{xx}$ .  $U'_{xx}$  получают, устанавливая дополнительные секции в первичной или вторичной обмотках. При величине напряжения холостого хода  $U'_{xx}$ , как и при  $U_{xx}$  можно плавно регулировать индуктивное сопротивление  $X_L$ , а следовательно сварочный ток  $I_{св}$  и ток короткого замыкания  $I_{кз}$ .

Плавное двухдиапазонное регулирование тока позволяет уменьшить массу и габариты трансформатора. Для получения диапазона больших токов обе катушки первичной и

вторичной обмоток включаются попарно параллельно, как показано на рис. 6. Для получения диапазона малых токов катушки первичной и вторичной обмоток включаются последовательно.

Регулирование сварочного тока  $I_{св}$  (как и  $I_{кз}$ ) при постоянном напряжении холостого хода трансформатора  $U_{хх}$  возможно только за счет изменения индуктивного сопротивления.

В существующих конструкциях трансформаторов регулирование индуктивного сопротивления вторичной цепи может быть выполнено:

- изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками;
- изменением зазора магнитопровода дросселя, выполненного отдельно от трансформатора.

Первый вариант интересен простой и надежной конструкцией. Однако если сваривать необходимо на расстоянии 10...40 метров от трансформатора, то отдельный регулятор будет всегда под рукой у сварщика. Он весит значительно меньше трансформатора. Поэтому его легче перемещать.

При коротком замыкании электрод касается изделия  $K_d = 0$ . Напряжение во вторичной обмотке  $U_2 = I_{кз} \cdot X_L$ .

Отсюда

$$I_{кз} = U_2 / X_L \quad (8).$$

Следовательно регулирование тока короткого замыкания возможно только за счет изменения индуктивного сопротивления  $X_L$ .

### 1.5. СТАЛИ И ИХ СВАРИВАЕМОСТЬ

В сварных конструкциях автомобилей, строительных и дорожных машин широко используют конструкционные стали. Стали обладают различной свариваемостью.

Под термином "свариваемость металлов" обычно понимают комплекс свойств свариваемого металла, обеспечивающих хорошую прочность и работоспособность сварного соединения в условиях эксплуатации.

В процессе сварки некоторые стали склонны к образованию трещин в шве или в зонах, прилегающих к шву. Появление этих трещин обуславливается главным образом химическим составом и внутренней микроструктурой стали. Из основных химических элементов, входящих в состав сталей, наибольшее влияние на образование трещин оказывает углерод. Поэтому в сварных конструкциях используют стали с содержанием углерода не более 0,3%.

Легированные компоненты, вводимые в сталь в небольших количествах, например молибден - 0,2...0,8%, ванадий - 0,1...0,3% и другие, наряду с улучшением механических свойств стали повышают ее свариваемость. Вредные примеси - сера и фосфор, а также оксидные включения и растворенные газы (водород, кислород и азот), ухудшают свариваемость стали.

На образование трещин влияет не только химический состав и структура стали, но также тип конструкции и характер соединения ее узлов.

В вариантах задания (глава 7) предусмотрено пять групп сталей:

- низкоуглеродистые конструкционные стали обыкновенного качества;
- качественные низкоуглеродистые конструкционные стали;
- низколегированные конструкционные стали;
- легированные жаропрочные стали;
- легированные коррозионностойкие стали.

Обозначение низкоуглеродистой стали начинается со слова Сталь (Сталь 15, Сталь 20 - качественные стали) или начальных букв слова Сталь (Ст 1, Ст2, Ст 3, Ст 4 - стали обыкновенного качества).

Чем больше цифра в обозначении конструкционной низкоуглеродистой стали обыкновенного качества (Ст 1, Ст2, Ст 3, Ст4), тем выше содержание углерода.

Цифра в обозначении качественной низкоуглеродистой конструкционной стали показывает содержание углерода в сотых долях процента. Например Сталь 10 содержит 0,10% углерода. В табл. 1 приведены условные обозначения легирующих элементов в марках сталей и марках сварочных проволок.

В обозначении легированных сталей, например 09Г2Д цифры 09 показывают содержание углерода в сотых долях процента -

0,09% С. Буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент: Г - марганец; Д - медь. Цифра после буквы указывает содержание легирующего элемента в целых процентах. Отсутствие цифры указывает на содержание элемента менее 1%.

Таблица 1.

Условные обозначения легирующих элементов в марках сталей и марках сварочных проволок

Элемент	Обозначение		Элемент	Обозначение	
Ниобий	Nb	Б	Бор	B	Р
Вольфрам	W	В	Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Медь	Cu	Д	Ванадий	V	Ф
Кобальт	Co	К	Хром	Cr	Х
Молибден	Mo	М	Цирконий	Zr	Ц
Никель	Ni	Н	Алюминий	Al	Ю

Исследования и опыт применения сварки в промышленности позволяют оценить с некоторым приближением каждую марку стали с точки зрения свариваемости как весьма высокую, высокую, удовлетворительную и низкую. Эти оценки приводятся в справочной литературе.

В индивидуальных заданиях на практическую работу стали, из которых предложено изготовить ванну обладают весьма высокой и высокой свариваемостью.

#### 1.6, ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Плавящийся электрод для ручной дуговой сварки представляет собой стержень из сварочной проволоки, на который нанесено электродное покрытие (обмазка). Промышленность выпускает достаточно большое число марок сварочной проволоки диаметром от 1,6 до 12 мм для изготовления электродов. Длина электродов составляет 150...450 мм. Наиболее часто используют электроды длиной 350Г 400 и 450 мм и диаметром 3,4 и 5 мм. Металл электрода и элементы электродного покрытия участвуют в формировании сварного шва.

Электродное покрытие.

- обеспечивает устойчивое горение дуги;
- восстанавливает окисляющийся в процессе сварки металл;
- легирует сварной шов необходимыми элементами;
- защищает зону сварки от попадания кислорода, водорода и азота из окружающего воздуха;
- образует шлаковый покров на поверхности сварного шва, уменьшая тем самым скорость охлаждения и затвердевания металла шва.

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик сварного соединения необходимо, чтобы химический состав сварного шва был близок к химическому составу свариваемой стали.

Поэтому для сварки стали определенного химического состава рекомендуется подобрать электроды с необходимым содержанием соответствующих легирующих элементов в сварочной проволоке (см. табл. 6).

Условное обозначение марки проволоки состоит из индекса Св - сварочная и следующих за ним цифр, показывающих содержание углерода в сотых долях процента и буквенных обозначений элементов, входящих в состав проволоки. Буква А в конце обозначения указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора.

Например Св-08ХМ для сварки конструкционных сталей содержит 0,08% углерода и менее 1 % хрома и молибдена. Св-04Х19Н11МЗ для сварки жаропрочных и коррозионностойких сталей содержит 0,04% углерода, 19% хрома, 11% никеля и 3% молибдена.

В состав покрытия входят:

- стабилизирующие вещества;
- раскислители и легирующие материалы;
- газообразующие материалы;
- шлакообразующие;
- • связующие и цементирующие.

Эти компоненты обеспечивают функции покрытия при его расплавлении в процессе сварки.

Стабилизирующие вещества предназначены для устойчивого горения дуги. К ним относятся соединения щелочных и щелочно-земельных металлов калия натрия, кальция и др.

Раскислители (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан) применяют для восстановления окисленного в процессе сварки металла. Кроме того эти же ферросплавы служат легирующими материалами и увеличивают содержание марганца, титана и других элементов в металле шва.

Газообразующие материалы (мрамор, магнезит, крахмал, оксицеллюлоза, древесная мука) образуют защитный газ, защищающий зону сварки от попадания кислорода, водорода и азота из окружающего воздуха.

Шлакообразующие (полевой шпат, кремнезем, магнезит, мрамор) образуют шлаковый покров на поверхности расплавленного металла шва. Шлак уменьшает скорость охлаждения и затвердевания металла шва, способствует выходу из него газовых и оксидных включений. После остывания сварного соединения необходимо скотить с него шлаковую корку.

Связующие и цементирующие (калиевое жидкое стекло  $K_2O \cdot SiO_2$ , натриевое жидкое стекло  $Na_2O \cdot SiO_2$ ) связывают все компоненты покрытия.

Электродное покрытие образуется из хорошо размолотых и перемешанных материалов, связанных жидким стеклом. Его наносят на сварочную проволоку, предварительно нарезанную на куски длиной от 350 до 450 мм. На один из концов куска покрытие не наносят. Он служит для закрепления электродов при их сушке, а при сварке для помещения в электрододержателе.

В справочниках кроме марки сварочной проволоки указывают марку электродного покрытия, а также рекомендации по использованию электродов.

Стальные электроды для дуговой сварки классифицируют в соответствии с ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75.

По назначению в зависимости от свариваемых материалов: У - для сварки углеродистых сталей;

- Л - легированных конструкционных сталей;
- Т - легированных теплоустойчивых сталей,

- В - высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- Н - для наплавки поверхностных слоев.

По толщине покрытия

- М - тонкие покрытия  $D/d < 1,2$  ;
- С - средние покрытия  $1,2 < D/d < 1,45$ ;
- Д - толстые покрытия  $1,45 < D/d < 1,8$ ;
- Г - особо толстые покрытия  $D/d > 1,8$ .

D - диаметр электрода с покрытием, d - диаметр сварочной проволоки.

По виду покрытия:

- А - с кислым покрытием;
- Б - с основным покрытием;
- Ц - с целлюлозным покрытием;
- Р - с рутиловым покрытием;
- П - с прочими покрытиями.

Кроме того электроды классифицируют по технологическим особенностям (сварка в различных положениях), по роду тока и полярности применяемого тока, а также по другим признакам. Полная маркировка электрода:

Э46А - УОНИ -13/45 - 4,0 - УД2                    ГОСТ 9466 - 75

E432(5)-Б10

По ГОСТ 9467 - 75 это расшифровывается:

- Э - электроды для электродуговой сварки;
- 46 - минимальный гарантируемый предел прочности (460 МПа );
- УОНИ -13/45 - марка электродного покрытия;
- 4,0 - диаметр электрода;
- У - электроды для сварки углеродистой и низколегированной стали;
- Д2 - электроды с толстым покрытием второй группы точности;
- Е - индекс, характеризующий свойства металла сварного шва;
- 43 - предел прочности на разрыв (не менее 460 МПа );
- 2 - относительное удлинение не менее 22 %;
- 5 - индекс, характеризующий ударную вязкость металла - 34,3 Дж/см при температуре минус 40°С.
- Б - основное покрытие;
- 1 - сварка во всех пространственных положениях;
- 0 - на постоянном токе обратной полярности.

Полная маркировка не содержит сведений о марке сварочной проволоки, что вызывает необходимость повторного обращения к стандарту.

Обычно производители электродов используют сокращенную маркировку. Например марка электродного покрытия УОНИ -13/45, марка сварочной проволоки Св - 08.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ РЕЗЕРВУАРА

Разработка технологического процесса сварки включает в себя:

- выбор типа сварного соединения;
- определение оптимального режима сварки;
- определение порядка наложения сварных швов;
- выбор сварочного оборудования.

### 2.1. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

В промышленности используют достаточно много типов сварных соединений.

- стыковые;
- угловые;
- тавровые,
- нахлесточные

В табл. 2 приведены некоторые типы стыковых сварных соединений, а в табл. 3 - угловых. В настоящей работе рассматриваются односторонние - У4, У6 и двухсторонние - У5, У7 угловые сварные соединения без разделки кромок и с разделкой одной кромки (см табл. 3).

#### ТИП СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Тип сварного соединения приведен в варианте задания (см. главу 7).

#### ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ И СОЕДИНЕНИЯ

Площадь поперечного сечения основного наружного шва определяют по формуле

$$S_{осн} = \frac{A^2}{2} \cdot K_y, \text{ мм}^2 \text{-----} \quad (9).$$

где  $K_y$  - коэффициент увеличения. Коэффициент увеличения выбирают по табл. 4 в зависимости от величины катета А. Коэффициент увеличения учитывает наличие зазора между свариваемыми деталями и выпуклость (полноту) шва.

Площадь поперечного сечения внутреннего подварочного шва определяют аналогично

$$S_{вн} = \frac{C^2}{2} \cdot K_y, \text{ мм}^2 \text{-----} \quad (10)$$

$K_y$  выбирают по табл 4 в зависимости от величины катета С.

Таблица 2

Стыковые сварные соединения при ручной дуговой сварке (ГОСТ 5264 - 80)

Форма подготовленн	Характер сварного	Форма поперечного сечения		Толщина свариваем	Условное обозначение
		подготовленных кромок	сварного соединения		
С отбортовкой кромок	Односторонний			1...4	C1
Без скоса кромок					C2
Со скосом одной кромки				3...60	C8
С двумя симметричным и скосами кромок	Двухсторонний			8.. .120	C25

Таблица 3

Угловые сварные соединения при ручной дуговой сварке (ГОСТ 5264 - 80)

Форма	Характер	Форма поперечного сечения	Толщина	Условное
-------	----------	---------------------------	---------	----------

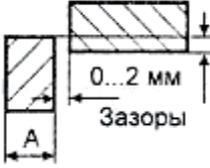
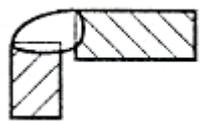
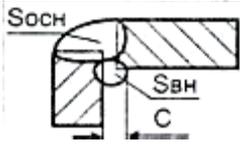
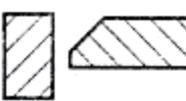
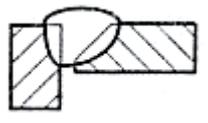
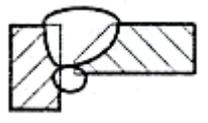
подготовленн ых кромок	сварного шва	подготовленных кромок	сварного соединения	свариваемы х деталей,	обозначение соединения
Без скоса кромок	Одностор онний			1...30	У4
	Двухстор онний			2...30	У5
Со скосом одной кромки	Одностор онний			3...60	У6
	Двухстор онний				У7

Таблица 4

Коэффициент увеличения  $K_u$

Катет шва А или С, мм	2,5...3	3,5...4	4,5...5,5	5,5...6
Коэффициент увеличения, $K_u$	1,5	1,45	1,4	1,35

Общая площадь поперечного сечения сварного соединения

$$S = S_{ocн} + S_{вн}, \text{ мм}^2 \quad (11)$$

Толщину свариваемых заготовок А (толщина стенок ванны) и величину катета подварочного шва С выбирают в соответствии с вариантом задания (см. главу 7).

## 2.2. ПОРЯДОК, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ НАЛОЖЕНИЯ ШВОВ

Швы длиной до 250 мм можно варить напроход (рис. 10). Сварка напроход от середины к краям рекомендуется при длине шва 250...500 мм. При большей длине шва рекомендуется обратноступенчатая сварка. Шов выполняют короткими отрезками 1...4.

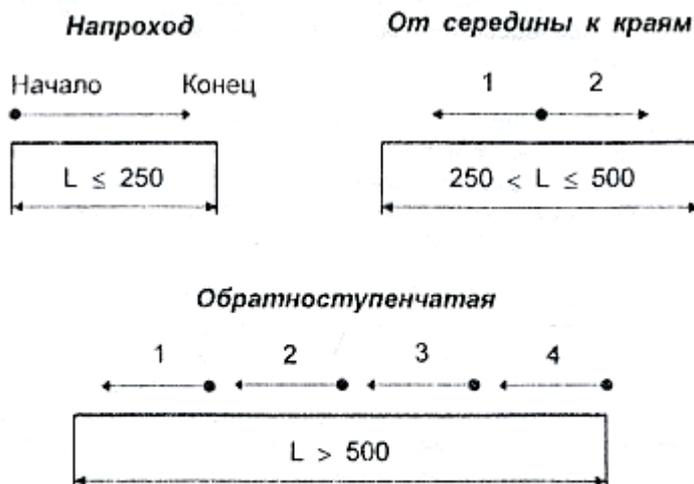


Рис. 10. Последовательность и направление наложения швов

Для уменьшения коробления свариваемой ванны необходимы определенный порядок и последовательность наложения сварных швов. На рис 11 приведен эскиз ванны с размерами, соответствующими примеру оформления отчета. Порядок наложения швов аналогичен во всех вариантах задания. Последовательность может быть разной

В вариантах с двухсторонними сварными соединениями У5 и У7 листы сначала прихватывают короткими внутренними подварочными швами, расположенными на расстоянии до 250 мм один от другого. Затем проваривают внутренний подварочный шов полностью. Подварочными швами соединяют все элементы ванны. После этого ванну переворачивают и выполняют основные наружные швы. В вариантах с односторонними сварными соединениями У4 и У6 внутренние швы не выполняют. Листы прихватывают снаружи. Затем полностью проваривают наружные швы

### 2.3. РЕЖИМ СВАРКИ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Режим сварки - совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварного шва заданного размера, формы и качества. При сварке открытой дугой такими характеристиками являются:

- марка и диаметр электрода;
- напряжение дуги;
- сила сварочного тока;
- род тока и полярность;
- скорость сварки.

#### МАРКА ЭЛЕКТРОДА

При выборе марки электрода следует учитывать химический состав свариваемой стали и требования, предъявляемые к качеству сварного соединения. Марку сварочной проволоки и марку электродного покрытия выбирают по табл. 6 в зависимости от марки свариваемой стали. Для расшифровки марки стали и сварочной проволоки следует изучить разделы 1.5 и 1.6.

#### ДИАМЕТР ЭЛЕКТРОДА

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 5).

Таблица 5

Выбор диаметра электрода

Толщина свариваемых листов, мм	3	4	5	6
Диаметр электрода бэп, мм	3	3	4	к

#### СИЛА СВАРОЧНОГО ТОКА

Силу сварочного тока определяют по формуле

$$I_{св} = I_{уд} \cdot d_{эл} \quad , \quad A \quad (12)$$

где  $I_{уд}$  - удельный сварочный ток, приходящийся на 1 мм диаметра электрода, А/мм.

Значение  $I_{уд}$  для сварки легированных и низкоуглеродистых сталей приведены в табл. 8. Меньшие значения силы тока используют при сварке легированных сталей, обладающих малым коэффициентом теплопроводности, с целью уменьшения перегрева. Большие значения удельного тока используют для определения силы тока при сварке низкоуглеродистых сталей.

Таблица 6

Электроды для сварки сталей

Марка		Коэффициент расхода электродов на 1кг наплавленного металла к. кг	Коэфф ициент наплавк и $K_n$ , г/(А ч)	Род тока	Полярно сть	Марка свариваемой стали
марка электродного покрытия	марка сварочной проволоки					

АНО-4С	Св-08 или Св-08А	1,7	8.5	Постоянный	Любая	Низкоуглеродистые Ст4, Сталь 20
				Переменный		С1, Сталь 15
МР-3	Св-08А	1,6		Постоянный	Обратная	Ст3, Сталь 25
				Переменный	.	Ст2, Сталь 10
Э-138/50Н	Св-10ГН	1,7	9	Постоянный	Обратная	Низколегированные 12ГС, 15ГФ, 14Г2.14ХГС
ЦЛ-45	Св-08ХМ	1,65	9,5			15ХСНД.12Х1МФ, 15Х1М1Ф.10ХСНД
ЭА-395/9	Св- 10Х16Н25 АМ6	1,6	11			Легированные 08Х12Н8К5М2Т, 08Х12Н7К7М4
ЭА-400/10У	Св- 04Х19Н11 МЗ	1,8	12			10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10Т

Таблица 7

Технические характеристики сварочных аппаратов

Вид аппарата	Тип	Диапазон регулирования сварочного тока I <sub>св</sub> , А	Напряжение, В		Мощность, кВт	Размеры, мм	Масса, кг
			рабочее U <sub>д</sub>	холостого хода U <sub>хх</sub>			
Трансформатор	ТСБ-90	60...100	20	36	3,3	203 370 350	30
	ТД-102У2	60...160	26	70	11,2	570 320 530	42
	ТД-300 У2	70...365	32	61,80	19,4	692 710 620	137
	ТД-500 У2	90...650	30	59,76	32,0	570 720 835	200
Выпрямитель	ВКС-120	30... 130	25	65	4,8	785 628 953	242
	Вд-201 УЗ ВД-502-1	30... 200	28 40	68	15,0	622 716 775 810	120
		50... 500		80	42,0	550 1077	348
Преобразователь	ПСО-120	30 ...120	25	48... 65	4,0	1055 550 730	155
	ПСУ-300	50... 300	30 40	48	28,0	1160 490 740	315
	ПСУ-500-2	60... 500		48	30,0	1075 650 1085	595

Примечание. Напряжение питающей сети для ТСБ-90-220В, для всех остальных сварочных аппаратов - 380В

Таблица 8

Сила тока I<sub>уд</sub>, приходящаяся на 1 мм диаметра электрода

Легированные стали	I <sub>уд</sub> = 45... 45 А/мм
Низкоуглеродистые стали	I <sub>уд</sub> = 45... 50 А/мм

ВЫБОР СВАРОЧНОГО АППАРАТА

Вид сварочного аппарата определен в задании. Если в номере варианта есть буква П - используйте сварочный преобразователь, В - выпрямитель. При отсутствии буквы - трансформатор. Легированные стали рекомендуется сваривать только на постоянном токе (сварочный преобразователь, выпрямитель). Причем лучше использовать обратную полярность, чтобы не допустить перегрева и выгорания легирующих элементов. Используя табл. 7 выбирают тот сварочный аппарат, в диапазон регулирования которого попадает рассчитанное значение  $I_{св}$ .

#### РОД ТОКА И ПОЛЯРНОСТЬ

Род тока и полярность выбирают в зависимости от физико - механических свойств свариваемой стали и используемой марки электрода. С целью упрощения выбора в табл. 6 подобраны и заданы род тока и полярность для конкретных марок сталей и электродов.

Низкоуглеродистые стали можно сваривать как на переменном токе, так и на постоянном. Сварка на постоянном токе и тем более с использованием обратной полярности позволяет повысить качество сварного соединения.

#### НАПРЯЖЕНИЕ ДУГИ

Рабочее напряжение дуги определяется ее длиной и колеблется в пределах  $U_d = 20...40$  В (см. табл.7).

#### МАССА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Масса наплавленного металла основных наружных швов

$$G_H^{осн} = \frac{S_{осн}}{1000} \cdot L_{осн} \cdot \rho, \quad \text{г} \quad (13)$$

где  $S_{осн}$  - площадь поперечного сечения основного наружного шва, мм<sup>2</sup>;  $L_{осн}$  - суммарная длина основных сварных швов, мм;  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup> - плотность наплавленного металла.

Массу наплавленного металла подварочных швов находят аналогично

$$G_H^{вн} = \frac{S_{вн}}{1000} \cdot L_{вн} \cdot \rho, \quad \text{г} \quad (14)$$

где  $S_{вн}$  - площадь подварочного шва, мм<sup>2</sup>;

$L_{вн}$  - суммарная длина подварочных сварных швов, мм.

Общая масса наплавленного металла сварных соединений при соединении элементов металлической ванны

$$G_H = G_{Hосн} + G_{Hвн}, \quad \text{г} \quad (15)$$

#### РАСХОД ЭЛЕКТРОДОВ

Расход электродов на изготовление металлической ванны

$$G_{эл} = k \cdot G_H, \quad \text{г} \quad (16)$$

где  $k = 1,6...1,8$  - коэффициент расхода электродов на 1кг наплавленного металла. В табл. 6 заданы конкретные значения  $k$ . Коэффициент расхода  $k$  учитывает:

- массу электродного покрытия;
- потери металла на угар, разбрызгивание и огарки.

#### ВРЕМЯ СВАРКИ

Время, необходимое для выполнения сварочных работ

$$T_{св} = T_{осн} + T_{обсл} + T_{под} + T_{отд}, \quad \text{ч} \quad (17)$$

где  $T_{осн}$  - основное технологическое время, ч;

$T_{обсл}$  - время, затрачиваемое на обслуживание оборудования, ч;

$T_{под}$  - подготовительное время на получение электродов, инструмента и др., ч;  $T_{отд}$  - время, затрачиваемое на отдых, ч. Основное технологическое время рассчитывают используя формулу

$$T_{осн} = \frac{G_H}{K_H \cdot I_{св}}, \text{-----} \quad (18)$$

где  $G_H$  - масса наплавленного металла;  $K_H$  - коэффициент наплавки, г/(А · ч);  $I_{св}$  - сила сварочного тока, А.

Коэффициент наплавки  $K_H$  [ г/(А · ч) ] - масса наплавленного на поверхность детали металла в граммах за 1 час, приходящаяся на силу тока в 1 ампер. В табл. 6 даны величины коэффициента наплавки для различных марок электродов.

Окончательно время, необходимое для выполнения сварочных работ при наложении внутреннего и основного швов

$$T_{св} = \frac{T_{осн}}{K_{исп} \cdot \eta}, \quad (19)$$

где  $K_{исп}$  - коэффициент использования сварочного поста.

Коэффициент использования сварочного поста  $K_{исп}$  учитывает время на обслуживание оборудования, на получение материалов, на отдых и др. Значения коэффициента использования приведены в табл. 9.

Таблица 9

Коэффициент использования сварочного поста  $K_{исп}$

При работе в цехе	$K_{исп} = 0,6..0,8$
При монтажных работах	$K_{исп} = 0,5..0,7$

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СКОРОСТЬ СВАРКИ

Производительность сварки

$$G = K_H \cdot I_{св}, \text{ г/ч} \quad (20).$$

Скорость сварки при формировании основного шва

$$v_{св}^{осн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{осн}}, \text{ м/ч} \quad (21).$$

Скорость сварки при формировании внутреннего шва

$$v_{св}^{вн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{вн}}, \text{ м/ч} \text{-----} \quad (22) .$$

## РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Расход электроэнергии рассчитывают, используя формулу

$$Q = 0,001 \cdot U_d \cdot I_{св} \cdot T_{осн}, \quad (23)$$

где  $U_d$  - рабочее напряжение дуги, В;  $I_{св}$  - сила сварочного тока, А;  $T_{осн}$  - основное технологическое время сварки, ч.

### 3. ПОРЯДОК СНЯТИЯ ВНЕШНЕЙ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

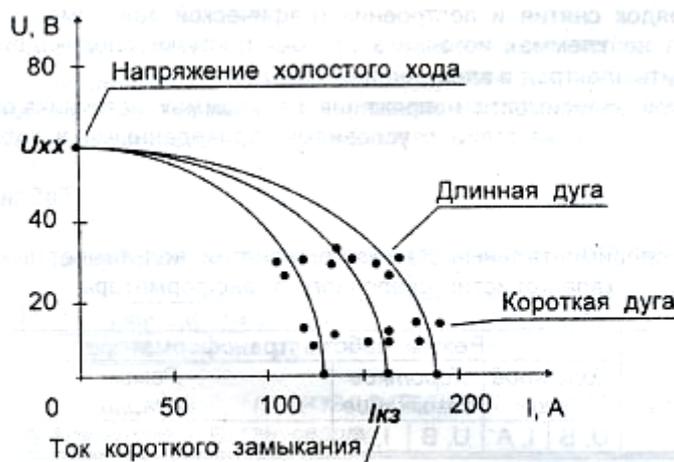


Рис. 12. Внешние вольтамперные характеристики сварочного трансформатора.

Порядок снятия и построения графической зависимости напряжения на клеммах источника от тока нагрузки следующий:

- закрепить электрод в электрододержателе;
- снять три зависимости напряжения на клеммах источника от тока нагрузки в соответствии с условиями, приведенными в журнале.
- По результатам эксперимента, приведенных в табл. 10 строят три

графика внешней вольтамперной характеристики, как показано на рис.12.

#### 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1.Получить задание от преподавателя.
- 2.Изучить сварочное оборудование и основные схемы сварки.
- 3.С учебным мастером провести эксперимент по снятию вольтамперной характеристики сварочного трансформатора. Проведение отдельных опытов может быть поручено студентам знакомым с ручной дуговой сваркой.
- 4.Пользуясь примером оформления отчета выполнить необходимые эскизы, выбрать сварочный аппарат, электроды и рассчитать рациональный режим сварки ванны в соответствии с вариантом задания.
- 5.Сдать практическую работу преподавателю. Отчет должен быть выполнен в рабочей тетради ручкой. Эскизы - в карандаше.

#### 5. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

Практическая работа: "Разработка технологического процесса ручной электродугуговой сварки"

Студент: Иванов Сергей, группа, вариант №7

№ вариант а	Размеры ванны, мм			Толщина стенок А, мм	Тип соединения	Катет шва С, мм	Материал заготовок	
	b	l	h				Группа сталей	Обозначение
7	200	400	100	5	У5	4,7	Качественные низкоуглеродистые конструкционные стали	Сталь 10
Работа в цехе (см. табл. 9)								

#### 2, Эскиз металлической ванны с размерами

Выполните рисунок, аналогичный рис. 11 для своего варианта с размерами в масштабе.



Рис 11. Эскиз металлической ванны с размерами:  
 • порядок наложения швов указан большими цифрами;  
 • последовательность - маленькими цифрами,  
 • направление сварки - стрелочкой

Укажите места прихвата.  
 Укажите порядок, последовательность и направление наложения швов.  
 Если используете односторонние сварные соединения У4 и У6, исключите из дальнейших расчетов подварочные швы.  
 Суммарная длина основных наружных швов  $l_{сн} = 200 \cdot 2 + 400 \cdot 2 + 100 \cdot 4 = 1600$  мм.  
 Будем считать, что суммарная длина внутренних подварочных швов равна длине основных  $l_{вн} = 1600$  мм. Длина

сварных соединений  $I = 1600$  мм. Толщина заготовок  $A = 5$  мм. Все швы угловые двухсторонние впритык.

3. Последовательность и направление наложения швов

4. Материал заготовок - качественная низкоуглеродистая конструкционная Сталь 10, содержащая 0,1% углерода

5. Эскизы сварного соединения - двухстороннее угловое сварное соединение без разделки кромок

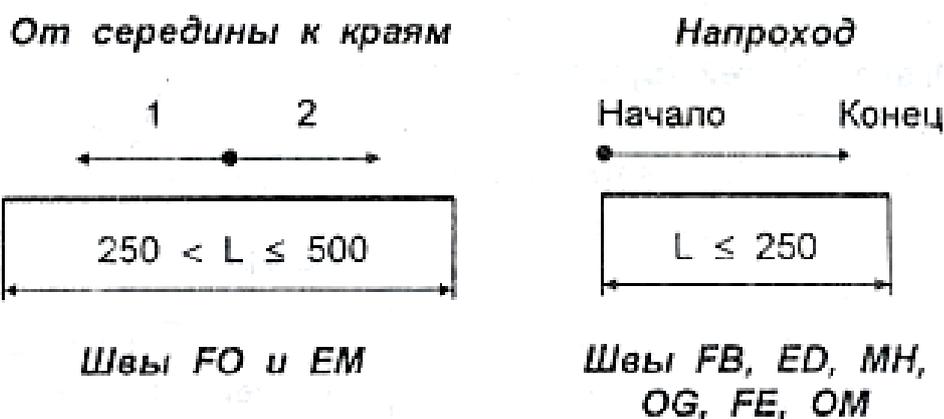
$$S_{осн} = \frac{A^2}{2} \cdot K_y = \frac{5^2}{2} \cdot 1,4 = 17,5 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения основного наружного шва  $17,5 \text{ мм}^2$ .

Площадь поперечного сечения внутреннего подварочного шва

$$S_{вн} = \frac{C^2}{2} \cdot K_y = \frac{4,7^2}{2} \cdot 1,4 = 15,46 \text{ мм}^2$$

Общая площадь поперечного сечения сварного соединения  $S = S_{осн} + S_{вн} = 17,5 + 15,46 = 32,96 \text{ мм}^2$ .



Швы FO и EM варят напроход от середины к краям.

Швы FB, ED, MH, OG, FE и OM можно варить напроход, поскольку они короче 250 мм.

6. Выбор марки электродного покрытия и сварочной проволоки

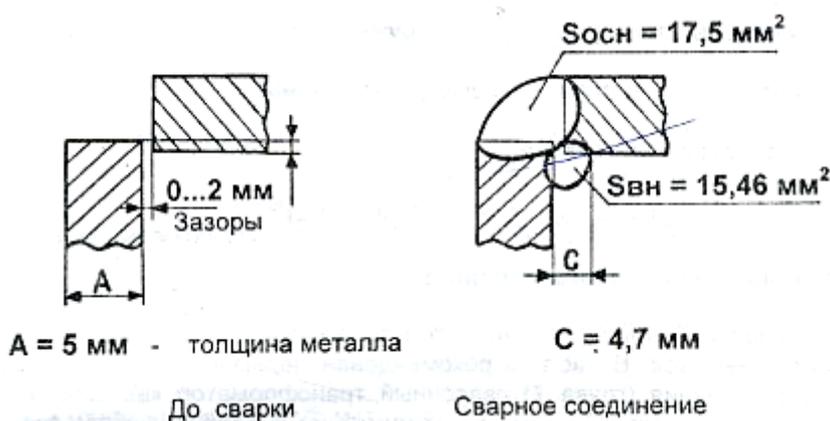
В соответствии с табл. 6 выбран электрод с электродным покрытием МР-3. Марка сварочной проволоки Св-08 или Св-08А. Такая сварочная проволока содержит 0,08% углерода. Буква А указывает на повышенную чистоту металла по содержанию вредных примесей - серы и фосфора.

7. Характеристики электрода в соответствии с табл. 6:

- марка электродного покрытия МР-3;
- марка проволоки Св-0,8 или Св-08А;
- расход электродов на 1 кг наплавленного металла  $k = 1,6$  кг;
- коэффициент наплавки  $K_n = 8,5$  г/(А · ч);
- род тока - переменный;
- полярность - отсутствует.

8. Диаметры электродов для наружного и внутреннего швов

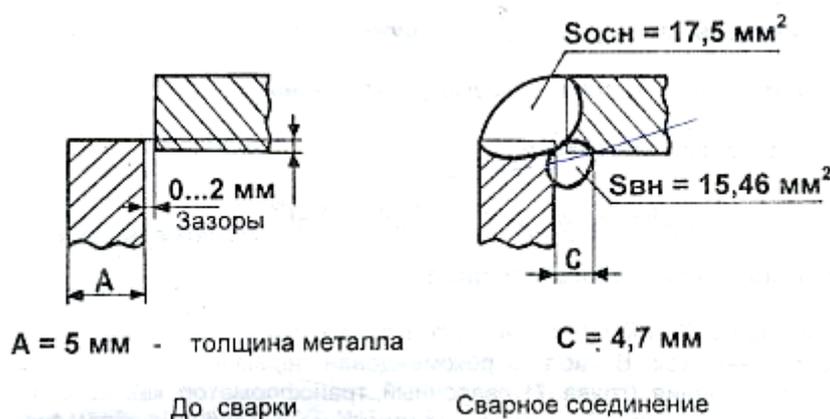
В соответствии с табл. 5 диаметр  $d_{эл} = 4$  мм.



7) сварочный трансформатор как источник переменного тока. Поэтому в соответствии с табл. 7 выбран сварочный трансформатор ТД-300 У2, имеющий следующие технические характеристики:

- пределы регулирования сварочного тока 70...365 А;
- напряжение питающей сети 380 В;
- рабочее напряжение 32 В;
- напряжение холостого хода 80 В;
- мощность 19,4 кВт;
- размеры 692 • 710 • 620 мм;
- масса 137 кг.

11. Принципиальная электрическая схема сварочного трансформатора с подвижной катушкой вторичной обмотки



В том случае, если используется постоянный ток не выполняйте рис. 6. При использовании сварочного преобразователя выполните рис. 3, выпрямителя - рис. 4.

14. Расход электродов для сварки

Масса наплавленного металла основных наружных швов

$$G_H^{осн} = \frac{S_{осн}}{1000} \cdot L_{осн} \cdot \rho = \frac{17,5}{1000} 1600 \cdot 7,8 = 218г$$

Масса наплавленного металла внутренних подварочных швов

$$G_H^{вн} = \frac{S_{вн}}{1000} \cdot L_{вн} \cdot \rho = \frac{15,46}{1000} 1600 \cdot 7,8 = 193г$$

Общая масса наплавленного металла

$$G_H = G_{осн} + G_{вн} = 218 + 193 = 411 г.$$

Расход электродов  $G_{эл} = k \cdot G_H = 1,6 \cdot 411 = 658г.$

15. Продолжительность сварки

Основное технологическое время

9. Сила сварочного тока  $I_{св} = I_{уд} \cdot d_{эл} = 45 \cdot 4 = 180 А.$

10. Выбор сварочного аппарата

Для сварки Стали 10 можно использовать как переменный, так и постоянный ток. В табл. 6 рекомендован переменный ток, а в варианте задания (глава

Выполните рис. 7.

12. Принципиальная схема сварки переменным током  
Выполните рис. 2.

13. Конструктивная схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки

Выполните рис. 6.

$$T_{осн} = \frac{G_H}{K_H \cdot I_{св}} = \frac{411}{8,5 \cdot 180} = 0,269 \text{ ч.}$$

Время выполнения сварочных работ

$$T_{св} = \frac{T_{осн}}{K_{исп}} = \frac{269}{0,8} = 0,336 \text{ ч.}$$

16. Скорость сварки

Скорость сварки при формировании основного шва

$$v_{св}^{осн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{осн}} = \frac{8,5 \cdot 180}{7,8 \cdot 17,5} = 11,21 \text{ м/ч.}$$

Скорость сварки при формировании внутреннего шва

$$v_{св}^{вн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{вн}} = \frac{8,5 \cdot 180}{7,8 \cdot 15,46} = 12,69 \text{ м/ч.}$$

17. Производительность сварки

$$C = K_H \cdot I_{св} = 8,5 \cdot 180 = 1530 \text{ г/ч.}$$

18. Расход электроэнергии

$$Q = 0,001 \cdot U_d \cdot I_{св} \cdot T_{осн} = 0,001 \cdot 32 \cdot 180 \cdot 0,269 = 1,549 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

19. Экспериментальные данные при снятии вольтамперной характеристики сварочного трансформатора

Заполните таблицу в ходе эксперимента.

20. Внешняя вольтамперная характеристика трансформатора для ручной дуговой сварки

Постройте внешнюю характеристику трансформатора по экспериментальным данным, полученным в предыдущем пункте. Форма выполнения показана на рис. 12.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества и недостатки сварки постоянным, переменным и выпрямленным током.

2. Схемы сварки постоянным, переменным и выпрямленным током.

3. Устройство сварочного трансформатора.

4. Марки сварочных электродов и их назначение.

5. Назначение и состав электродных покрытий.

Как расшифровать состав свариваемой стали и сварочной проволоки.

6. Маркировка химических элементов.

Крутопадающая и пологопадающая внешняя вольтамперная характеристика источника тока.

7. Порядок снятия вольтамперной характеристики трансформатора. Как получить режимы  $I_{кз}$ ,  $U_{хх}$ ,  $I_{кор}$  и  $I_{дл}$ .

10. Зона рабочих токов  $I_d$  и зона рабочих напряжений дуги  $U_d$ .

11. Угловые сварные соединения.

12. Основные и подварочные швы.

13. Порядок наложения сварочных швов.

14. Последовательность определения режима сварки.

15. Выбор диаметров электродов для наложения основного и подварочного швов.

16. Сила тока, приходящаяся на 1 мм диаметра электрода

17. Определение продолжительности сварки.

Определение массы наплавленного металла и расхода сварочных электродов.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Расчет режимов резания при точении

Цель работы: Научиться назначать режимы резания для точения.

В результате выполнения практической работы студенты должны уметь:

– рассчитывать и назначать оптимальные режимы резания;  
должны знать:

– методику расчета и назначения режимов резания для точения.

Приборы,  
материалы и  
инструмент

Нормативные документы по расчетам режимов резания

Порядок  
выполнения  
практической  
работы

1. Усвоить теоретический материал по теме: «Обработка металлов резанием. Применяемый инструмент. Оптимальные режимы резания»
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. Выполнить и записать задания практической работы в тетрадь по материаловедению.
4. Сдать выполненную практическую работу на проверку преподавателю.

### Теоретическая часть

Практически все детали машин и приборов приобретают окончательные формы и размеры, заданные чертежом, только после механической обработки, т. е. после обработки резанием. До обработки будущая деталь называется заготовкой; в процессе обработки с заготовки необходимо удалить лишний металл, который называется припуском на обработку.

В зависимости от характера выполняемых работ и вида режущего инструмента главное движение подачи могут быть вращательными, поступательными, прерывистыми или комбинацией этих движений и могут сообщаться как заготовкам, так и инструментам. Каждая из таких комбинаций определяет метод обработки: точение, сверление, фрезерование и т. д.

Метод точения используют для обработки наружных и внутренних поверхностей вращения (цилиндрических, конических и фасонных), обработки плоских торцевых поверхностей (подрезание торцов), нарезания резьбы и некоторых других работ.

При точении применяют резцы различных конструкций. Для обработки отверстий используют сверла, зенкеры, развертки и др. Для обработки различно ориентированных плоских поверхностей, пазов, уступов, а также фасонных линейчатых поверхностей применяют фрезы. Для получения плоских, фасонных поверхностей, канавок, пазов и выемок используют процесс строгания.

К обработке металлов резанием относится также шлифование, которое является отделочной операцией (доводочная операция). Шлифование позволяет получить высокой точности и низкой шероховатости обработанные поверхности. В качестве режущего инструмента при шлифовании используют шлифовальные круги, бруски и т. д.

Для высокопроизводительного процесса обработки отверстий, нарезания пазов, шлицов и канавок применяют протягивание. В этом случае используют инструмент под названием протяжки.

Наиболее распространенным методом обработки резанием является токарная обработка. Работа резания режущего инструмента основана на действии клина, который внедряется в тело заготовки и последовательно скалывает заданные участки припуска.

В зависимости от метода обработки (точение, сверление, фрезерование и т. д.) режущие инструменты значительно различаются по конструкции, однако правила формирования их режущих элементов практически одинаковы. Поэтому изучение геометрических параметров режущих инструментов и методику назначения элементов режима резания удобно рассматривать на примере наиболее простого токарного резца и на примере процесса точения. Рассмотрим токарный резец в статическом состоянии (рисунок 1).

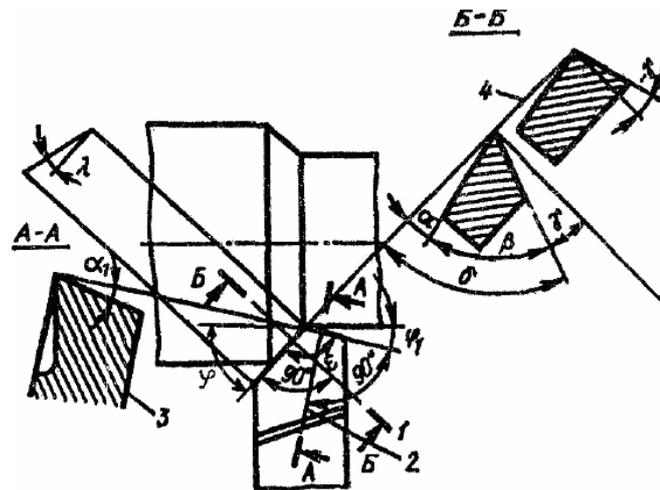


Рисунок 1. Углы токарного резца в статическом состоянии:

1 – след главной секущей плоскости  $P_{\tau}$ ; 2 – след вспомогательной секущей плоскости  $P_{\tau 1}$ ; 3 – след основной плоскости  $P_{\nu}$ ; 4 – след плоскости резания  $P_{\rho}$

Углы резца рассматриваются в главной  $P_{\nu}$  и вспомогательной  $P_{\tau 1}$  секущих плоскостях и в плане. Углы режущей части резца влияют на процесс резания. Задние углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , уменьшают трение между задними поверхностями инструмента и поверхностью обрабатываемой заготовки, что ведет к снижению силы резания и уменьшению износа резца; однако чрезмерное увеличение заднего угла приводит к ослаблению режущей кромки резца.

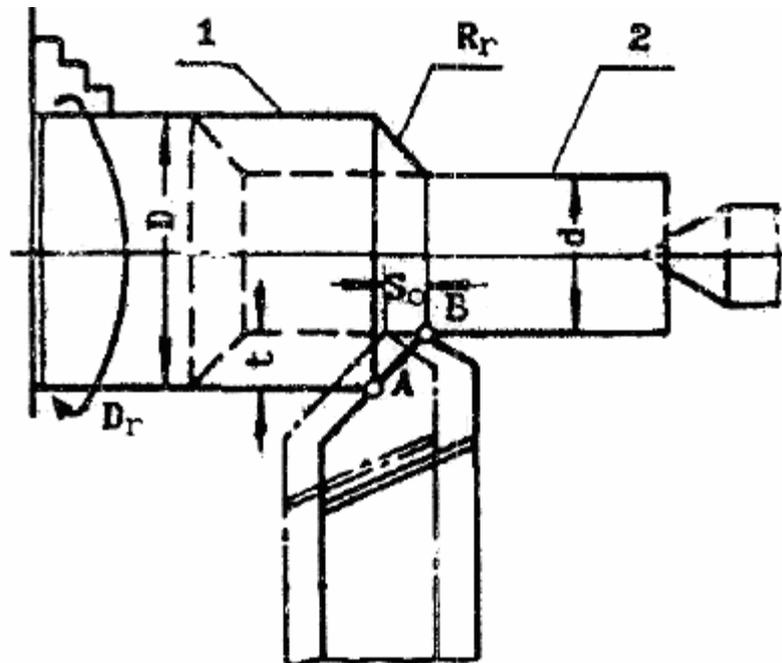


Рисунок 2. Схема наружного точения (обтачивания);

1 – обрабатываемая поверхность; 2 – обработанная поверхность;  $R_r$  – поверхность резания;  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности;  $d$  – диаметробработанной поверхности;  $D_r$  – главное движение резания;  $D_s$  – движение подачи;  $t$  – глубина резания;  $S_v$  – подача на оборот; А, Б – точки обрабатываемой и обработанной поверхностей, находящиеся на поверхности резания.

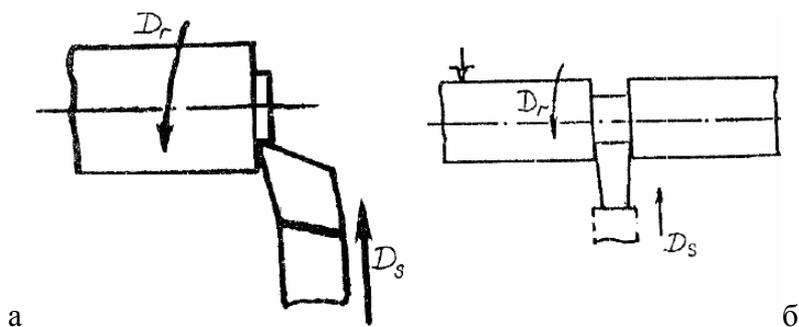


Рисунок 3.Схемы поперечного точения (а),отрезания (прорезания) заготовки (б)  
Методика назначения элементов режима резания

Глубина резания определяется в основном величиной припуска на обработку. Если, например, после токарной обработки необходимо получить валик диаметром 100 мм, а заготовка имеет диаметр 104 мм, то величина припуска (на сторону)

$$h = \frac{D - D_0}{2} = \frac{104 - 100}{2} = 2 \text{ мм}$$

Припуск на обработку выгодно удалять за один проход, что и делается при черновой (грубой) обработке, когда к качеству обработанной поверхности не предъявляется высоких требований, в этом случае глубина резания равна припуску  $h$ . При срезании повышенных припусков или при работе на маломощных станках припуск иногда приходится разбивать на части, делая уже не один проход, а больше.

Глубина резания оказывает большое влияние на силы резания, увеличение которых может привести к снижению точности обработки. Поэтому, когда к обработанной поверхности предъявляются повышенные требования, глубину резания назначают меньшей.

Подача. Для уменьшения машинного времени, т. е. повышения производительности труда, целесообразно работать с максимально возможной подачей с учетом факторов, влияющих на ее величину.

Подача ( $S$ ) – величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени в направлении движения подачи.

Глубина резания и подача характеризуют процесс в основном с технологической его стороны. Подача обычно назначается из таблиц справочников по режимам резания. Различают подачу за один оборот заготовки, т. е. величину относительного перемещения резца за время одного оборота заготовки, и минутную подачу, т. е. величину относительного перемещения резца за 1 минуту. Минутная подача обозначается  $S_m$  (мм/мин), а подача за один оборот –  $S$  (мм/об). Между ними существует следующая зависимость:  $S = S_m / n$ .

Скорость резания  $V$  определяется с учетом предварительно назначенной величины оптимальной стойкости.

Скорость резания – это величина перемещения точки режущей кромки относительно поверхности резания в единицу времени в процессе осуществления движения резания.

$$V = \pi D n / 1000,$$

где  $D$  – наибольший диаметр поверхности резания в мм,  
 $n$  – частота вращения заготовки, об/мин.

Частота вращения шпинделя станка (заготовки) определяется по найденной скорости резания:

$$n = 1000 V_i / D \pi \text{ об/мин.}$$

Частота вращения шпинделя корректируется по станку: берется ближайшее меньшее или большее, если оно не превышает 5%.

При назначении элементов режима резания часто используют таблицы и карты справочников по режимам резания.

### Задания

Определить скорость резания, допускаемую режущими свойствами резца, при подрезке торца заготовки диаметром  $D$  мм до диаметра  $d$  мм для заданных условий обработки. Направление подачи – от периферии к центру.

№ варианта	$D$ , мм	$d$ , мм	Глубина резания $t$ , мм	Подача $s$ , мм/об
1	60	56	1	0,26
2	95	70	4	0,7
3	80	76	3	0,52
4	170	110	1,5	0,3
5	110	40	4	0,47
6	135	105	1	0,21
7	140	65	3,5	0,6
8	160	70	0,75	0,17
9	120	90	3	0,57
10	70	40	1	0,23
11	60	56	1	0,26
12	95	70	4	0,7
13	80	76	3	0,52
14	170	110	1,5	0,3
15	110	40	4	0,47
16	135	105	1	0,21
17	140	65	3,5	0,6
18	160	70	0,75	0,17
19	120	90	3	0,57
20	70	40	1	0,23
21	60	56	1	0,26
22	95	70	4	0,7
23	80	76	3	0,52
24	170	110	1,5	0,3
25	110	40	4	0,47
26	135	105	1	0,21
27	140	65	3,5	0,6
28	160	70	0,75	0,17
29	120	90	3	0,57
30	70	40	1	0,23

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите элементы резания при токарной обработке.
2. Какие виды подачи существуют при токарной обработке. Приведите примеры
3. Объясните, что значит назначение основных элементов режима резания. Какие при этом элементы режима резания будут оптимальными. Обоснуйте свой ответ.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

**Цели работы:** по чертежу детали разработать технологический процесс изготовления литой заготовки этой детали, включающий проектирование и составление чертежей: элементов литейной формы (или отливки детали); модели отливки (или модельных плит); литейной формы в сборе; разработку эскизов: стержневых ящиков и полученных в них стержней; литниковой системы.

### Краткие теоретические сведения

Технологический процесс изготовления отливок актуален для получения изделий в любых отраслях промышленности. При проектировании литейной технологии необходимо обеспечивать хорошие эксплуатационные качества литых деталей (рис. 1 и рис. 3, а), высокие технико-экономические показатели на всех этапах технологического процесса.

При оценке технологического процесса нужно учитывать затраты на получение отливок в литейном цехе, снижая себестоимость механической обработки. При этом следует уменьшать припуски, упрощать процесс формовки, максимально использовать технологическое оборудование.

При разработке технологического процесса изготовления литейной формы необходимо:

- выбрать способ формовки (ручная, машинная);
- определить положение отливки в форме при заливке;
- установить поверхности разъемов литейной формы и модели отливки;
- наметить конструкцию литниковой системы;
- разработать чертежи элементов литейной формы (рис. 1 и рис. 3, в) или отливки (рис. 2), модели (рис. 5, а и рис. 7) и литейной формы (рис. 5, б и рис. 9).

Чертеж детали (рис. 1 и рис. 3, а) является основой для проектирования технологического процесса изготовления отливки.

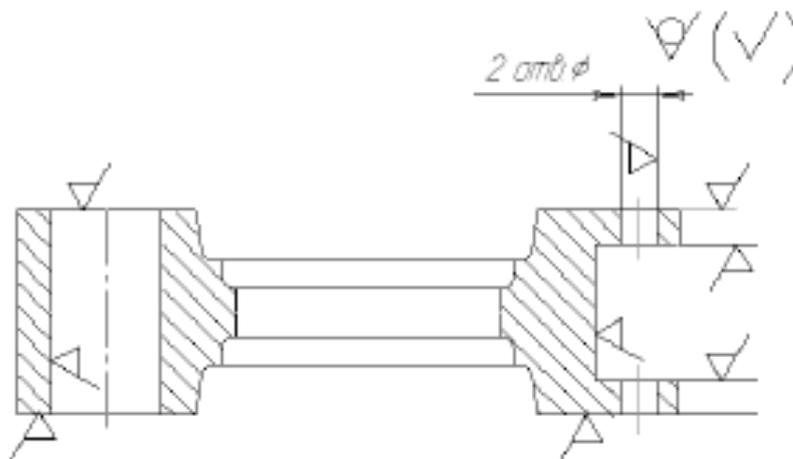


Рис. 1. Чертеж детали (рычага).

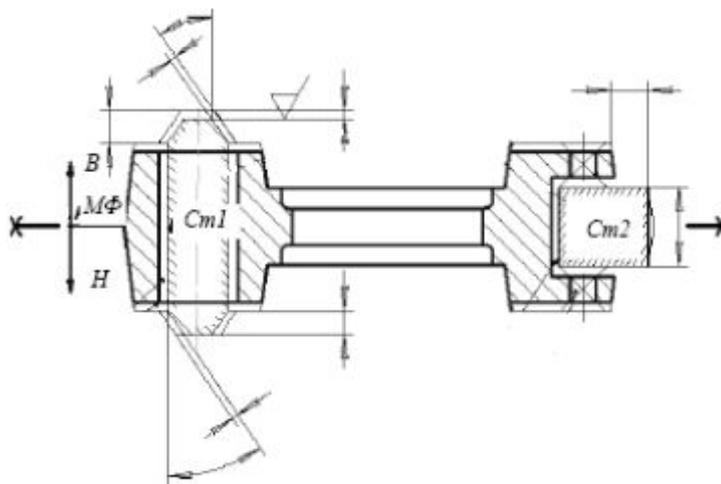


Рис. 2. Чертеж «Элементы литейной формы».

В мелкосерийном и единичном производстве на копию чертежа детали в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы, стержня, и получают чертеж *элементов литейной формы* (рис. 2 и рис. 3, в). На этом чертеже указывается поверхность разъема модели и формы, положение отливки при заливке, уклоны (табл. 2), припуски на обработку резанием (табл. 1), положение стержней, их знаки, размеры и другие технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержней.

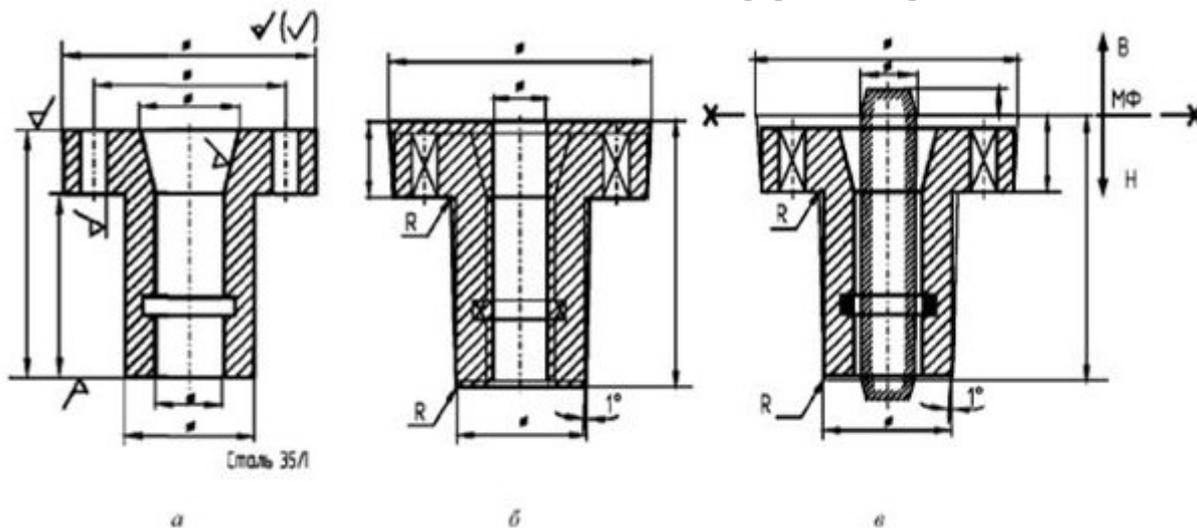


Рис. 3. Проектирование технологического процесса изготовления отливки:  
 а – чертеж детали; б – чертеж отливки; в – чертеж элементов литейной формы.

В массовом и крупносерийном производстве разрабатывают специальный чертеж *отливки* (рис. 3, б), при этом на копию чертежа детали наносят необходимые указания. Выбор варианта расположения отливки в литейной форме (рис. 5, б и рис. 9) – первоочередная задача разработки технологического процесса изготовления отливки.

Таблица 1

**Припуски (мм) на обработку отливок резанием**

Габаритный размер, мм	Положение поверхности при заливке	Для серого чугуна	Для стали	Для цветных металлов (бронза, латунь, силумин)
120	Верх	3,5	4,5	-

	Низ, бок	2,5	4,0	
121-260	Верх	4,0	5,0	3
	Низ, бок	3,0	4,0	-
261-500	Верх	4,5	6,0	4
	Низ, бок	3,5	5,0	
501-800	Верх	5,0	7,0	5
	Низ, бок	4,0	5,0	
801-1250	Верх	6,0	8,0	-
	Низ, бок	4,0	6,0	6
1251-2000	Верх	7,0	9,0	-
	Низ, бок	4,5	7,0	7

Таблица 2

**Величины формовочных уклонов для отливок, получаемых в песчано-глинистых формах**

Высота модели, мм	Формовочные уклоны			
	Деревянная модель		Металлическая модель	
	град	Мм	град	мм
До 20	0,5	1,0	1,30	0,5-1,0
20-50	1,30	1,0-2,0	1,0	0,8-1,2
50-100	1,0	1,5-2,5	0,45	1,2-1,5
100-200	0,45	2,0-3,0	0,30	1,5-2,0
200-300	0,30	2,5-4,0	0,30	2,0-3,0

Поверхность, по которой при сборке литейной формы соединяются ее части, называется *поверхностью разъема*. Правильные разъемы формы и модели обеспечивают удобство изготовления формы, ее сборки и качество отливки.

Разъем модели и формы показывают отрезком или штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком X— —X. Над ней указывают буквенное обозначение разъема (МФ) на чертежах элементов литейной формы (рис. 2 и рис. 3, в).

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ), которые проставляют у стрелок, показывающих направление разъема. Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема.

При определении поверхности разъема формы следует руководствоваться следующими положениями:

- всю отливку, если позволяет ее конструкция, нужно располагать в нижней части формы: при этом исключается перекося отливки (рис. 5, б);
- поверхность разъема при заливке желательна иметь горизонтальной;
- поверхность разъема формы должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы и удобную установку стержней;
- форма должна иметь минимальное число стержней по возможности простой конфигурации или иметь не стержни, а песчаные болваны.

**Отливка** является заготовкой детали и отличается от детали размерами и формой.

Размеры отливки изменяются в тех местах, где на поверхности детали указан  $\nabla$  знак механической обработки (рис. 2 и рис. 3, а). Наружные размеры увеличиваются, а внутренние уменьшаются на величину *припуска на механическую обработку*. Это слой металла (на сторону), удаляемый в процессе механической обработки отливки с ее поверхностей для получения заданной геометрической точности и качества поверхности детали.

Припуск на обработку металла резанием зависит:

- от способа изготовления отливки;
- расположения отливки в форме;

- класса точности отливки;
- наибольшего габаритного размера литой детали;
- материала отливки (табл. 1).

Припуски на обработку резанием наносят на копии чертежа детали сплошными тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки, при построении чертежа «Элементы литейной формы» (рис. 2 и рис. 3, в).

При построении чертежа отливки припуск на обработку резанием наносят на копию чертежа детали сплошной толстой линией и штрихуют в плоскости разреза (рис. 2.3, б).

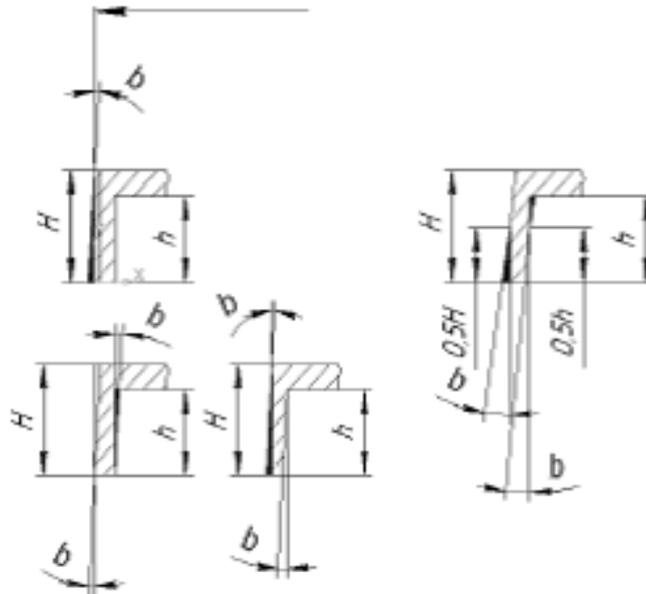


Рис. 4. Формовочные уклоны.

Для верхней части отливки дают припуски больше, чем для нижней и боковой, потому что в верхней части скапливаются шлаковые включения и появляются газовые раковины (табл. 2).

При массовом производстве отливок с помощью стержней получают отверстия диаметром более 20 мм, при серийном производстве – более 30 мм, при единичном – более 50 мм.

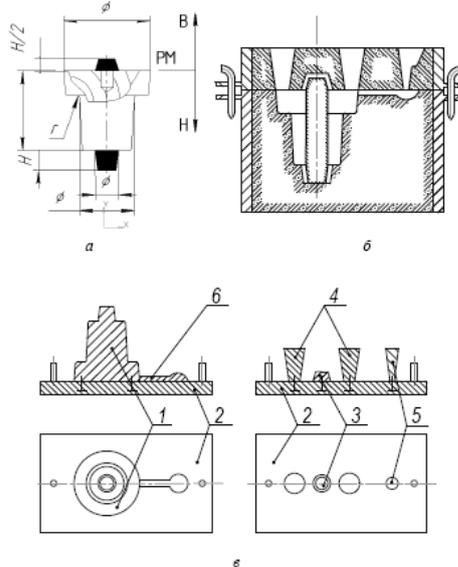


Рис. 5. Модели (а) и модельные плиты (в) для изготовления литейной формы (б), где 1 – модель, 2 – нижняя плита, 3 – стержневой знак, 4 – прибыль, 5 – модель стока, 6 – модель питателя.

По форме отливка отличается от детали также наличием *напусков*, которые облегчают процесс ее изготовления. К ним относятся литейные уклоны, галтели, приливы, отверстия и впадины, не выполняемые литьем.

Наличие уклонов на моделях является главной причиной значительных отклонений размеров отливок от номинальных.

У отливки, полученной в песчано-глинистой форме, на обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку следует выполнять формовочные уклоны. Допускается выполнение уклонов за счет уменьшения припуска, но не более 30 % его значения.

Формовочные уклоны следует выполнять на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет увеличения (рис. 4) или уменьшения размеров отливки.

Формовочные уклоны выполняются на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет уменьшения или увеличения размеров отливки, в зависимости от поверхностей сопряжения.

Значения формовочных уклонов в модельных комплектах для песчано-глинистых смесей указаны в табл. 2. Чем больше высота поверхности, тем абсолютная величина уклона меньше. На деревянных моделях уклоны делают больше, чем на металлических моделях при равных габаритных размерах.

Отливка должна иметь по возможности равномерную толщину стенки, так как в местах утолщения стенок могут образовываться дефекты усадочного характера (пористость, усадочные раковины, трещины).

Отливка не должна иметь острых углов и резких переходов от толстых стенок к тонким. Сопряжения стенок должны выполняться плавными переходами-галтелями.

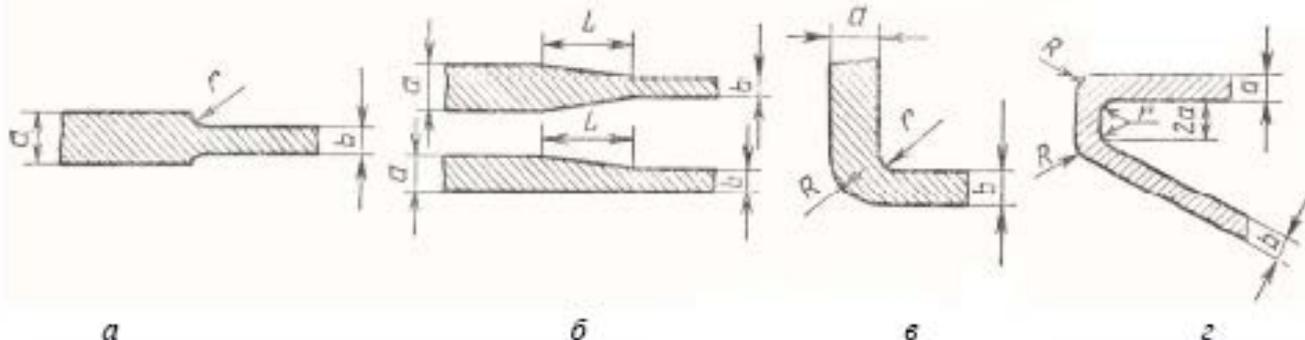


Рис. 6. Примеры сопряжения стенок отливки.

Если толщины стенок отличаются меньше чем вдвое, то при сопряжении рекомендуется применять галтели (радиусы внутренних углов) от  $1/6$  до  $1/3$  среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок. Величина радиуса определяется по формуле  $r = (1/6 - 1/3)[(a + b)] / 2$  (рис. 6, а). При различии толщин сопрягаемых стенок вдвое и более рекомендуется клиновое сопряжение (рис. 6, б). Длина этого сопряжения  $L$  для чугуна и цветных сплавов принимается равной  $L = 4(a - b)$ , для стали  $L = 5(a - b)$ .

При угловых сопряжениях стенок разной толщины (рис. 6, в) галтель делается радиусом  $r$ , определенным по приведенной выше формуле. Внешний радиус закругления  $R$  равен толщине большей стенки.

Технологические напуски – отверстия, впадины и т. п., не выполняемые в отливке, зачеркивают тонкими линиями (рис. 3, б, в).

Контуры стержней (рис. 2 и рис. 3, б, в) со знаками, попадающими в разрез, обозначают сплошными тонкими линиями с короткой штриховкой по контуру. Номера стержней обозначают Ст1, Ст2 и т. д.

**Модель** – это приспособление для получения в песчаной форме отпечатка, обычно соответствующего наружной конфигурации отливки со стержневым знаком. У отливок простой конфигурации модели могут быть без знаковых частей.

На рис. 7 приведен чертеж деревянной модели для получения отливки рычага в форму, изготовленную вручную. Основным документом для разработки чертежа модели является чертеж «Элементы литейной формы» (рис. 2). Конструкция модели должна обеспечивать возможность уплотнения формовочной смеси и удаления модели из формы. Поэтому модель чаще всего делается разъемной, причем в ее нижней части имеются отверстия, а в верхней – шипы 4 (рис. 7), при помощи которых обе части модели фиксируются.

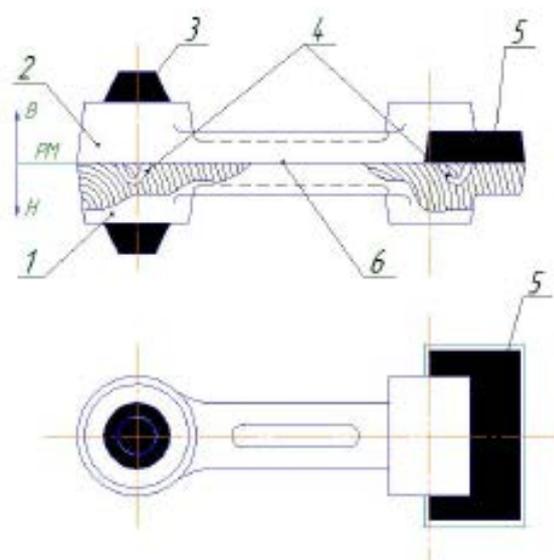


Рис. 7. Модель отливки рычага.

1 – нижняя часть; 2 – верхняя часть; 3 – стержни; 4 – шипы; 5 – стержни; 6 – мост.

Таблица 3

#### Припуски на усадку металлов

Металл отливки	Виды отливки	Припуск на усадку, %
Серый чугун	Мелкие, средние	0,8-1,2
Медные сплавы	Мелкие, средние	1,4
Алюминиевые сплавы	Мелкие, средние	0,8-1,2
Сталь	Мелкие, средние	1,5

Формовочные уклоны выполняются на плоскостях модели, перпендикулярных разъему формы, чтобы модель легко вынималась из формы, не повреждая ее (табл. 2). У стенок модели острые углы делают скругленными.

Размеры модели отливки в массовом и крупносерийном производстве указываются на ее чертеже (рис. 5, а) с учетом литейной усадки сплава (табл. 3). В мелкосерийном и единичном производстве при разработке чертежа «Элементы литейной формы» указывается усадка сплава в процентах.

Модели изготавливаются обычно из дерева или металла, реже – из пластмасс и других материалов. Поверхности деревянных моделей механически обрабатывают и окрашивают для увеличения срока службы. Знаки 3 и 5 на моделях могут быть окрашены в черный цвет (рис. 5, а и рис. 7).

**Модельные плиты** (рис. 5, в) представляют собой металлические плиты, на которых монтируются модели отливок и элементы литниковой системы. На рис. 5, в показаны нижняя и верхняя модельные плиты для изготовления формы (рис. 5, б) стальной отливки (рис. 8, б). На нижней плите 2 кроме модели 1 установлена модель питателя 6. На верхней плите 2 установлены модели стояка 5 верхнего стержневого знака 3 и прибылей 4. Модельные плиты, как правило, применяют при машинной формовке для изготовления

отливок в массовом и крупносерийном производствах. По односторонним металлическим плитам при формовке на машинах получают литейную форму в парных опоках (рис. 5, б).

**Модельные комплекты и опочная оснастка.** Чугунная отливка рычага с литниковой системой представлена на рис. 8, а. Наружная конфигурация отливки образуется формой (рис. 9), а внутренняя (цилиндрическое отверстие и сквозной паз) выполняется цилиндрическим стержнем Ст1 и плоским стержнем Ст2 (рис. 10). Каждый стержень с помощью знаков устанавливается и фиксируется в форме. Конструкция знаков должна обеспечивать устойчивое положение стержней в форме.

Для изготовления песчаной формы используют модельные комплекты и опочную оснастку. В модельный комплект входят: модели или модельные плиты (рис. 5, а, в), стержневые ящики (рис. 10), модели литниковой системы, выпоров и прибылей.

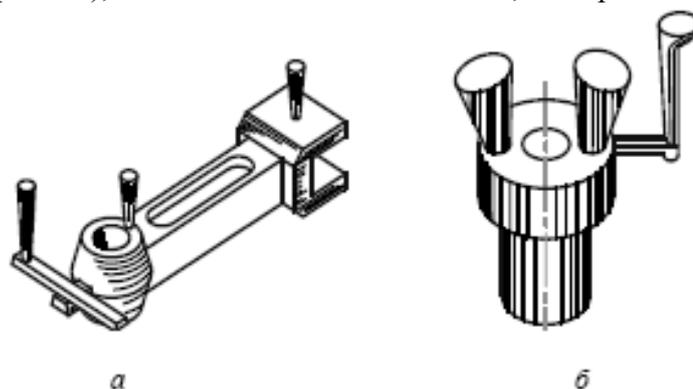


Рис. 8. Отливки с литниковой системой: а – чугунная отливка рычага; б – отливка стальной втулки.

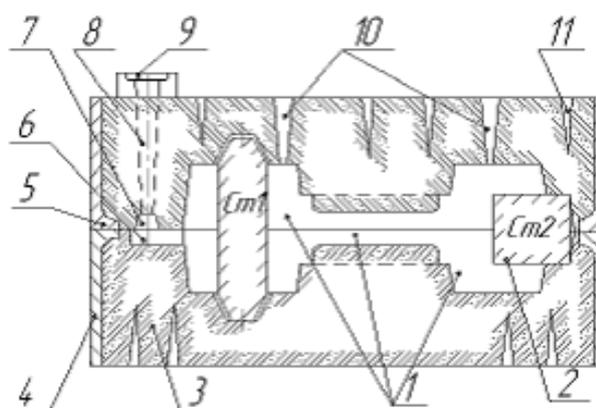


Рис. 9. Литейная форма для получения отливки рычага: 1 – полость формы; 2 – стержни; 3 – формовочная смесь; 4 – нижняя опока; 5 – верхняя опока; 6–9 – литниковая система; 10 – выпоры; 11 – газоканалы.

Стержневой ящик – это приспособление, в котором из стержневой смеси изготавливают стержни. Стержни служат для выполнения в отливке внутренних отверстий, полостей, пазов. Стержневые ящики, как и модели, изготавливаются из дерева, металла, пластмассы. На рис. 10 приведены деревянные стержневые ящики для изготовления стержней отливки рычага. В большинстве случаев стержни устанавливаются и укрепляются в форме на знаках 2 (рис. 9). Конструкция знака зависит от конфигурации и габаритов стержня. Жидкий металл, заполняя форму, оказывает давление на стержни снизу, стремясь их вытолкнуть.

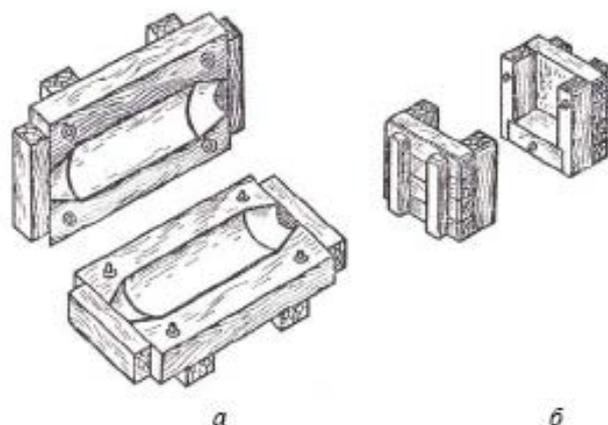


Рис. 10. Деревянные стержневые ящики: *а* – для цилиндрического стержня литейной формы чугуна; *б* – для стержня сквозного паза.

Таблица 4

**Высота  $h$  (мм) нижних вертикальных знаков стержней для сырых форм**

Размеры стержня $(a+b)/2$ или $D$ , мм	Высота $h$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
До 30	20	30	30	-	-	-	-	-
30-50	20	35	35	35	50	60	60	70
50-80	25	35	35	35	40	50	60	70
80-120	25	35	35	35	40	50	60	70
120-180	30	35	35	35	35	40	50	60
180-250	30	35	35	35	35	40	50	60
250-315	35	35	35	35	35	40	50	60
315-400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблица 5

**Длина  $l$  (мм) горизонтальных знаков стержней**

Размеры стержня $(a+b)/2$ или $D$ , мм	Высота $h$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
До 30	20	25	30	35	-	-	-	-
30-50	20	25	30	35	45	50	-	-
50-80	20	25	30	40	50	55	60	70
80-120	20	25	35	45	55	60	70	80

Таблица 6

**Формовочные уклоны на знаковых частях стержня**

$h$ или $h_1$ , мм	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$\alpha_1$ , град
До 30	10	15	4
30-50	7	10	3
50-80	6	8	2
80-120	6	8	2

120-180	5	6	1
180-250	5	6	0

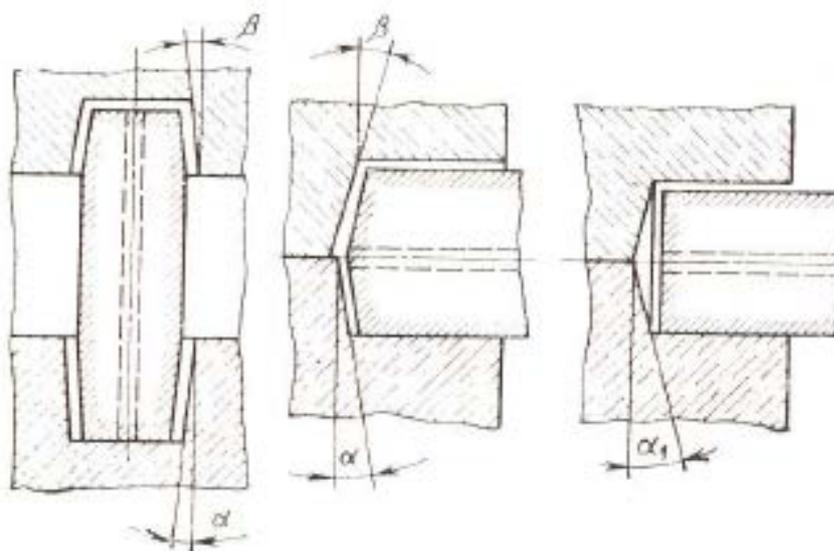


Рис. 11. Уклоны знаков стержней.

Размеры стержневых знаков должны обеспечить устойчивое положение стержня, но не быть чрезмерно большими, чтобы не вызвать увеличение размеров опок и стоимость формы. Длина горизонтальных знаков  $l$  и высота вертикальных знаков  $h$  указаны в табл. 4 и табл. 5. Необходимы формовочные уклоны на стержневых знаках (рис. 11), их значения представлены в табл. 6.

Нижние знаки вертикальных стержней являются опорными, поэтому их высота  $h$  может быть больше высоты  $h_1$  верхних знаков (рис. 5, а).

Знаковые части стержней на моделях делают больших размеров, чем в стержневых ящиках, для того чтобы при сборке формы между ее поверхностью и знаком стержня образовался зазор (рис. 3). Отсутствие зазоров приведет к тому, что форму нельзя будет собрать.

Модели литниковой системы служат для образования в форме совокупности каналов, по которым металл из ковша поступает в полость литейной формы. Литниковая система состоит из литниковой чаши (воронки), стояка, шлакоуловителя и питателей (рис. 5, в).

*Литниковая чаша* служит для приема металла из заливочного ковша. Во время заливки металла чаша должна быть полной, чтобы шлак, плавающий на поверхности металла, не попадал в стояк. Для задержания шлака используют перегородки и фильтровальные сетки. Стояк-канал передает металл из чаши к другим элементам литниковой системы. Обычно используют вертикальные стояки с круглым сечением.

*Шлакоуловитель* – горизонтальный канал, имеющий обычно сечение в виде трапеции, задерживает шлак и передает металл к питателям. Шлакоуловитель чаще всего располагают в верхней полуформе.

*Питатели* (литники) предназначены для передачи металла в полость формы. Питателей в форме может быть один или несколько. Их располагают обычно в нижней части формы (рис. 9).

*Прибыли и выпоры.* В зависимости от свойств литейного сплава для получения ответственных отливок применяют прибыли. Модель прибыли образует в форме дополнительную емкость (рис. 5, б) для жидкого металла, которым питается отливка при затвердевании. Конструкции прибылей бывают различные. Для ответственных отливок применяются открытые прибыли (рис. 8, б), которые можно доливать сверху горячим металлом. Чтобы металл в прибыли дольше оставался жидким, сверху засыпают

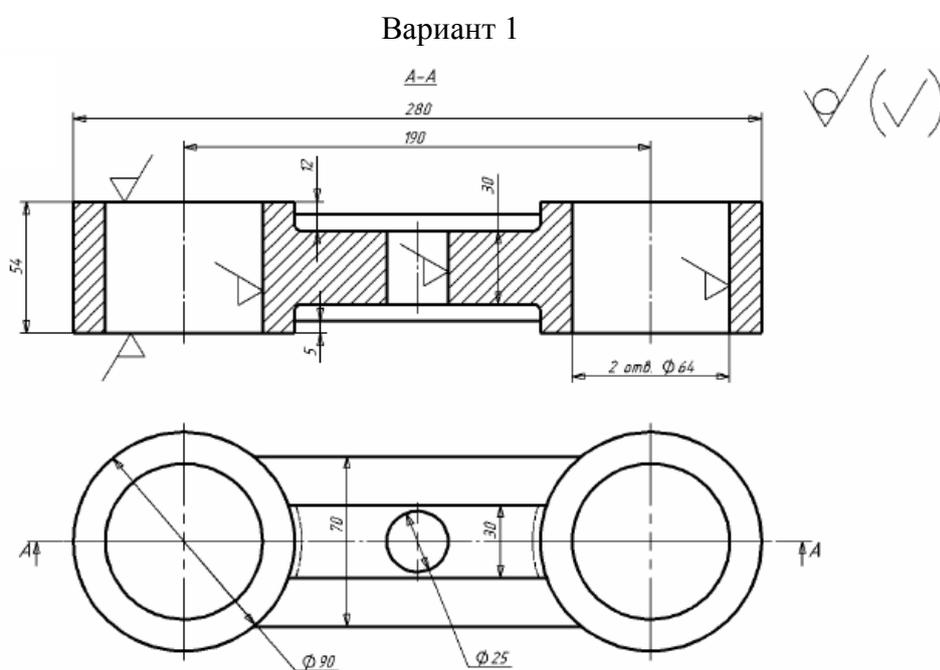
древесный уголь, сухой песок или вещества, выделяющие тепло в результате химических реакций.

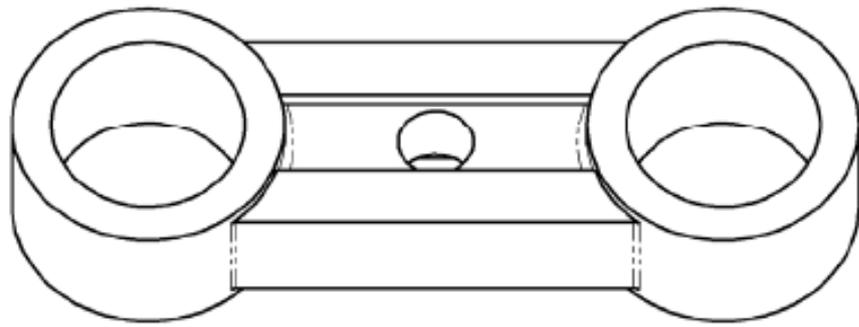
Модели выпоров образуют каналы  $10$  (рис. 9 и рис. 5, б), соединяющие полость формы с атмосферой. По ним вытесняются воздух и газы из формы. Выпоры при формовке обычно устанавливают на самых высоких частях модели или в местах предполагаемого скопления газов.

Опочная оснастка. Для изготовления форм кроме модельных комплектов используются опоки, центрирующие штыри и другие приспособления. Форма изготавливается в опоках  $4$  (рис. 9). Они предохраняют ее от разрушения во время сборки, транспортировки и заливки.

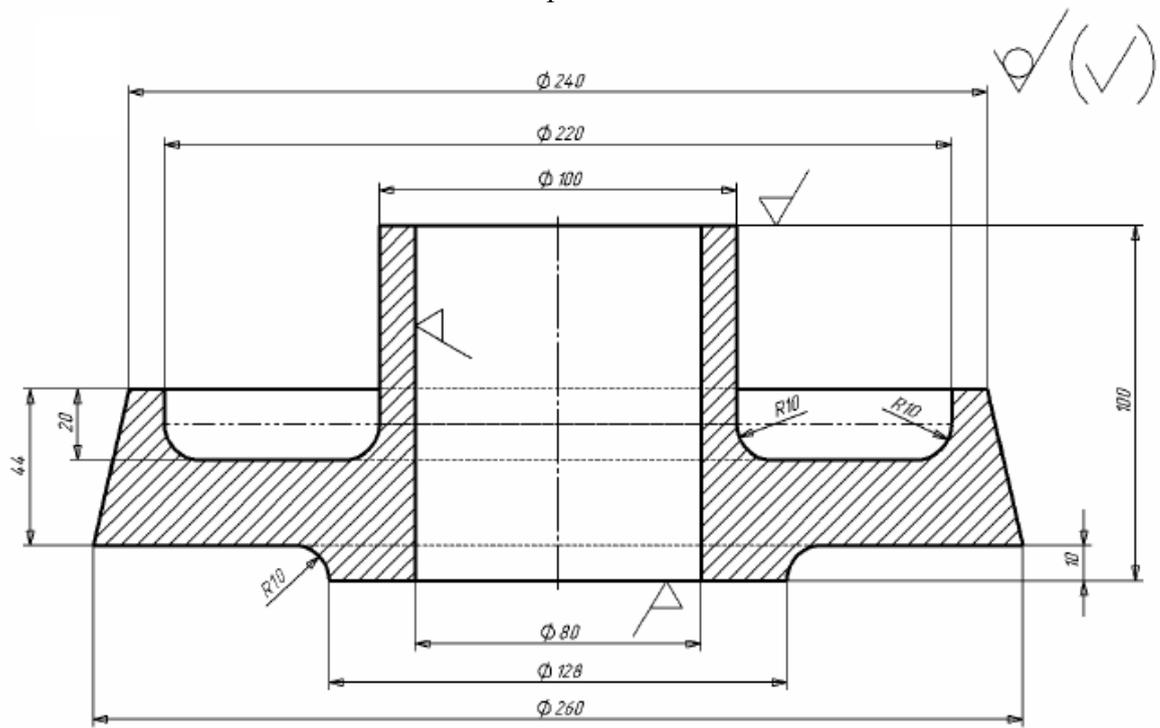
### Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту, указанному преподавателем, начертить чертеж детали (прил. 1).
2. По чертежу детали, пользуясь краткими теоретическими сведениями, изложенными выше, и условиями производства детали (массовое, мелкосерийное, единичное), разработать чертеж элементов литейной формы или чертеж отливки.
3. С помощью полученного чертежа разработать чертеж модели или модельных плит, а также эскизы стержневого ящика и стержней.
4. Разработать чертеж литейной формы со всеми составляющими литниковой системы.

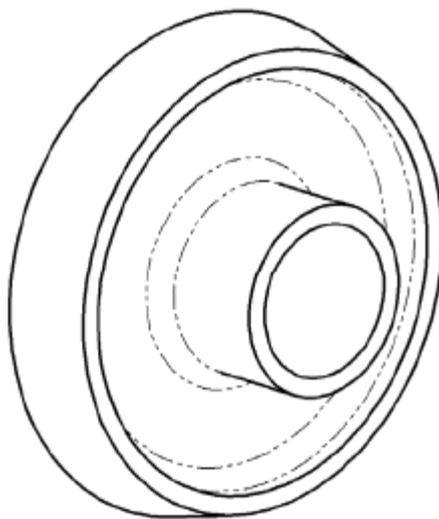




Вариант 2



Материал 35/1



#### **Содержание отчета**

1. Перечертить чертеж детали на лист формата А4 с указанием всех данных о детали, подписать ФИО студента, группу и номер варианта задания. Это первый лист отчета.
2. На втором листе формата А4 начертить отливку или чертеж «Элементы литейной формы» в зависимости от вида производства (единичное, мелкосерийное, массовое).
3. На третьем листе начертить модель или модельные плиты. Чертеж стержней и стержневых ящиков можно выполнить на третьем или на четвертом листе.
4. Последний чертеж – это схема литейной формы без указания размеров.
5. В письменном приложении к чертежам дать определения отливки, модели, стержня и литейной формы. Указать основные отличия между деталью и отливкой, отливкой и моделью. Ответить на контрольные вопросы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Из каких материалов изготавливают модели отливок и модельные плиты? Перечислите основные отличия отливки от детали.
2. Объясните назначение литейных уклонов на моделях отливок.
3. Для чего предназначены стержневые знаки на моделях отливок?
4. В каких случаях при изготовлении песчано-глинистых литейных форм используют модельные плиты? Почему наружные размеры отливки меньше размеров литейной формы?
5. Укажите основные причины, по которым целесообразно располагать отливку в нижней части литейной формы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ**

**Цели работы:** получить представление о сущности процессов ручной дуговой сварки, ознакомиться с ее технологическими возможностями и областями применения, используемыми материалами и оборудованием, изучить основные параметры режима ручной дуговой сварки и определение их значений.

### **Правила техники безопасности**

Поражение электрическим током. При дуговой сварке используют источники тока с напряжением холостого хода от 45 до 80 В, при постоянном токе от 55 до 75 В, при переменном токе от 180 до 200 В при плазменной резке и сварке. Поэтому источники питания оборудуются автоматическими системами отключения тока в течение 0,5...0,9 секунд при обрыве дуги. Человеческое тело обладает собственным сопротивлением и поэтому безопасным напряжением считают напряжение не выше 12 В.

При работе в непосредственном контакте с металлическими поверхностями следует соблюдать следующие правила техники безопасности:

- надежная изоляция всех токоподводящих проводов от источника тока и сварочной дуги.
- применение автоматических систем прерывания подачи высокого напряжения при холостом ходе.
- надежная изоляция электрододержателя для предотвращения случайного контакта с токоведущими частями электрододержателя с изделием.
- при работе в замкнутых помещениях (сосудах) кроме спецодежды следует применять резиновые коврики (калоши) и источники дополнительного освещения.
- не допускается контакт рабочего с клеммами и зажимами цепи высокого напряжения.
- каждый сварочный пост должен быть огорожен негорючими материалами по бокам, а вход - асбестовой или другой негорючей тканью во избежание случайных повреждений других рабочих.

Поражение лучами электрической дуги. Сварочная дуга является источником световых лучей, яркость которых может вызывать ожоги незащищенных глаз при облучении их всего в течение 10-15 секунд. Более длительное воздействие излучения дуги может привести к повреждению хрусталика глаза и полной потере зрения. Ультрафиолетовое излучение вызывает ожоги глаз и кожи (подобно воздействию прямых солнечных лучей), инфракрасное излучение может вызвать помутнение хрусталика глаза. Стены кабины должны быть окрашены в светлые тона для ослабления контраста с яркостью дуги. При работе вне кабины применяются специальные ширмы и защитные щиты.

### **Краткие теоретические сведения**

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления прочных межатомных и (или) межмолекулярных связей.

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для получения сварного соединения необходимо сблизить соединяемые поверхности на расстояния, при которых начинают действовать межатомные силы сцепления. Указанные условия реализуются путем нагрева или расплавления металла в зоне сварки. В результате поверхностные атомы металлов соединяемых деталей образуют общие кристаллические решетки.

Классификация дуговой сварки производится в зависимости от степени механизации процесса, рода тока и полярности, типа сварочной дуги, свойств сварочного электрода, вида защиты зоны сварки от атмосферного воздуха и др.

По степени механизации различают:

- ручную дуговую сварку;
- полуавтоматическую дуговую сварку;
- автоматическую дуговую сварку.

Отнесение процессов к тому или иному способу зависит от того, как выполняются зажигание и поддержание определённой длины дуги, манипуляция электродом для придания шву нужной формы, перемещение электрода по линии наложения шва и прекращения процесса сварки.

При ручной дуговой сварке указанные операции, необходимые для образования шва, выполняются человеком вручную без применения механизмов.

При полуавтоматической дуговой сварке плавящимся электродом механизмируются операции по подаче электродной проволоки в сварочную зону, а остальные операции процесса сварки осуществляются вручную.

При автоматической дуговой сварке под флюсом механизмируются операции по возбуждению дуги, поддержанию определённой длины дуги, перемещению дуги по линии наложения шва. Автоматическая сварка плавящимся электродом ведётся сварочной проволокой диаметром 1-6 мм; при этом режим сварки (ток, напряжение, скорость перемещения дуги и др.) более стабилен, что обеспечивает однородность качества шва по его длине, в то же время требуется большая точность в подготовке и сборке деталей под сварку.

По роду тока различают:

- электрическая дуга, питаемая постоянным током прямой полярности (минус на электроде);
- электрическая дуга, питаемая постоянным током обратной полярности (плюс на электроде);
- электрическая дуга, питаемая переменным током.

По типу дуги различают:

- дугу прямого действия (зависимую дугу);
- дугу косвенного действия (независимую дугу).

В первом случае дуга горит между электродом и основным металлом, который также является частью сварочной цепи, и для сварки используется теплота, выделяемая в столбе дуги и на электродах; во втором – дуга горит между двумя электродами.

По свойствам сварочного электрода различают:

- способы сварки плавящимся электродом;
- способы сварки неплавящимся электродом (угольным, графитовым и вольфрамовым).

Сварка плавящимся электродом является самым распространённым способом сварки; при этом дуга горит между основным металлом и металлическим стержнем, подаваемым в зону сварки по мере плавления. Этот вид сварки можно производить одним или несколькими электродами. Если два электрода подсоединены к одному полюсу источника питания дуги, то такой метод называют двухэлектродной сваркой, а если больше – многоэлектродной сваркой пучком электродов. Если каждый из электродов получает независимое питание – сварку называют двухдуговой (многодуговой) сваркой. При дуговой сварке плавлением КПД дуги достигает 0,7-0,9.

По условиям наблюдения за процессом горения дуги различают:

- открытую;
- закрытую;
- полуоткрытую дугу.

При открытой дуге визуальное наблюдение за процессом горения дуги производится через специальные защитные стёкла – светофильтры. Открытая дуга применяется при многих способах сварки: при ручной сварке металлическим и угольным электродом и сварке в защитных газах. Закрытая дуга располагается полностью в расплавленном флюсе – шлаке, основном металле и под гранулированным флюсом, и она невидима. Полуоткрытая дуга характерна тем, что одна её часть находится в основном металле и расплавленном флюсе, а другая над ним. Наблюдение за процессом производится через светофильтры. Используется при автоматической сварке алюминия по флюсу.

## **1. Вольтамперная характеристика источников питания сварочной дуги**

Одной из важнейших характеристик источника питания сварочной дуги является внешняя вольтамперная характеристика, представляющая собой зависимость между напряжением и силой тока при постоянной длине дуги (установившемся горении). В зависимости от назначения источники питания имеют различные внешние характеристики (рис.1). Источник тока для ручной сварки обладает крутопадающей внешней характеристикой для маломощной дуги, при сварочном токе менее 50 А и плотности тока на электроде 10...12 А/мм<sup>2</sup>. При автоматической сварке под флюсом внешняя характеристика пологая для повышения устойчивости процесса соответствует сварочным токам 50...1000 А и плотности тока на электроде 12...80 А/мм<sup>2</sup>. Если же сварка ведется в защитных средах с применением тонких электродных проволок, источник тока должен иметь жесткую или пологовозрастающую характеристики с плотностью тока на электроде более 80 А/мм<sup>2</sup>.

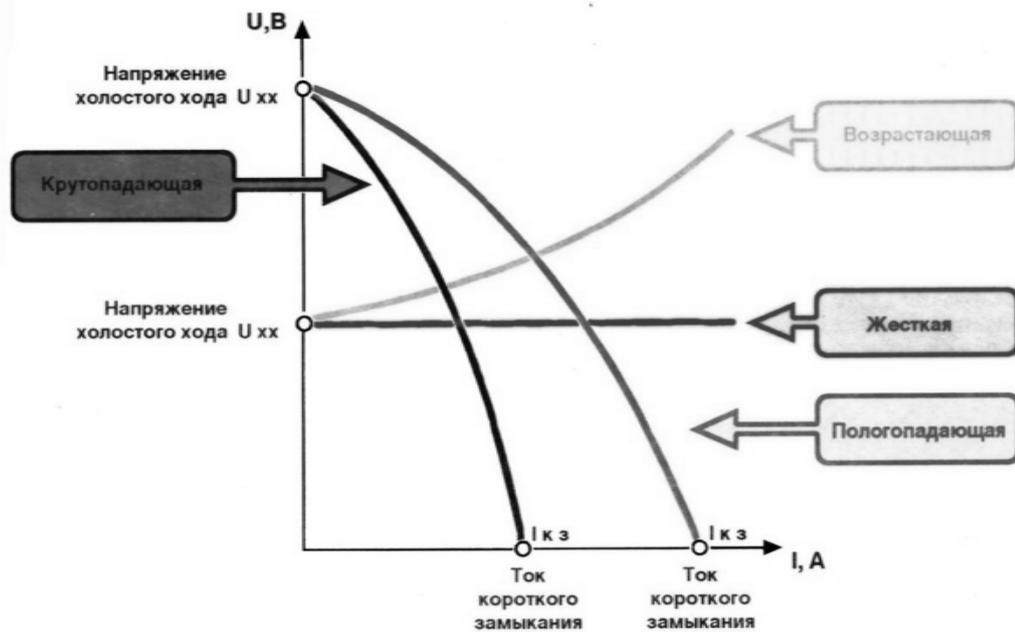


Рис.1. Внешние вольтамперные характеристики источников питания.

Важной характеристикой сварочной дуги является статическая вольтамперная характеристика (рис.2) представляющая собой зависимость между падением напряжения в сварочной дуге от силы тока при постоянной длине дуги (установившемся горении).

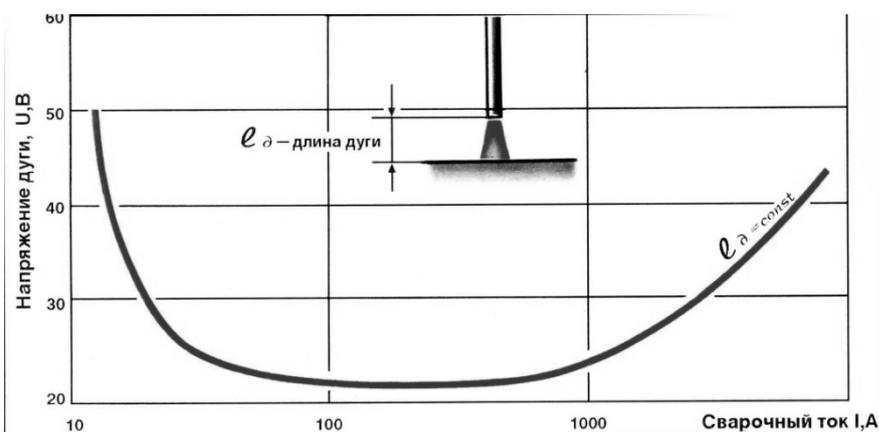


Рис.2. Статические вольтамперные характеристики источников питания.

Устойчивое горение дуги возможно при условии пересечения ее статической характеристики с внешней характеристикой источника, т.е. когда  $U_{дуги} = U_{ист}$ . На рис. 3 показана крутопадающая внешняя характеристика источника питания и пересекающие ее статические характеристики сварочной дуги различной длины. Точки

пересечения характеризуют устойчивое горение дуги, т.к.  $U_{\text{дуги}} = U_{\text{ист}}$ . так для сварочной дуги длиной  $l_{\text{д}} = 5$  мм устойчивое горение будет обеспечено при сварочном токе  $J = 145$  А и  $U_{\text{ист}} = 25$  В. В случае увеличения сварочного тока до  $J = 160$  А напряжение источника, как видно из графика, станет  $U_{\text{ист}} = 18$  В меньше напряжения дуги, условие  $U_{\text{дуги}} = U_{\text{ист}}$  не выполняется, однако при таком токе устойчивой будет дуга длиной  $l_{\text{д}} = 3$  мм.

Из рис.3 видно, что диапазон регулирования устойчивого режима сварки (тока и напряжения) для изменения длины дуги от 7 до 1 мм составляет для  $J = 130 \dots 170$  А, для напряжения  $U = 33 \dots 8$  В.

Другим показателем работы источника сварочного тока является продолжительность работы (ПР) или продолжительность включения (ПВ). Эти величины характеризуют повторно-кратковременный режим работы, на который рассчитаны источники питания.

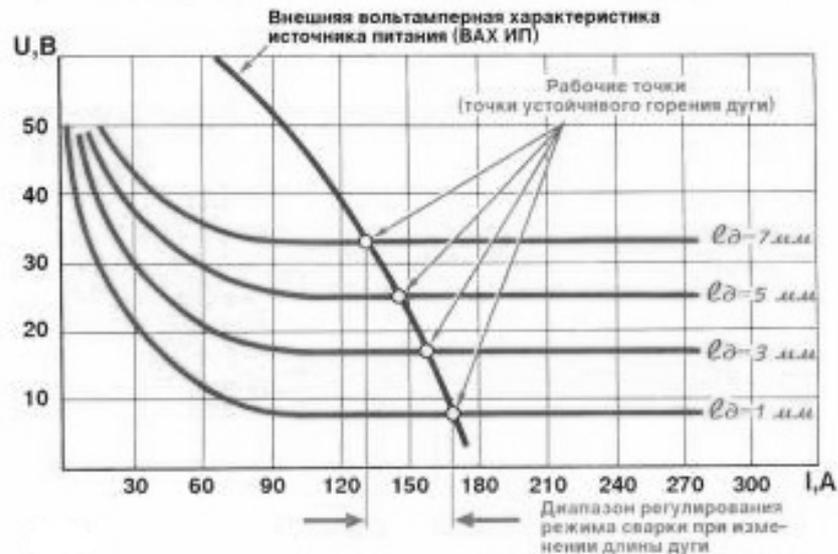


Рис.3. Вольтамперные характеристики сварочной дуги.

## 2. Сущность процесса ручной дуговой сварки

Источником теплоты при дуговой сварке служит электрическая дуга, представляющая собой длительный устойчивый электрический разряд в газовой среде между электродом и изделием, с выделением большого количества тепловой энергии и сильным световым излучением. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения.

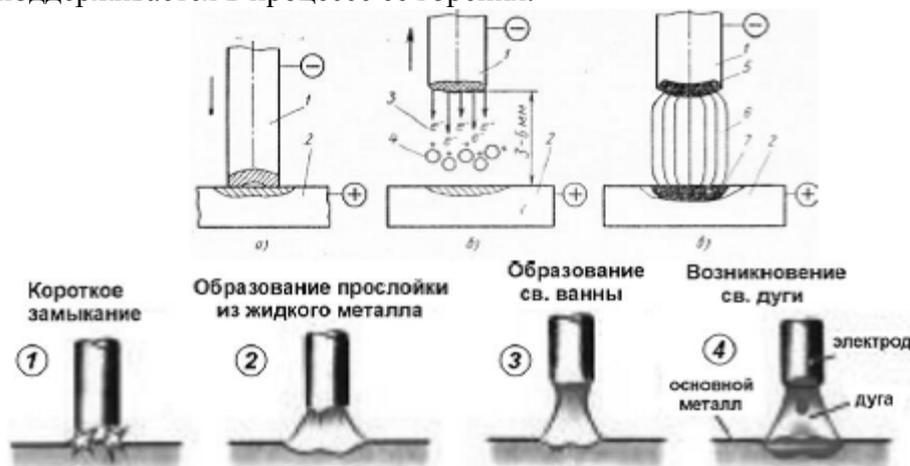


Рис. 4. Схема процесса зажигания дуги.

Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает три этапа (рис.4): короткое замыкание электрода на заготовку (рис. 4-1) отвод электрода на расстояние 3-6 мм (рис. 4-

2) и возникновение устойчивого дугового разряда (рис.4-3). Без короткого замыкания дугу можно зажечь с помощью осциллятора (генератор высокочастотных колебаний).

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную подают в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом (рис.5) дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в металлическую сварочную ванну.



Рис. 5. Схема процесса сварки.

Вместе со стержнем плавится покрытие электрода, образуя газовую защитную атмосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку.

Покрытия электродов предназначены для обеспечения стабильного горения дуги, защиты расплавленного металла от воздействия воздуха и получения металла шва заданного состава и свойств. В состав покрытия электродов входят стабилизирующие, газообразующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и связующие составляющие. Электродные покрытия могут быть: кислыми А ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ); основными Б ( $\text{CaO}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgCO}_3$ ); целлюлозными Ц (целлюлоза и др.); рутиловыми Р ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ). Электроды с кислыми и рутиловыми покрытиями применяют для сварки стали обычной и повышенной прочности, с основными – для повышенной и высокой прочности.

По назначению электроды для сварки конструкционных сталей делят на типы Э38, Э42, ..., Э150. Цифры в обозначении типа электрода означают предел прочности ( $\sigma_b$ ) наплавленного металла в  $\text{кГ/мм}^2$ . Тип электрода обозначает прочностные и специальные свойства наплавленного металла. Каждому типу может соответствовать одна или несколько марок.

Кроме того, электроды подразделяются на марки. Марка электрода (MP-3, УО-НИ-13/45, ЦЛ-11, ЦТ-15 и т.д.) определяет вид и состав покрытия, его технологические свойства: род и полярность тока, возможность сварки в разных пространственных положениях и др. Основным рабочим инструментом сварщика при ручной сварке служит электрододержатель, который предназначен для зажима электрода и провода сварочного тока. Применяют электрододержатели пружинного, пластинчатого и винтового типов (рис. 6)

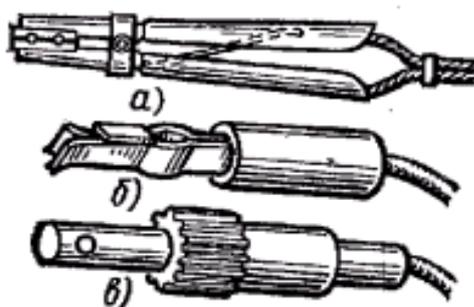


Рис.6. Электродержатели для ручной дуговой сварки (а – пружинный, б – пластинчатый, в – винтовой).

Согласно ГОСТ 14651-78 электродержатели выпускают трёх типов в зависимости от силы сварочного тока: 1 типа – для тока 125 А; 2 типа для 125-315 А; 3 типа для 315-500 А.

Для подвода тока от источника питания к электродержателю и изделию используют сварочные провода. Сечения проводов выбирают по установленным нормативам для электротехнических установок ( $5-7 \text{ А/мм}^2$ ).

### 3. Источники сварочного тока

#### 3.1. Сварочный трансформатор

Сварочный трансформатор предназначен для питания дуги переменным током, преобразуя напряжение сети (220 или 380 В) в низкое напряжение, а ток из низкого - в высокий, до тысяч ампер.

Трансформатор разделяет силовую сеть и сварочную цепь, понижает напряжение сети до напряжения, необходимого для сварки, обеспечивает самостоятельно или в комплекте с дополнительными устройствами начальное и повторное возбуждение и стабильное горение дуги, формирование требуемых внешних характеристик и регулирование силы сварочного тока или напряжения на дуге.



Рис. 7. Сварочный трансформатор.

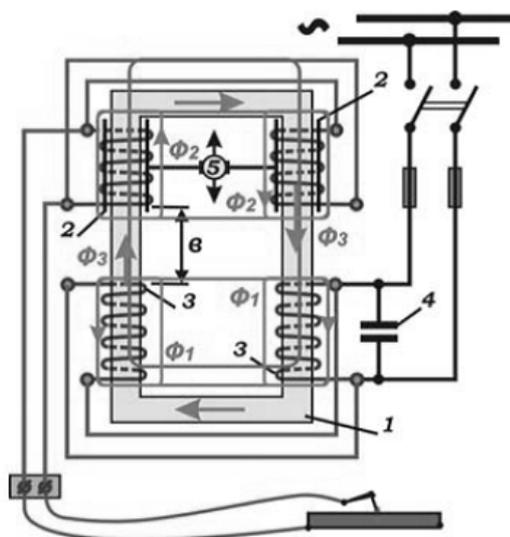


Рис. 8. Схема сварочного трансформатора.

1 – магнитопровод; 2 – вторичная (понижающая) обмотка; 3 – сетевая обмотка; 4 – конденсатор; 5 – механизм перемещения вторичной обмотки.

Нагрузка вокруг обмоток трансформатора образуются магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  (Рис.8), проходящие в основном по сердечнику и складывающиеся в общий поток  $\Phi_0$ . Часть магнитных силовых линий рассеивается и не проходит через сердечник, а замыкается через воздух. Потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  называют потоками рассеивания. С увеличением нагрузки на трансформатор потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  возрастают, индуцируют в обмотках ЭДС самоиндукции, противодействующую основной ЭДС. При этом напряжение падает до нуля. Регулирование силы сварочного тока производят изменением расстояния между обмотками. При увеличении этого расстояния магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  увеличиваются, в результате чего основной поток и сила тока на дуге уменьшаются.

### 3.2. Сварочный выпрямитель

Преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный напряжением и величиной, необходимыми для сварки. Конструктивно состоит из понижающего трансформатора и выпрямительного блока.

Основные узлы выпрямителей: понижающий трансформатор, выпрямительный блок из селеновых, кремниевых или германиевых полупроводниковых вентилях; регулирующее устройство и система принудительной вентиляции. Полупроводниковые диоды включаются по различным схемам, наиболее распространенные схемы включения показаны на рис.9.

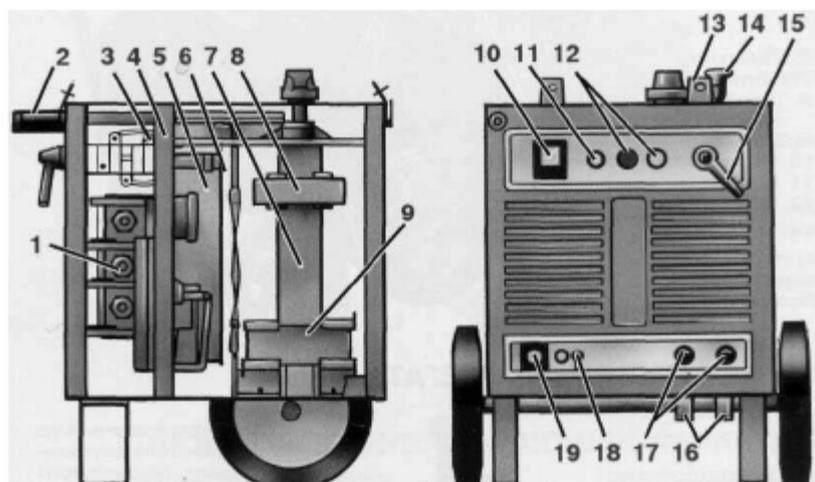


Рис. 9. Сварочный выпрямитель.

1 – выпрямительный блок; 2 – выдвижные ручки для передвижения выпрямителя; 3 – предохранители; 4 – блок аппаратуры; 5 – вентилятор; 6 – ветровое реле; 7 – силовой трансформатор; 8 – вторичная обмотка; 9 – первичная обмотка; 10 – амперметр; 11 – сигнальная лампа; 12 – кнопки включателя; 13 – скобы; 14 – рукоятка регулирования тока; 15 – переключатель диапазонов тока; 16 – шина заземления; 17 – токовые разъемы; 18 – болт заземления; 19 – разъем для подключения сети.

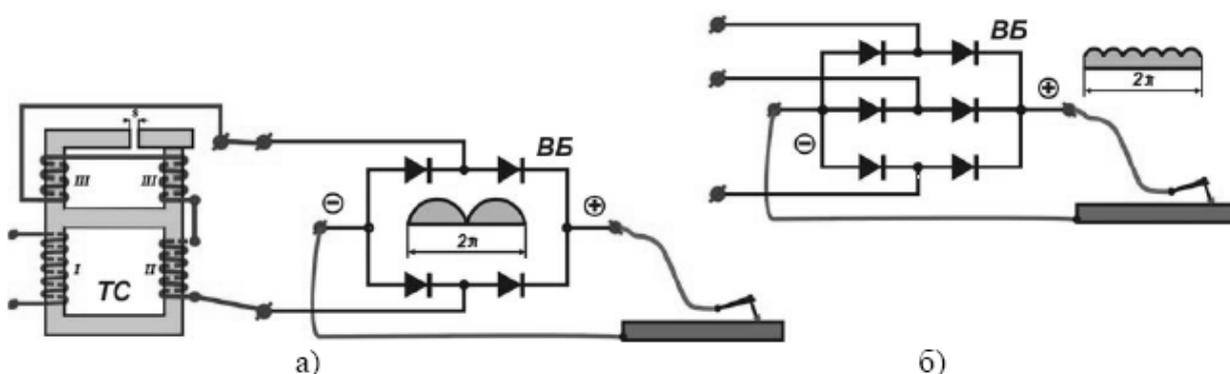


Рис. 10. Электрические схемы неуправляемых выпрямителей постоянного сварочного тока. а) при однофазной схеме включения; б) при трехфазной схеме включения. ТС – трансформатор сварочный; ВБ – блок выпрямителя.

При однофазном токе и включении диодов по мостовой схеме (рис.10-а) получается пульсирующий ток постоянного направления. При использовании трехфазного тока (рис.10-б) получают выровненный сварочный ток постоянного направления. Эта схема чаще всего применяется в сварочных выпрямителях. Выпрямительный блок состоит из силовых диодов (неуправляемый выпрямитель),

Регулировка режимов сварки комбинированная:

- ступенчатая за счет переключения обмоток с треугольника на звезду;
- и плавная за счет изменения зазора между обмотками трансформатора.

Выпрямительный блок состоит из силовых тиристоров (управляемый выпрямитель),

Регулировка режимов сварки комбинированная:

- ступенчатая за счет переключения обмоток с треугольника на звезду;
- и плавная блоком управления.

Регулирование сварочного тока осуществляется регулятором понижающего трансформатора или дополнительными балластными реостатами (сопротивлениями), включенными последовательно в цепь сварочной дуги.

#### 4. Расчет режимов ручной сварки

Режимом сварки называют совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, формы и качества. При ручной сварке такими характеристиками являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, длина сварочной дуги, напряжение горения дуги.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла и типа сварного соединения.

Таблица 1

**Выбор диаметр электрода от толщины свариваемого металла**

Толщина металла, мм	1-2	2-5	6-12	Свыше 12
Диаметр электрода, мм	1,5-2,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-8,0

Величина сварочного тока зависит от толщины свариваемого металла, типа соединения, скорости сварки, положения шва в пространстве, толщины и вида покрытия электрода, его

диаметра. Практически величину сварочного тока при сварке электродами из малоуглеродистой стали можно определять:

$$I_{св} = (20 + 6d)d, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр электрода, мм.

Величина сварочного тока влияет не только на глубину проплавления, но и на форму шва.

При ширине шва, равной 3-4 диаметрам электрода, форма шва наиболее благоприятна.

От длины дуги зависит качество шва: чем короче дуга, тем выше качество наплавленного металла.

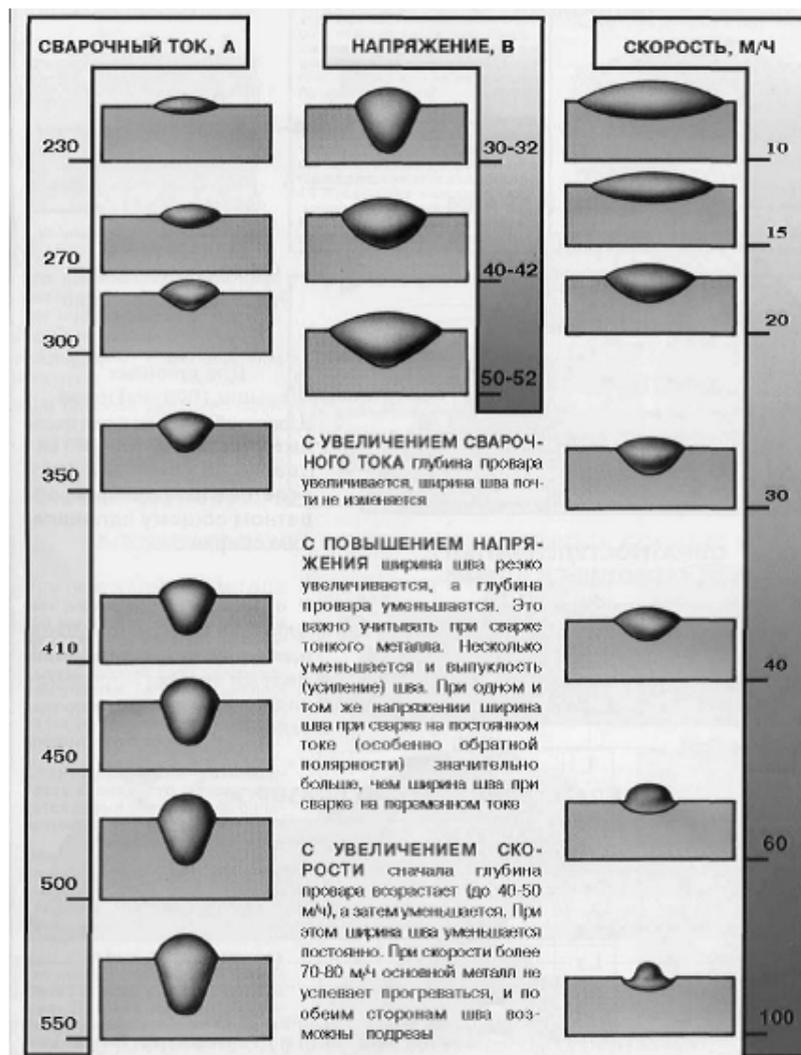
Длина дуги  $l_d = 0,5(d+2)$ .

При сварке на токах более 100 А, напряжение горения дуги  $U_d$  зависит только от длины дуги:

$$U_d = \alpha + \beta \cdot l_d, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах, (функция внешней характеристики источника тока)  $\alpha = 10 \dots 12$ ;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий падение на 1 мм длины столба дуги, (функция статической вольтамперной характеристики сварочной дуги)  $\beta = 2 \dots 2,5$ .

Влияние величины сварочного тока, напряжения дуги и скорости сварки на форму и размеры сварного шва.



Рассчитываемое значение скорости сварки  $v_{св}$  применительно к ручной дуговой сварке носит рекомендательный характер и используется при нормировании труда, так как в конечном итоге процесс сварки происходит под контролем сварщика и им же корректируется. Однако существенное отклонение от расчетного значения скорости

сварки может привести к формированию некачественного сварного шва и появлению дефектов сварного соединения.

Скорость сварки выражается зависимостью:

$$v_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (3)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч, зависит от марки электрода,  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\gamma=7,8$  г/см<sup>3</sup>),  $F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, см<sup>2</sup>.

Время сварки  $t_{св}$  определяют по формуле:  $t_{св} = L/v_{св}$ , ч, где  $L$  – длина сварного шва, м.

## 5. Техника ручной электродуговой сварки

Ручная дуговая сварка применяется во всех областях металлообрабатывающей промышленности и строительства. Толщина изделий, свариваемых РЭДС: минимальная – 1 мм; максимальная при однократной односторонней сварке без разделки кромок – 6-8 мм, при использовании разделок практически не ограничена.

Для правильного формирования шва электрод необходимо держать наклонно по отношению к поверхности свариваемого металла (под углом 70-85°). Изменяя угол наклона электрода, можно регулировать глубину проплавления основного металла и влиять на скорость сварки и охлаждения расплавленного металла.

Зажигание сварочной дуги сварщик производит кратковременным прикосновением конца электрода к изделию (*метод короткого замыкания*):

*способ 1.* Осуществить короткий удар электродом в вертикальном направлении и затем оторвать его на высоту 4-5 мм от изделия;

*способ 2.* Осуществить скользящее движение концом электрода по изделию (50–80 мм) и затем оторвать его на высоту 4–5 мм (зажигание «спичкой»).

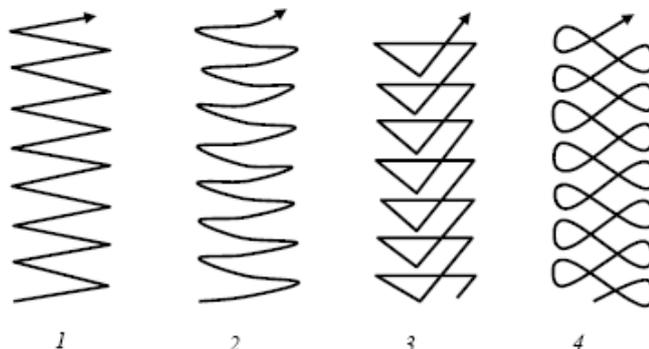


Рис. 11. Виды поперечных перемещений конца электрода:

1 и 2 – для равномерного прогрева кромок (используются наиболее часто); 3 – при увеличенном нагреве середины;  
4 – при увеличенном нагреве кромок.

Перемещение электрода (дуги) производится таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок и качественное формирование шва. Для получения «узкого» валика осуществляют только продольное перемещение электрода без поперечных колебаний. Ширина валика – 0,8-1,5 $d_0$ . Для получения «уширенного» валика осуществляют поперечное колебание конца электрода определенной траектории (рис. 11). При сварке (или наплавке валика) необходимо учитывать следующее:

- чрезмерное уменьшение длины дуги ухудшает формирование шва и может привести к короткому замыканию;
- чрезмерное увеличение длины дуги приводит к снижению глубины провара, увеличению разбрызгивания электродного металла и ухудшению формирования шва.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с областями применения РЭС, свойствами сварочной дуги, принципом работы и устройством источников питания сварочной дуги, видами сварочных электродов и электродных покрытий, техникой выполнения РЭС и видами возникающих при сварке дефектов.
2. Освоить способы зажигания дуги и добиться устойчивости ее горения. Зажечь дугу и вести электрод вдоль меловой линии, начерченной на стальной планке, с целью образования ниточного валика, поддерживая постоянной длину дуги.
3. Оценить по внешнему виду качество наплавленного валика.

#### **Содержание отчета**

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Привести схему ручной электродуговой сварки.
3. Начертить схему сварочного трансформатора и вольт-амперную характеристику.
4. Привести результаты расчетов режима сварки для заданного сварного соединения.
5. Перечислить компоненты покрытий для качественных электродов и указать их назначение.

#### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение термина «электрическая дуга». Что характеризует внешняя характеристика источника сварочного тока?
2. Что характеризует статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги? Какова внешняя вольтамперная характеристика сварочного трансформатора?
3. В чем сущность процесса дуговой электросварки?
4. Классификация электродов для ручной сварки по типам и маркам?

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ**

**Цели работы:** изучить устройство сверлильного станка модели 2Н135, приспособления для закрепления инструмента и заготовок, конструктивные и геометрические элементы сверла и работы, выполняемые на сверлильных станках.

#### **Правила техники безопасности**

При работе на сверлильном станке может возникнуть опасность ранения рабочего стружкой или отлетающими осколками, обрабатываемой деталью при ее слабом закреплении, при прикосновении к вращающемуся сверлу, патрону или шпинделю станка. Устанавливая обрабатываемую деталь на столе сверлильного станка, необходимо надежно закрепить ее при помощи тисков, кондукторов и других приспособлений, чтобы деталь во время обработки не сдвигалась с места под действием режущего инструмента и не пружинила. Нельзя поддерживать во время обработки деталь непосредственно руками. Лишь особо тяжелые детали и большие листы могут устанавливаться на станке без крепления. При сверлении мелких деталей их можно придерживать клещами.

При установке детали в зажимных тисках необходимо подбирать их соразмерно деталям и проверять их исправность. К столу станка тиски нужно крепить болтами, головки которых должны иметь размеры по пазу стола; возможно также крепление деталей прижимными планками, упорами и т. п.

При установке сверла необходимо проверять исправность хвостовика сверла и хвостовика у переходной конусной втулки, чистоту конусного отверстия шпинделя и поверхность входящего в шпиндель инструмента или переходной конусной втулки с инструментом, а также прочность крепления в шпинделе инструмента (сверла, развертки, метчика). Если

сверла устанавливают в патроне с выступающими головками установочных винтов, то патроны нужно закрывать гладкими круглыми кожухами.

Сверло вынимают из патрона только при полной остановке станка. Для удаления сверла из шпинделя следует пользоваться специальным клином, который нельзя оставлять в пазу шпинделя.

Перед пуском станка необходимо убрать со стола ненужный инструмент и оставшиеся крепежные приспособления, подвести к инструменту трубопровод эмульсионного охлаждения и проверить, не угрожает ли кому-нибудь включение станка, снять рукавицы, так как они могут быть закручены вращающимся сверлом.

Уборку стружки в виде витой спирали следует производить крючком или щеткой. Недопустимо убирать и смахивать стружку рукой. Во время работы нельзя стоять на линии вылета стружки из станка. Необходимо следить за исправностью режущего инструмента.

При обработке деталей на радиально-сверлильных станках, при подводе траверсы со вставленным сверлом к месту сверления следует закрепить ее при помощи имеющихся на станке зажимных рукояток. Не допускается разгон на траверсе суппорта во избежание его выпадения за пределы направляющих.

После окончания сверления до пуска механизма подъема траверсы освобождается от зажимов и отводится в сторону.

Затупление инструмента (сверла, развертки) или его неправильная заточка могут вызвать поломку и заедание инструмента в обрабатываемой детали. В этом случае работу на станке необходимо прекратить.

При сверлении с ручной подачей нельзя сильно нажимать на сверло во избежание его поломки. Зенкер или сверло нужно подавать на деталь, постепенно увеличивая глубину резания. В противном случае, при резкой подаче может быть вырвана деталь или режущий инструмент, что представляет опасность, как для самого рабочего, так и для окружающих.

Во время работы станка нельзя осуществлять: установку сверла или другого инструмента в патрон станка, проверку рукой остроты режущих кромок инструмента и глубины отверстия и выхода сверла из отверстия в детали, удаление стружки рукой с режущей грани инструмента, охлаждение сверла мокрыми концами или тряпкой, придерживаемых рукой, а также работать в рукавицах. Во время работы запрещается подводить трубопровод эмульсионного охлаждения к инструменту или производить его крепление, осуществлять переналадку станка, поправлять установку детали на станке, чистить и смазывать станок.

Смену инструмента во время работы станка разрешается производить только при наличии специального быстросменного патрона. При замене инструмента на многошпиндельных головках, где замена сопряжена с нахождением рук рабочего в зоне расположения головок, необходимо применять специальную подставку, предупреждающую падение головки.

В конструкциях многошпиндельных сверлильных станков предусматривают специальные устройства для пуска и выключения каждого шпинделя. Если в работе используется один шпиндель, остальные должны быть выключены. Вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки оснащают устройствами, предупреждающими самопроизвольное опускание траверсы, хобота, кронштейна. При работе центровыми сверлами, если автоматическое удаление стружки не предусмотрено, удаление ее из просверливаемого отверстия производят только после остановки сверла и его отвода. Нельзя выдувать ртом стружку из рассверленных отверстий.

По окончании обработки детали необходимо выключить сверлильный станок, вынуть инструмент, открепить деталь и убрать ее со стола или плиты станка, очистить станок и рабочее место от стружки.

### Краткие теоретические сведения

Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала. Для выполнения подобных операций используют сверла, зенкеры, развертки, метчики и другие инструменты. В зависимости от области применения различают универсальные и специальные сверлильные станки. Находят широкое применение и специализированные сверлильные станки для крупносерийного и массового производства, которые создаются на базе универсальных станков путем оснащения их многошпиндельными сверлильными и резьбонарезными головками и автоматизации цикла работы.

#### 1. Основные части сверлильного станка 2Н135

При сверлении главным движением является вращательное движение инструмента, а движением подачи – поступательное движение инструмента вдоль оси. Общий вид вертикально-сверлильного станка показан на рис. 1.

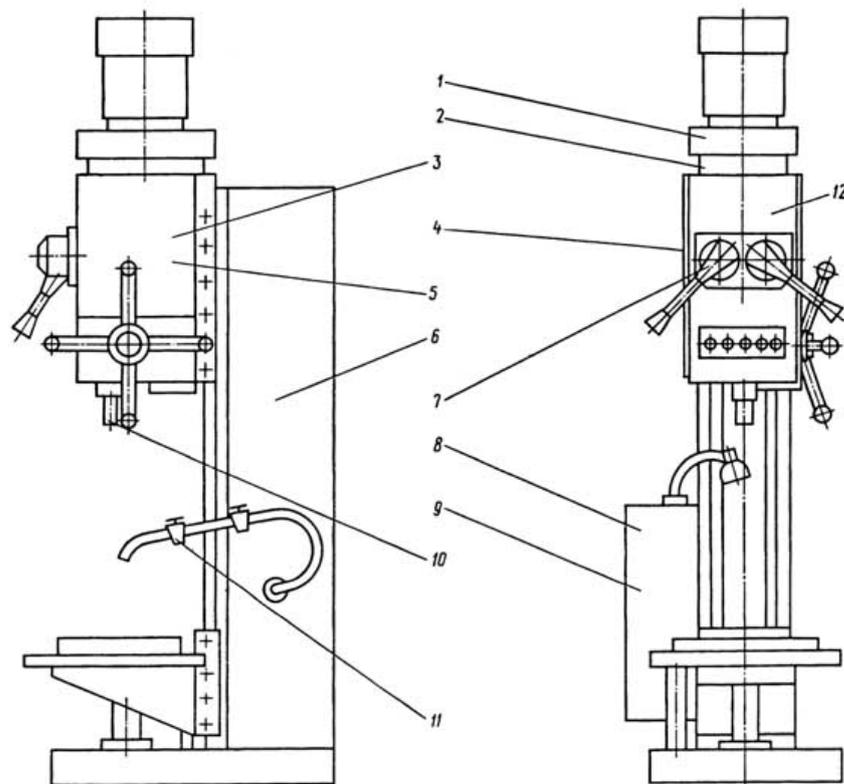


Рис.1. Основные части сверлильного станка 2Н135

1- Привод сверлильного станка; 2 - Коробка скоростей станка; 3 - Насос плунжерный масляный; 4 - Насос плунжерный масляный; 5 - Коробка подач; 6 - Колонна, стол, плита; 7 - Механизм управления скоростями и подачами; 8 – Электрошкаф; 9 – Электрооборудование; 10 - Шпиндель в сборе; 11 - Система охлаждения станка; 12 - Сверлильная головка.

Модель **2Н135** расшифровывается следующим образом: цифра 2 означает, что станок относится ко второй группе – **сверлильный**; буква **Н** – **модернизированный**; цифра 1 указывает на принадлежность станка к первому типу – **вертикальный**; цифра 35 – **наибольший диаметр** сверления 35 мм (технический параметр станка).

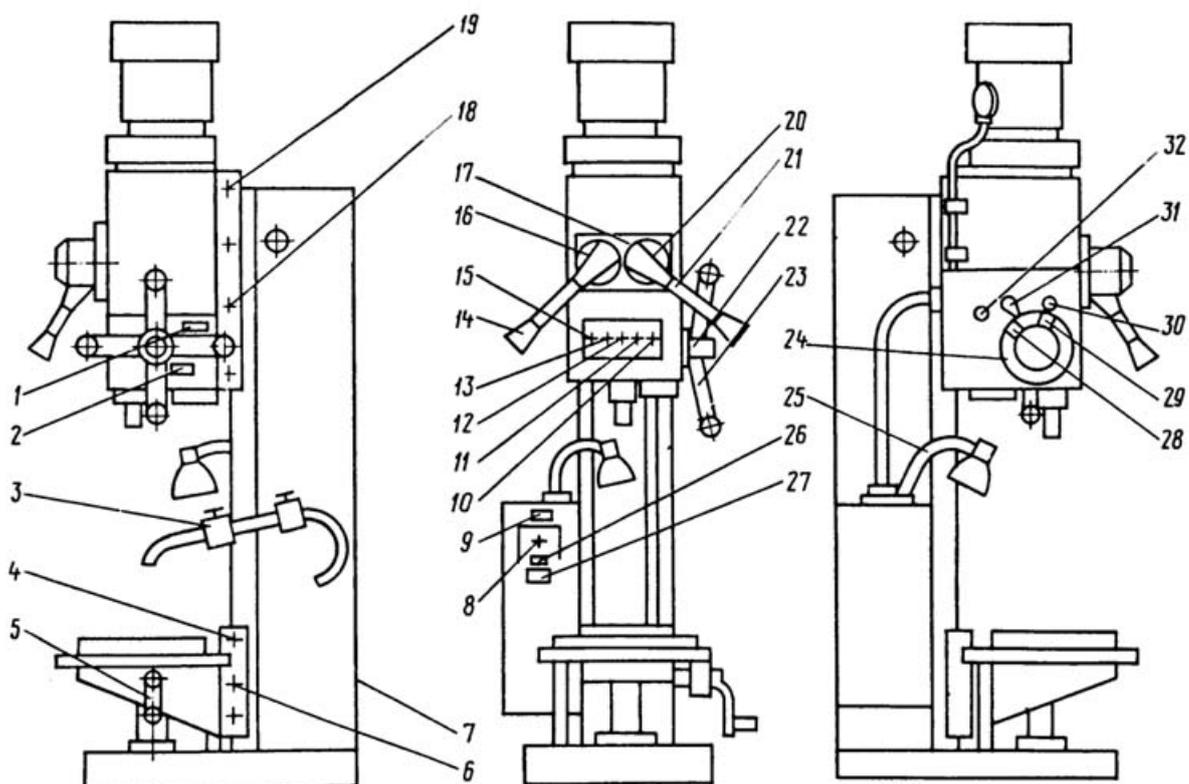


Рис. 2. Расположение органов управления сверлильного станка 2H135

- 1 - Табличка - "Заполнение"; 2 - Табличка - "Слив"; 3 - Кран включения охлаждения; 4 - Болты для регулировки клина стола и сверлильной головки; 5 - Рукоятка перемещения стола и сверлильной головки; 6 - Винты зажима стола и сверлильной головки; 7 - Табличка - "Заземление"; 8 - Вводный выключатель; 9 - Табличка - "Главный переключатель"; 10 - Сигнальная кнопка СТАНОК ВКЛЮЧЕН; 11 - Кнопка включения правого вращения шпинделя; 12 - Кнопка включения левого вращения шпинделя; 13 - Кнопка включения качательного движения шпинделя при переключении скоростей и подач; 14 - Рукоятка переключения скоростей; 15 - Кнопка СТОП; 16 - Табличка - "Частота вращения"; 17 - Табличка - "Менять скорость только при остановке"; 18 - Винты зажима стола и сверлильной головки; 19 - Болты для регулировки клина стола и сверлильной головки; 20 - Табличка - "Подача, мм за один оборот"; 21 - Рукоятка переключения подач; 22 - Кнопка включения ручной подачи; 23 - Штурвал механизма подач; 24 - Лимб для отсчета глубины обработки; 25 - Выключатель освещения; 26 - Табличка - "Охлаждение"; 27 - Выключатель насоса охлаждения; 28 - Кулачок для настройки глубины обработки; 29 - Кулачок для настройки глубины нарезаемой резьбы; 30 - Рычаг автоматического реверсирования главного привода при достижении заданной глубины нарезаемой резьбы; 31 - Рычаг отключения механической подачи при достижении заданной глубины обработки; 32 - Квадрат для ручного перемещения сверлильной головки.

Колонна, стол, плита. Колонна станка представляет собой чугунную отливку. По направляющим колонны типа "ласточкин хвост" вручную перемещаются сверлильная головка и стол. Стол станка имеет три Т-образных паза. На фундаментной плите установлен электронасос, а внутри плиты - резервуар с отстойником для охлаждающей жидкости.

Коробка скоростей и привод. Коробка скоростей сообщает шпинделю 12 различных частот вращения с помощью передвигных блоков 5 (рис. 3), 7, 8. Опоры валов коробки размещены в двух плитах - верхней и нижней 4, скрепленных между собой четырьмя стяжками 6. Коробка скоростей приводится во вращение вертикально расположенным электродвигателем через эластическую муфту 10 и зубчатую передачу 9. Последний вал 2

коробки - гильза - имеет шлицевое отверстие, через которое вращение передается. Через зубчатую пару 3 вращение передается на коробку подач. Смазка коробки скоростей, как и всех сборочных единиц сверлильной головки, производится от плунжерного насоса, закрепленного на нижней плите 4. Работа насоса контролируется специальным маслоуказателем на лобовой части подмоторной плиты.

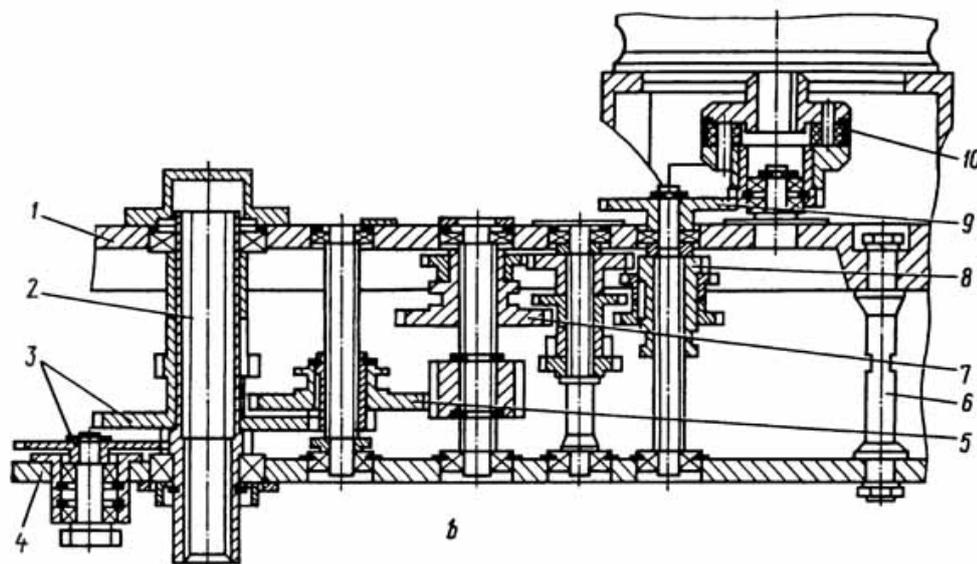


Рис. 3. Коробка скоростей сверлильного станка 2Н135

Механизмы переключения скоростей и подач. В вертикально-сверлильных станках применяют следующие механизмы переключения скоростей и подач: однорукояточные, пресс-селективные, автоматические и многорукояточные. Использование того или иного механизма определяется назначением станка. В сверлильном станке 2Н135 действуют однорукояточные механизмы переключения скоростей и подач (рис. 4). Они приводятся в действие рукояткой 1, которая имеет четыре положения по окружности и три вдоль оси поворота. Вращательное движение рукоятки 1 через ступицу 6 передается через пару зубчатых колес на вал 14. Ступица 6 смонтирована на игольчатых подшипниках во фланце 8, который жестко закреплен в корпусе сверлильной головки. Вал 14 также смонтирован на игольчатых подшипниках в корпусе 10, закрепленном на нижней плите. Рукоятки расположены на лобовой стороне сверлильной головки. Отсчет включаемых скоростей и подач производится по таблицам (Рис. 5.).

Коробка подач. Механизм смонтирован в отдельном корпусе и устанавливается в сверлильной головке. За счет перемещения двух тройных блоков шестерен осуществляются девять различных подач. Коробка подач смонтирована в расточке верхней опоры червяка механизма подач. На последнем валу коробки посажена муфта, передающая вращение червяку.

Механизм подачи, состоящий из червячной передачи, горизонтального вала с ременной шестерней, лимба, кулачковой и храповой обгонных муфт, штурвала, является составной частью сверлильной головки.

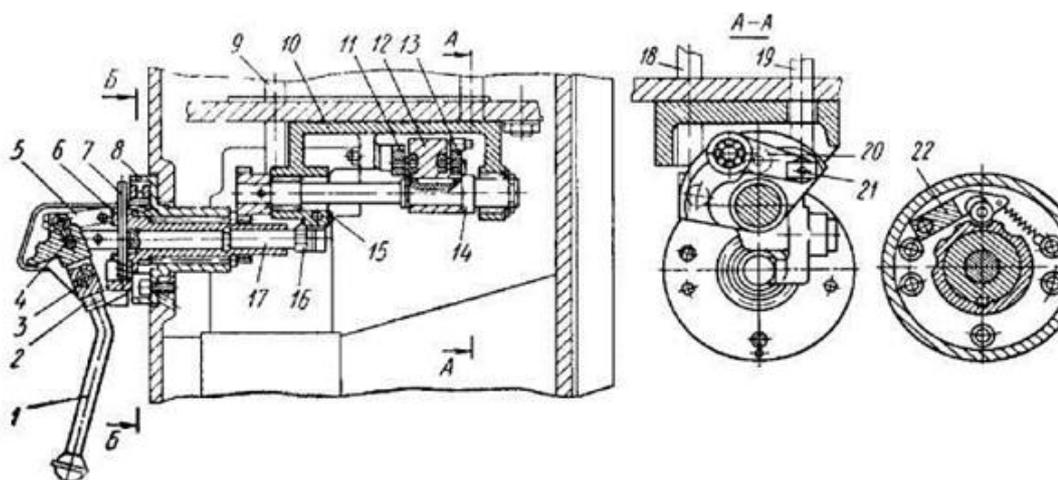


Рис. 4. Однорукоятчатый механизм переключения скоростей в станке.

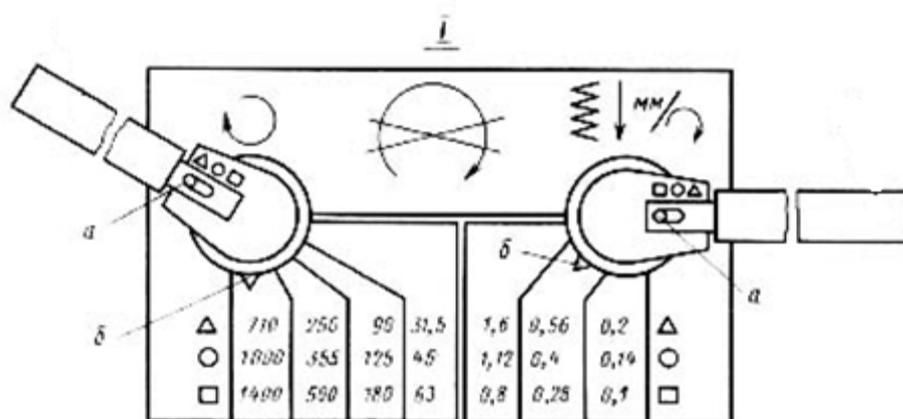


Рис. 5. Механизм управления скоростями и подачами сверлильного станка 2Н135.

Сверлильная головка представляет собой отливку коробчатого сечения, в которой монтируются все основные сборочные единицы станка: коробка скоростей, коробка подач, шпиндель, механизм подачи, противовес шпинделя и механизм переключения скоростей и подач.

## 2. Приспособления к сверлильным станкам

Режущие инструменты с коническим хвостовиком закрепляют непосредственно в коническом отверстии шпинделя станка (рис. 6, а) или с помощью конических втулок, если размер конического отверстия в шпинделе станка больше размера конуса хвостовика инструмента (рис. 6, б). Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в трехлапчатых или цанговых патронах, устанавливаемых в шпиндель станка. Закрепление режущего инструмента в цанговом патроне показано на рис. 6, в. На резьбовую часть корпуса патрона 1 навинчивается втулка 2, в которой находится разрезная цанга 3. Цилиндрический хвостовик инструмента 4 вставляют в отверстие цанги и закрепляют вращением втулки 2 по часовой стрелке. Для закрепления заготовок на столе станка применяют прижимные планки, призмы, машинные тиски, угольники, кондукторы.

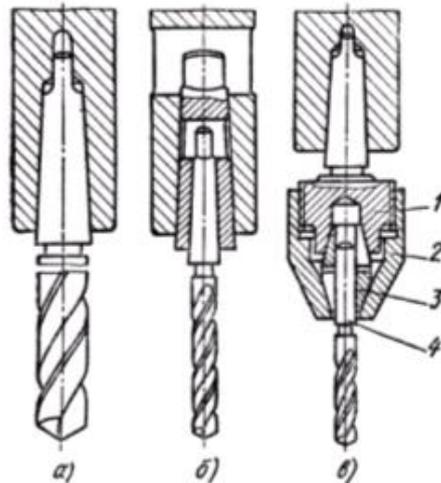


Рис. 6. Закрепление инструмента на сверлильных станках: а – шпиндель; б – коническая втулка; в – цанговый патрон; 1 – корпус патрона; 2 – втулка; 3 – цанга; 4 – хвостовик инструмента.

### 3. Сверлильный инструмент

По конструкции и назначению сверла подразделяют на спиральные, центровочные и специальные. Наиболее распространенным инструментом для сверления и рассверливания является спиральное сверло с цилиндрическим или коническим хвостовиком, которое состоит из четырех частей: рабочей 6, шейки 2, хвостовика 4 и лапки 3 (рис. 7, а). В рабочей части 6 различают режущую часть 1 и направляющую часть 5 с винтовыми канавками. Шейка 2 соединяет рабочую часть сверла с хвостовиком. Хвостовик 4 служит для установки сверла в шпинделе станка. Лапка 3 является упором при выбивании сверла из отверстия шпинделя.

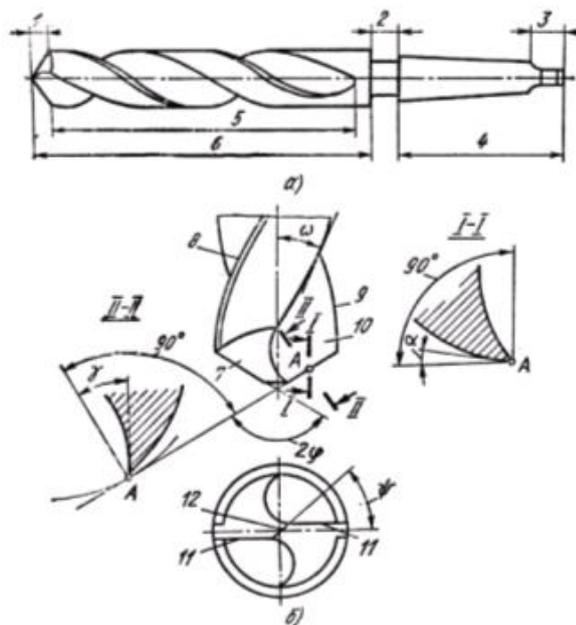


Рис. 7. Части (а), элементы и углы (б) спирального сверла: 1 – режущая часть, 2 – шейка, 3 – лапка, 4 – хвостовик, 5 – направляющая часть, 6 – рабочая часть, 7 – задняя поверхность, 8 – ленточка, 9 – вспомогательное режущее лезвие, 10 – передняя поверхность, 11 – главное режущее лезвие, 12 – поперечное режущее лезвие.

Рабочая часть спирального сверла имеет переменный наружный диаметр, уменьшающийся по направлению к хвостовику. Коническую форму сверлу придают для предотвращения защемления его в обрабатываемом отверстии.

Элементы рабочей части спирального сверла показаны на рис. 7, б. Сверло имеет два главных режущих лезвия 11, образованных пересечением передних 10 и задних 7 поверхностей и выполняющих основную работу резания; поперечное режущее лезвие 12 (перемычку) и два вспомогательных режущих лезвия 9.

Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия на рабочей цилиндрической части вдоль винтовой канавки расположены отшлифованные две узкие ленточки 8, которыми сверло соприкасается с поверхностью отверстия и которые обеспечивают направление сверла при резании.

К геометрическим параметрам режущей части сверла относятся передний угол  $\alpha$ , задний угол  $\beta$ , угол при вершине сверла  $2\alpha$ , угол наклона поперечного режущего лезвия  $\gamma$  и угол наклона винтовой канавки  $\lambda$ .

*Передний угол*  $\alpha$  измеряют в главной секущей плоскости II – II, перпендикулярной к главному режущему лезвию. В разных точках режущего лезвия передний угол различен: наибольший у наружной поверхности сверла, где он практически равен углу наклона винтовой канавки  $\lambda$ , наименьший - у поперечного режущего лезвия.

*Задний угол*  $\beta$  измеряют в плоскости I – I, параллельной оси сверла. У наружной поверхности сверла  $\beta = 8-12^\circ$ ; по мере приближения к оси сверла задний угол возрастает до  $20-25^\circ$ .

*Угол при вершине сверла*  $2\alpha$  измеряется междуглавными режущими лезвиями и имеет различную величину в зависимости от обрабатываемого материала. У стандартных сверл, применяемых при обработке разных материалов,  $2\alpha = 90 - 118^\circ$ ; при сверлении сталей средней твердости  $2\alpha = 116-120^\circ$ .

*Угол наклона поперечного лезвия*  $\gamma$  измеряется между проекциями главного и поперечного лезвий на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. У стандартных сверл  $\gamma = 50-55^\circ$ .

*Угол наклона винтовой канавки*  $\lambda$  измеряют по наружному диаметру. Обычно  $\lambda = 18-30^\circ$ . Стандартные спиральные сверла выпускают диаметром 0,1-80 мм. Сверла, оснащенные пластинками из твердых сплавов, применяют для сверления отверстий в деталях из вязкой стали, чугуна (особенно с литейной коркой), закаленных сталей и стекла.

#### **4. Специальные сверла**

*Перовые сверла* (рис. 8, а) применяют при обработке твердых поковок и литья, когда требуется повышенная жесткость инструмента.

*Кольцевое сверло* (рис. 8, б) применяют для сверления глубоких отверстий, диаметр которых превышает 75 мм. Сверло состоит из полого корпуса с винтовыми канавками. На его торцевой части закреплены 4–8 режущих пластинок (резцов), ширина которых больше толщины стенок корпуса. При кольцевом сверлении в стружку отходит только узкая кольцевая часть материала, а оставшаяся сердцевина может быть использована.

*Шнековые сверла* (рис. 8, в) применяют при сверлении глубоких отверстий ( $L > 5D$ ).

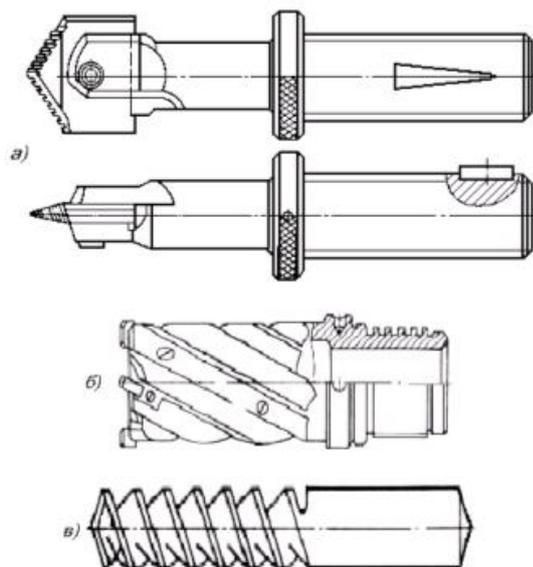


Рис. 8. Специальные сверла: а – перовое; б – кольцевое; в – шнековое.

### 5. Виды сверлильных работ

На сверлильных станках производят сверление, зенкерование, развертывание, зенкование, цекование, нарезание резьбы и обработку сложных комбинированных поверхностей.

*Сверлением* (рис. 9, а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия. В зависимости от требуемой точности и величины партии обрабатываемых заготовок отверстия сверлят в кондукторе или по разметке.

*Рассверливание* (рис. 9, б) – процесс увеличения диаметра ранее просверленного отверстия. Необходимость предварительного сверления с последующим рассверливанием вызывается увеличением длины поперечного режущего лезвия (перемычки) у сверл большого диаметра. При работе таким сверлом в сплошном материале резко возрастает осевая сила. При малом переднем угле перемычка не режет металл, а выдавливает и скоблит его, что создает сопротивление перемещению сверла. Для устранения вредного влияния перемычки на процесс резания диаметр первого сверла должен быть больше ширины перемычки второго сверла. В этом случае перемычка второго сверла в работе не участвует, и осевая сила уменьшается.

*Зенкерование* (рис. 9, в) – процесс обработки цилиндрических и конических необработанных отверстий в деталях, полученных литьем, штамповкой, ковкой, а также предварительно просверленных, с целью увеличения диаметра, улучшения качества их поверхности, повышения точности (уменьшения конусности, овальности, разбивки). Выполняется зенкерами, которые по внешнему виду напоминают сверло и состоят из тех же элементов, но имеют больше режущих кромок (3-4) и спиральных канавок.

*Развертывание* (рис. 9, г) – обработка отверстий после сверления, зенкерования или расточки для получения точных размеров и малой шероховатости поверхности. Основным инструментом является развертка, которая состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. В зависимости от формы обрабатываемого отверстия применяют цилиндрические и конические развертки с 6-12 зубьями. Для развертывания конических отверстий цилиндрические отверстия в заготовке сначала обрабатывают ступенчатым коническим зенкером (рис. 9, м), а затем конической разверткой со стружкоразделительными канавками (рис. 9, н). После этого окончательно обрабатывают конической разверткой с гладкими режущими кромками (рис. 9, о).

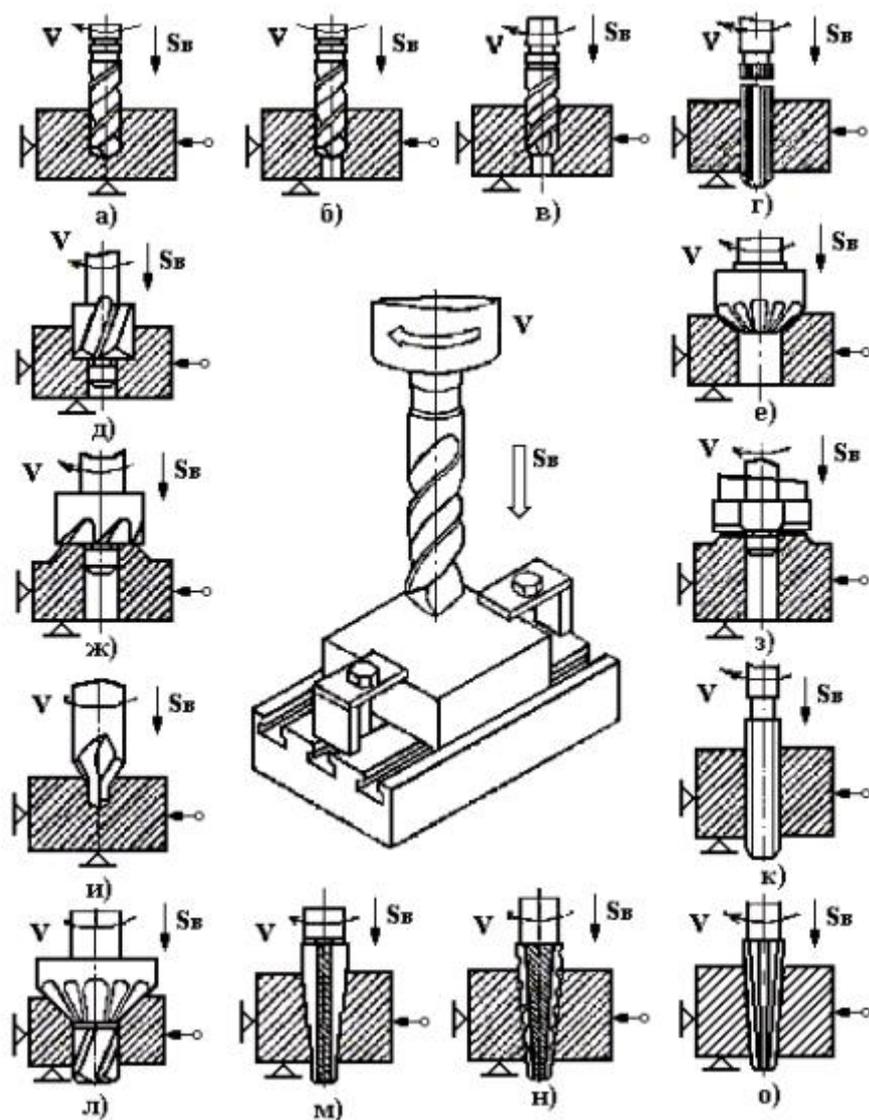


Рис. 9. Схемы обработки поверхностей на сверлильных станках: а – сверление; б – рассверливание; в – зенкерование; г – развертывание; д – цилиндрический зенкер (зенковка); е – конический зенкер (зенковка); ж – цековка; з – пластинчатый резец; и – центровочное сверло; к – метчик; л – комбинированный инструмент; м – конический зенкер; н, о – конические развертки.

*Зенкование* – образование цилиндрических или конических углублений в предварительно просверленных отверстиях под головки болтов, винтов и заклепок. Применяют для этого цилиндрические (рис. 9, д) и конические (рис. 9, е) зенкеры (зенковки), имеющие 4–8 торцовых зубьев. Некоторые зенковки имеют направляющую часть (рис. 9, д), которая обеспечивает соосность углубления и основного отверстия.

*Цекование* – обработка торцовых поверхностей под гайки, шайбы и кольца. Применяют торцовые зенкеры или ножи (пластины). Перпендикулярность торца основному отверстию достигается наличием направляющей части у цековки (рис. 9, ж) и у пластинчатого резца (рис. 9, з).

*Нарезание резьбы* в отверстиях производят метчиком (рис. 9, к). *Сложные поверхности* получают комбинированным инструментом (рис. 9, л).

На рис. 10 представлена последовательность операций при получении отверстий в сплошном металле. После сверления (рис. 10, а) полученное изделие подвергают зенкерованию (рис. 10, б), а затем черновому и чистовому развертыванию (рис. 10, в, г).

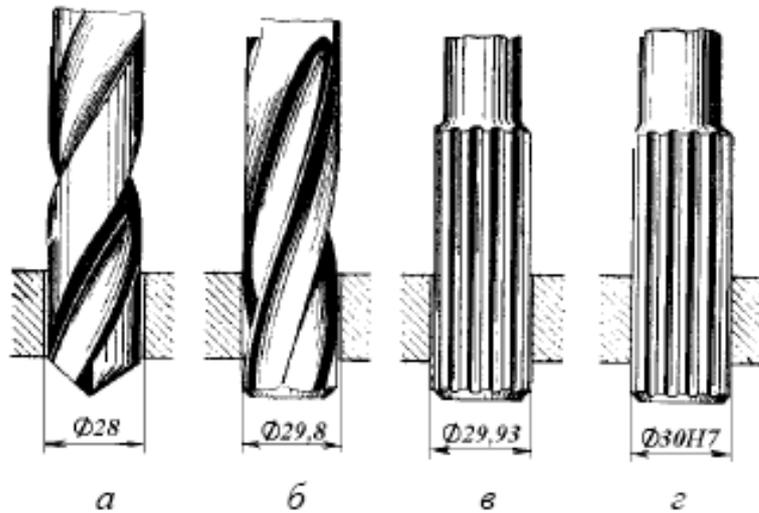


Рис. 10. Последовательность операций, применяемых для получения отверстия заданных размеров и точности.

### 6. Режимы резания

Перед обработкой заготовок выбирается режим резания на основании следующих исходных данных: чертежа детали, размеров и материала детали, инструмента, паспортных данных станка.

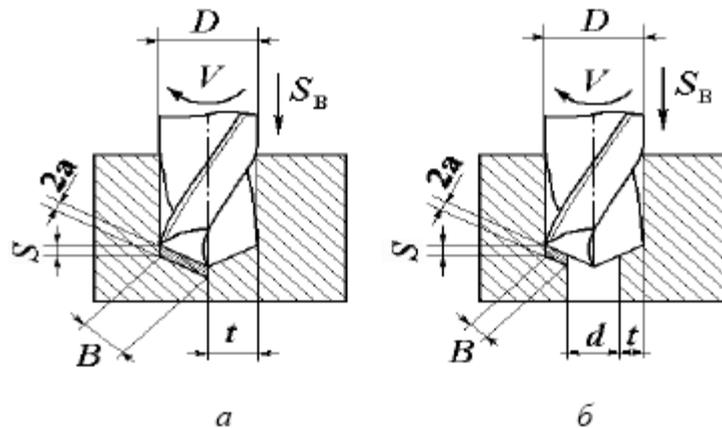


Рис. 11. Схемы получения отверстий: а – сверлением; б– рассверливанием, где  $2a$  – толщина срезаемого слоя металла;  $B$ – ширина срезаемого слоя металла.

Глубина резания  $t$  (припуск на сторону) определяется размером режущего инструмента:

- 1) для сверления (рис. 11, а)  $t=D/2$
  - 2) при рассверливании и других операциях  $t=(D-d)/2$ ,
- где  $D$  – диаметр сверла;  $d$  – диаметр отверстия до обработки (рис. 11, б).

Глубину резания можно определить по припуску при зенкеровании и развертывании обработки (табл. 1 и 2).

Таблица 1

#### Припуски на зенкерование

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр, мм
15-35	1,0-1,5
35-50	1,5-3,0
50-80	3,0-4,5

Таблица 2

**Припуски на развертывание**

Диаметр отверстия, мм	До 5	5-20	20-30	30-50	50-80	80-100
Припуск на диаметр, мм	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Подача  $S$  (мм/об) равна величине осевого перемещения сверла за один его оборот (рис. 10). Подачу выбирают по табл.3 и 4. Окончательно подача корректируется на станке.

Таблица 3

**Подачи и скорости резания при сверлении быстрорежущими сверлами**

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал			
	Сталь, $\sigma_b = 750$ МПа		Чугун серый, НВ = 190	
	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
10-15	0,10-0,20	40-25	0,15-0,35	35-25
15-20	0,15-0,30	35-23	0,30-0,55	27-21
20-25	0,20-0,35	30-20	0,40-0,70	24-20

Таблица 4

**Скорости резания при черновом развертывании развертками из быстрорежущей стали**

Диаметр развертки, мм	Чугун, НВ = 2000			
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
До 10	0,5-0,8	24,0-17,6	1,2-2,0	12,2-9,4
Свыше 10	0,6-0,9	19,2-13,8	1,3-2,0	11,5-8,9
» 15	0,7-1,0	14,1-11,1	1,5-2,0	9,5-8,0
» 20	0,8-1,1	13,5-10,3	1,8-2,7	8,7-6,7
» 25	0,8-1,2	12,2-9,4	2,0-3,1	7,4-6,0

Скорость резания  $V$  – это длина пути, которую проходит в одну минуту какая-либо (любая) точка обрабатываемой поверхности детали. Скорость резания принято измерять в метрах в минуту. Формула для вычисления скорости резания при токарной обработке:

$$V = \pi D n / 1000, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость резания, в м/мин,

$D$  – диаметр обрабатываемой поверхности детали, в мм,

$n$  – число оборотов детали в минуту.

**Порядок выполнения работы и содержание отчета**

1. Ознакомиться с устройством вертикально-сверлильного станка.
2. Вычертить схему вертикально-сверлильного станка и указать на ней основные узлы и механизмы станка.
3. Зарисовать схемы основных операций, выполняемых на этом станке.
4. Эскиз спирального сверла с указанием элементов и углов.
5. Рассчитать режимы резания, обеспечивающие получение требуемой производительности и качества обработки для заготовки предоставленной преподавателем.

### **Контрольные вопросы**

1. Расшифровка модели сверлильного станка.
2. Основные узлы сверлильного станка.
3. Способы закрепления инструмента в шпинделе станка.
4. Приспособления для закрепления заготовок на станках.
5. Инструменты, применяемые при обработке на сверлильных станках.
6. Основные части спирального сверла.
7. Элементы и углы спирального сверла.
8. Специальные сверла и их назначение.
9. Работы, выполняемые на сверлильных станках.
10. Для чего производится предварительное сверление отверстий с последующим рассверливанием?
11. Что называется зенкерованием, его сущность и применяемый инструмент?
12. Способ обработки, применяемый для получения отверстий высокой точности и малой шероховатости поверхности.
13. Сущность и назначение зенкования.
14. Способ обработки торцовых поверхностей под гайки шайбы и упорные кольца.
15. Инструменты, применяемые для нарезания резьбы и обработки сложных поверхностей.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ**

**Цели работы:** изучить устройство токарно-винторезного станка модели 1М61, типовые инструменты и приспособления, применяемые для работы на станке. Изучить основные типы токарных резцов. Усвоить технологический процесс изготовления детали.

#### **Правила техники безопасности**

При работе на токарных станках из-за несоблюдения правил безопасности могут произойти несчастные случаи вследствие ранения стружкой, при прикосновении к вращающимся патронам, планшайбам и зажимным приспособлениям на них, а также к обрабатываемым деталям.

В процессе резания образуется сливная или отлетающая стружка. Форма образующейся стружки зависит от марки стали, геометрии режущего инструмента, специальных средств дробления стружки, режимов резания и других факторов. При скоростном точении металлов образование сливной или отлетающей стружки представляет особую опасность как для рабочих, так и для окружающих.

Большое значение для безопасной работы токаря имеет установка режущего инструмента. Устанавливать резец можно только в исправном суппорте с применением подкладки, равной по длине и ширине опорной поверхности резца. Токарю необходимо иметь набор подкладок разной толщины, длины и ширины. Это позволит выбрать нужные подкладки соответственно закрепляемому в суппорте резцу. Резец должен устанавливаться на высоте центров. Более двух подкладок под резец не устанавливается, и зажиматься он должен не менее чем тремя болтами.

Во избежание поломок резец зажимают с минимально возможным вылетом; подводят резец к обрабатываемой детали медленно и осторожно. Не следует устанавливать сразу большую глубину резания. Быстрое врезание на большую глубину может привести к поломке резца, выкрашиванию режущей кромки или вылету плохо напаянных на резец режущих пластин из быстрорежущей стали или твердых сплавов.

Наличие на рабочих местах, в проходах и проездах металлической стружки может привести к тяжелым ранениям рук и ног. Поэтому стружка должна направляться от режущего инструмента в корыто станка, а затем убираться с рабочего места и вывозиться из цеха.

Уборка стружки непосредственно руками связана с опасностью их травмирования и не должна допускаться. Поэтому при уборке стружки вручную необходимо применять специальные крючки и металлические щетки, а также стальные совки, вилы и лопаты.

Во время работы станка производить с него уборку стружки не допускается. Намотавшаяся стружка удаляется с инструмента, патрона или планшайбы, а также с обрабатываемой детали только после полного останова станка.

Для дробления стружки и ее безопасного удаления из рабочей зоны применяют специальные резцы, обеспечивающие стружколомание и стружкозавивание, а также специальные стружкоотводчики.

Перед установкой детали в центрах проверяют исправность центров и их совпадение по центральной линии. Нужно периодически смазывать центровые отверстия. Не следует применять центры с изношенными или забиты конусами. Размеры токарных центров должны соответствовать центровым отверстиям обрабатываемой детали. Нельзя туго затягивать задний центр. Заднюю бабку и пиноль надо надежно закреплять, чтобы деталь опиралась на центр всей конусной частью центрального отверстия, при этом не допускать упора центра в дно центрального отверстия детали.

Нельзя работать на сработанных или забитых центрах. При обточке длинных деталей надо периодически проверять осевой нажим, создаваемый центром задней бабки. При скоростном точении центр задней бабки должен быть вращающимся. При выполнении чистовых операций на небольших деталях с высокой точностью можно использовать невращающиеся центры; при этом применяют специальную смазку для заднего центра. Центры должны быть наплавлены твердым сплавом. Для проверки надежности закрепления детали шпиндель станка вначале устанавливают на малую частоту вращения. При проверке центричности детали пользуются палочкой мела или мелом в державке. Несимметричные детали перед обработкой тщательно отбалансируют, а их выступающие части ограждают.

При зачистке или полировке напильником детали, обрабатываемой на токарном станке, необходимо отвести суппорт с резцом на безопасное расстояние. Ручку напильника следует держать левой рукой, а его конец правой. При зачистке деталей наждачной бумагой пользуются специальными прижимными колодками (при зачистке наружных поверхностей) или круглой оправкой (при зачистке внутренних поверхностей).

Нельзя поддерживать деталь руками, в частности, при отрезании детали, закрепленной в центрах или в патроне. В этом случае необходимо пользоваться специальными деревянными подкладками для поддержки детали.

Недопустимо во время работы станка измерять детали, проверять рукой чистоту наружной или внутренней поверхностей обрабатываемой детали, устанавливать или сменять резцы, чистить и смазывать станок, передавать через станок детали, инструмент, техническую документацию и пр. После окончания обработки детали суппорт с резцом необходимо отвести в сторону, станок и двигатель отключить. Для ускорения остановки выключенного станка нельзя тормозить рукой патрон или планшайбу.

### **Краткие теоретические сведения**

Станки токарной группы предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей вращения (цилиндрических, конических и фасонных), подрезания торцов, нарезания резьбы и некоторых других работ. Основным видом режущего инструмента для токарных станков являются резцы. Для обработки отверстий используют также сверла, зенкеры, развертки и др. Для нарезания резьбы применяют метчики и плашки.

Главное движение у станков токарной группы (движение резания) осуществляется вращением заготовки. Движение подачи сообщается режущему инструменту. В большинстве случаев это прямолинейное перемещение инструмента: вдоль оси вращения заготовки – продольная подача, поперек оси вращения заготовки – поперечная подача. Иногда инструмент перемещается по более сложной траектории.

Токарно-винторезные станки имеют однотипную компоновку и отличаются от токарных наличием ходового винта, что позволяет нарезать резьбу резцом. Металлорежущие станки отечественного производства имеют буквенно-цифровое обозначение моделей. Первая цифра обозначает группу станка, вторая – тип станка в данной группе, третья или третья и четвертая – типоразмер станка в пределах данного типа. Буква в середине марки указывает на модернизацию станка, буква в конце марки – на модификацию.

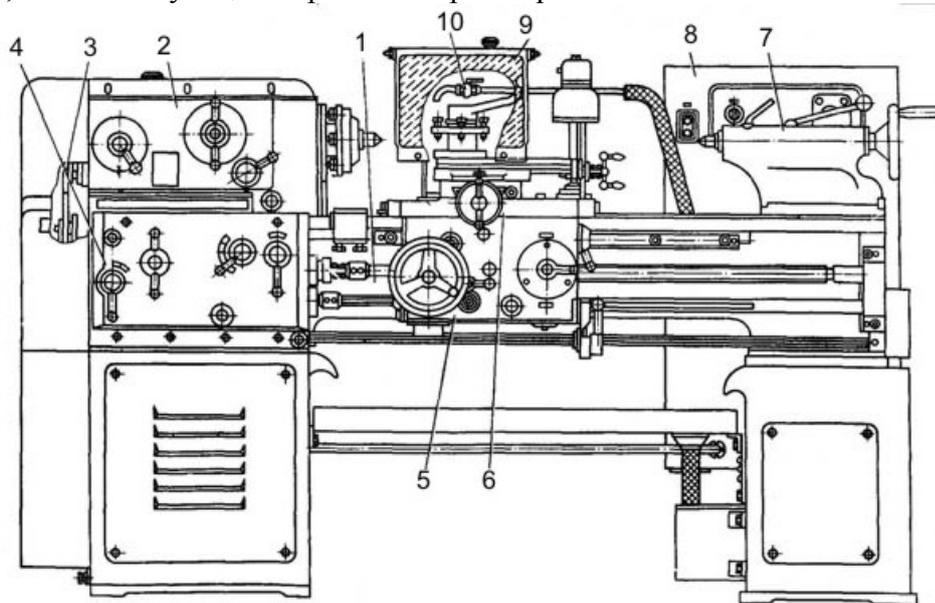
Модель 1М61 расшифровывается следующим образом: цифра 1 означает, что станок относится к первой группе – **токарный**; буква **М** – **модернизированный**; цифра **6** указывает на принадлежность станка к шестому типу – **токарно-винторезный**; цифра **1** – технический параметр станка – **высота центров** над станиной (100 мм).

Станок 1М61 является универсальным. Он применяется для выполнения различных видов токарных работ на деталях многих наименований, нарезания резьбы и спиральных канавок на торцовых плоскостях заготовки.

## 1. Основные части токарно-винторезного станка модели 1М61

Станок модели 1М61 состоит из ниже перечисленных узлов (рис. 1).

**Станина 1** установлена на тумбах, служит для монтажа всех основных узлов станка и является его основанием. На станине монтируются задняя бабка, суппорт и коробка подач **Коробка скоростей 2** обеспечивает 24 различных числа оборотов шпинделя в минуту. Привод от электродвигателя к коробке скоростей осуществлен клиноременной передачей. Изменение частоты вращения производится переключением шестерен, реверсирование – реверсом электродвигателя, торможение – многодисковой электромагнитной муфтой, расположенной на валу электродвигателя. Переключение трех блоков шестерен производится одной рукояткой 1 (рис.2). Шпиндель получает 12 чисел оборотов через шестерни перебора и 12 более высоких чисел оборотов напрямую через зубчатую муфту. Включение перебора или зубчатой муфты производится рукояткой 3 (рис. 2). Рукоятка 2 (рис. 2) обеспечивает прямое или обратное вращение ходового винта и получение нормального или увеличенного шага резьбы. При точении рукоятка 2 должна быть в положении, соответствующем нарезанию правой резьбы.





фиксированных положения и может быть закреплен также в любом промежуточном положении.

**Задняя бабка 7** служит для поддержания обрабатываемой заготовки при работе в центрах, а также для закрепления сверл и других инструментов при обработке осевых отверстий. Корпус задней бабки установлен на направляющих станины и может по ним перемещаться. В отверстии корпуса имеется пиноль, которая выдвигается с помощью маховика. Корпус задней бабки смещается относительно ее основания в поперечном направлении, что необходимо при обтачивании наружных конических поверхностей.

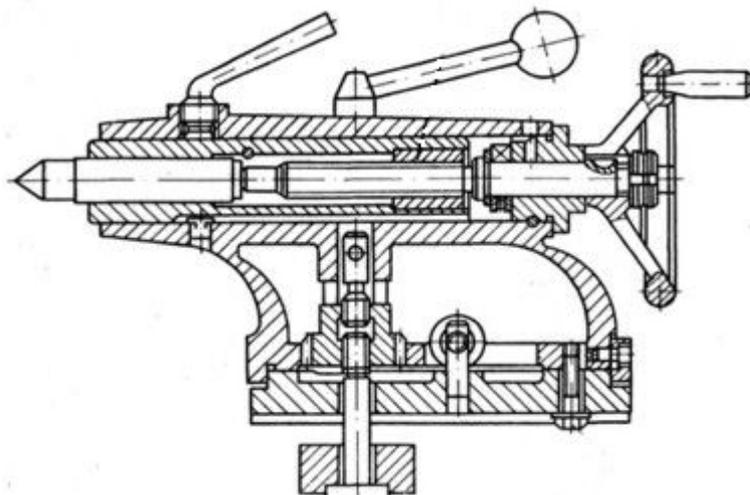


Рис. 3. Задняя бабка

### 1.1. Управление станком

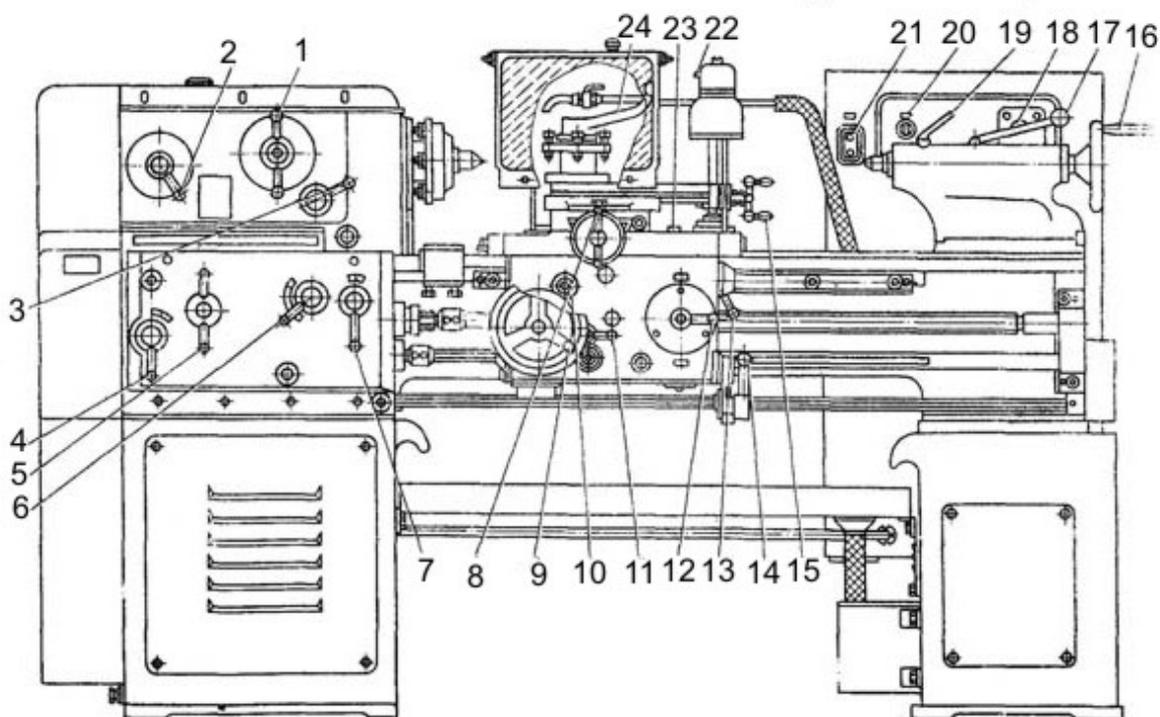


Рис. 4. Узлы управления токарно-винторезного станка модели 1М61: 1 – Рукоятка установки чисел оборотов шпинделя; 2 – Рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и реверсирования вращения ходового винта; 3 – Рукоятка установки чисел оборотов шпинделя (рукоятка перебора); 4 – Рукоятка установки типа резьбы или подачи; 5 – Рукоятка установки величины подачи или резьбы; 6 – Рукоятка установки шага резьбы и подачи; 7 – Рукоятка включения ходового винта или ходового вала; 8 – Рукоятка поперечного перемещения суппорта; 9 – Маховик продольного

перемещения суппорта вручную; 10 – Кнопка расцепления вала-шестерни с рейкой при нарезании резьбы; 11 – Рукоятка включения предохранительной муфты; 12 – Рукоятка включения маточной гайки и реверса продольной или поперечной подачи суппорта; 13 – Рукоятка установки механической продольной или поперечной подачи суппорта; 14 – Рукоятка включения прямого или обратного вращения шпинделя; 15 – Рукоятка перемещения верхней части суппорта вручную; 16 – Маховик перемещения пиноли; 17 – Рукоятка фиксации задней бабки; 18 – Указатель нагрузки; 19 – Рукоятка фиксации пиноли; 20 – Выключатель электронасоса охлаждения; 21 – Кнопка включения станка в сеть и его отключения от сети.

## **1.2. Наладка и настройка станка**

**Наладка станка** – это подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции. Она включает в себя:

- определение способа закрепления заготовки на станке;
- установку приспособления на станке;
- выбор и установку режущего инструмента.

Осевой инструмент устанавливают в пиноль задней бабки, резцы – в резцедержатель. При этом вылет резца не должен превышать 1-1,5 высоты его державки, а его вершина должна находиться на уровне оси центров. Для этого под державку резца подкладывают металлические прокладки, совмещая его вершину с риской на пиноли или корпусе задней бабки.

После наладки станка для обеспечения требуемых режимов резания производят его настройку.

**Настройка станка** – это подготовка кинематической части станка к выполнению заданной обработки по установленным режимам резания. Перед настройкой станка на заданные частоту вращения шпинделя и подачу рукоятку включения вращения шпинделя (3) устанавливают в нейтральное (среднее) положение, рукоятки включения продольных и поперечных подач (4) – в нерабочее положение, а суппорт перемещают к задней бабке.

Вначале настраивают отдельные кинематические цепи станка (главного движения и подачи), а затем устанавливают в определенное положение рукоятки коробки скоростей и коробки подач для получения требуемых скорости резания и подачи.

Настройку станка на размер производят в следующем порядке:

- рукояткой 7 включают вращение шпинделя;
- резец подводят до касания с деталью;
- суппорт отводят в крайнее правое положение и устанавливают глубину резания по лимбу.

## **2. Приспособления и методы закрепления заготовок на станке**

Приспособления предназначены для расширения технологических возможностей станков, повышения их производительности и точности обработки, облегчения работы на станке. По назначению приспособления для токарных станков можно разделить на три группы:

- для закрепления обрабатываемых заготовок;
- для закрепления режущего инструмента;
- специальные приспособления, расширяющие технологические возможности станков.

На токарных станках для закрепления заготовки применяются **патроны** (рис. 5, а). Различают самоцентрирующие и несамоцентрирующие патроны. У самоцентрирующих патронов имеется, как правило, три кулачка, которые сдвигаются и раздвигаются одновременно. У несамоцентрирующих патронов обычно имеется четыре кулачка, каждый из которых можно перемещать независимо друг от друга при установке деталей несимметричной формы. Патроны применяются для закрепления заготовок при отношении их длины к диаметру  $L/D$  меньше 4.

При отношении  $4 < L/D < 10$  заготовку устанавливают в центрах, а для передачи крутящего момента от шпинделя на заготовку используют поводковый патрон и хомутик. Для

установки заготовки в центрах ее необходимо зацентрировать, т. е. сделать центровые отверстия с торцов вала. Центры бывают вращающиеся, упорные, срезанные, шариковые и рифленые.

*Упорные центры* (рис. 5, б) делают с твердосплавными наконечниками, что повышает их долговечность. Срезанные центры (рис. 5, в) применяют при подрезании торцов заготовки, когда подрезной резец должен подойти почти до оси вращения заготовки. Устанавливаются только в пиноль задней бабки.

*Центр со сферической рабочей частью* (рис. 5, г) применяют в тех случаях, когда требуется обработать заготовку, ось которой не совпадает с осью вращения шпинделя (например, при обтачивании конических поверхностей).

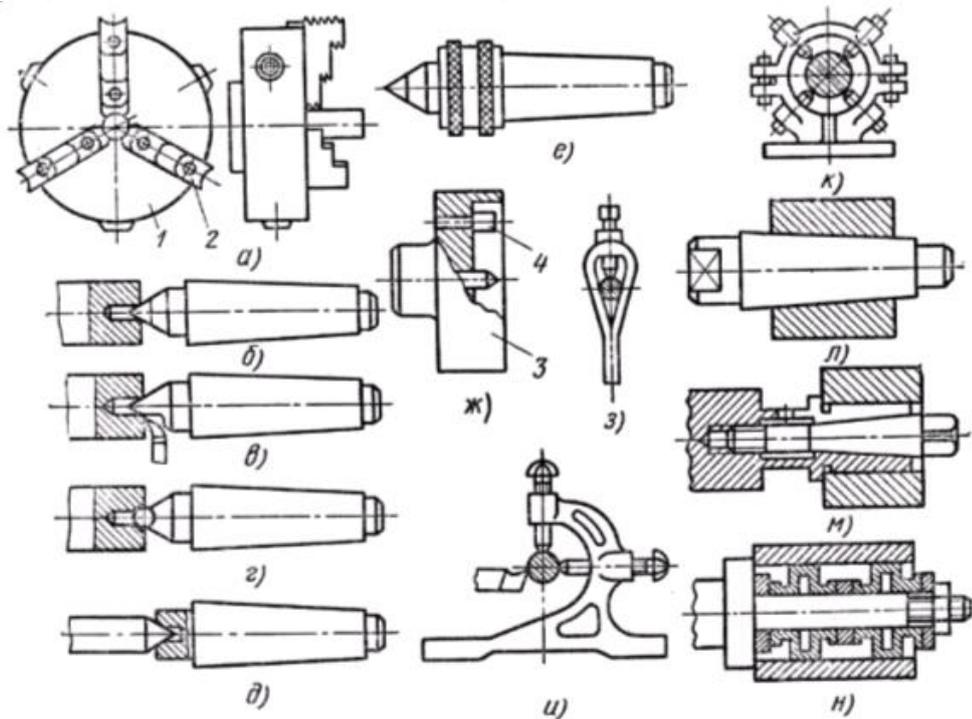


Рис. 5. Приспособления для закрепления заготовок на токарных станках: а – патрон (самоцентрирующий или несамоецентрирующий); б – упорный центр; в – срезанный центр; г – центр со сферической рабочей частью; д, е – вращающиеся центры; ж – поводковый патрон; з – хомутик; и, к – люнеты; л – коническая оправка; м – цанговая оправка; н – упругая оправка

*Задние вращающиеся центры* (рис. 5, е) применяют при резании с большими сечениями срезаемого слоя или при обработке с большими скоростями резания.

*Центр с рифленой рабочей частью* используют при обработке заготовок с большим центровым отверстием без поводкового патрона.

При обработке в центрах крутящий момент передается при помощи поводкового патрона (рис. 5, ж) и хомутика (рис. 5, з).

Поводковый патрон представляет собой корпус, навинчиваемый на шпиндель станка. На торце патрона запрессован палец, передающий крутящий момент на хомутик, который закрепляют на заготовке болтом.

*Люнеты* (рис. 5, и, к) применяют при обработке длинных деталей малого диаметра ( $L/D$  больше 10) во избежание их прогиба под действием сил резания. Неподвижный люнет устанавливают на направляющих станины, а подвижный – на каретку суппорта. Для установки деталей типа втулок, колец и стаканов применяют различные типы **оправок**: конические оправки (рис. 5, л), когда заготовка удерживается на оправке силой трения на сопряженных поверхностях; *цанговые оправки* (рис. 5, м) с разжимными упругими

элементами – цангами; *упругие оправки* с гидропластмассой, гофрированными втулками, тарельчатыми пружинами (рис. 5, н).

**Планишайбы** используют для закрепления с помощью прихватов, накладок и болтов, угольников или специальных приспособлений крупных или сложных по конфигурации деталей, которые не могут быть зажаты в кулачковом патроне.

### 3. Типы токарных резцов

По расположению главной режущей кромки резцы подразделяют на правые и левые. При точении правыми резцами суппорт перемещается справа налево, левые резцы работают при подаче слева направо.

По конструкции головки резцы классифицируют на прямые, отогнутые и оттянутые.

По технологическому назначению различают следующие типы резцов: проходные, подрезные, отрезные, резьбовые, канавочные, фасонные, расточные и др. (рис. 6).

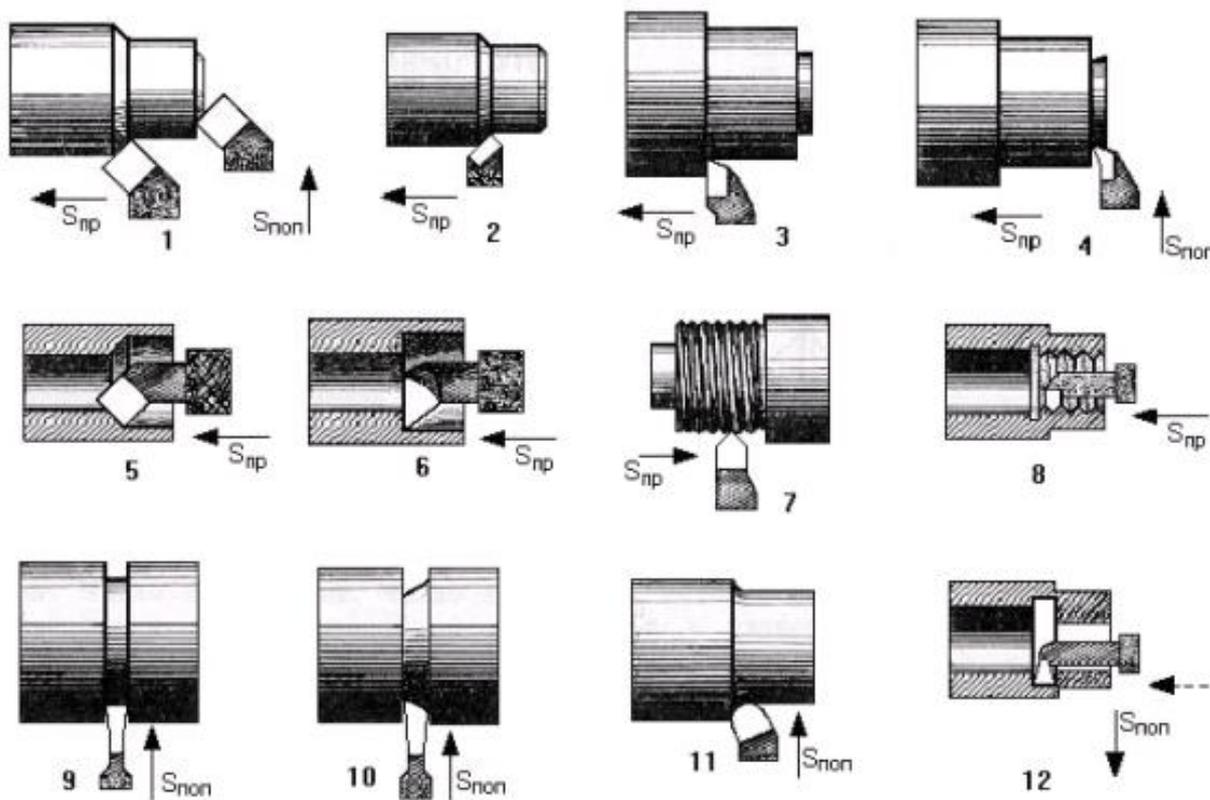


Рис. 6. Типы токарных резцов: 1 – проходной отогнутый; 2 – проходной прямой; 3 – проходной упорный; 4 – подрезной; 5 – расточной отогнутый; 6 – расточной подрезной; 7, 8 – резьбовые; 9 – прорезной (канавочный); 10 – отрезной; 11 – галтельный; 12 – расточной упорный.

*Проходные резцы* 1, 2, 3 предназначены для обтачивания наружных поверхностей и имеют при этом продольную подачу  $S_{пр}$ . Проходной отогнутый резец 1 более универсален, т. к. он используется как для обработки цилиндрической поверхности, так и для подрезания торца и снятия фасок. Проходной прямой резец 2 используют для обтачивания наружных цилиндрических поверхностей и для снятия фасок.

Торцевые поверхности обрабатывают *подрезными* 4 и проходными отогнутыми 1 резцами, которые при этом имеют поперечную подачу  $S_{поп}$ .

*Проходной упорный* резец 3 применяют для получения небольших уступов и при обработке ступенчатых валов. Упорный резец имеет главный угол в плане  $\Phi = 90^\circ$ .

*Прорезные* 9, *отрезные* 10, *галтельные* 11 и *фасонные* резцы работают с поперечной подачей  $S_{поп}$ . *Прорезными* резцами 9, 12 обрабатывают кольцевые канавки на

цилиндрических и торцовых поверхностях. Прорезной резец имеет главный угол в плане  $\Phi = 90^\circ$ .

*Отрезные* резцы 10 служат для отрезания части заготовки. Длина головки отрезного резца должна быть больше радиуса разрезаемой заготовки.

*Галтельные* резцы 11 предназначены для обработки галтелей. Фасонными резцами обрабатывают фасонные поверхности. Профиль режущей кромки фасонного резца должен отвечать профилю обрабатываемой поверхности.

*Резьбовые* резцы 7, 8 применяют для нарезания соответственно наружной и внутренней резьбы. Форма режущей части резца должна отвечать профилю нарезаемой резьбы.

*Расточные* резцы предназначены для обработки отверстий: расточной отогнутый 5 – для растачивания сквозного отверстия, расточной упорный 6 – для растачивания глухого отверстия.

#### 4. Части и элементы резца

Токарный прямой проходной резец (рис. 7) состоит из двух частей: головки и стержня. Стержень служит для закрепления резца в резцедержателе станка. Головка является рабочей частью резца и выполняет работу по срезанию слоя металла с заготовки и состоит из нескольких элементов

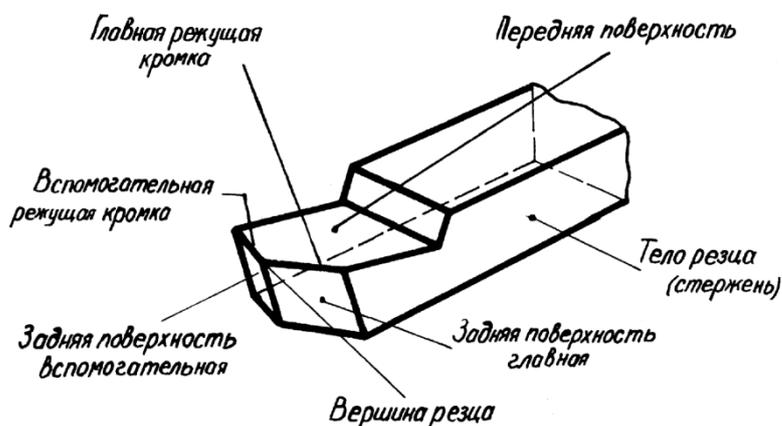


Рис.7. Части и элементы резца.

*Передняя поверхность* - Поверхность, по которой сходит стружка.

*Главная задняя поверхность* - поверхность, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки или поверхности резания.

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

*Главная режущая кромка (лезвие)* - Линия пересечения передней и главной задней поверхностей.

*Вспомогательная режущая кромка (лезвие)* - линия пересечения передней и вспомогательной задней поверхностей

*Вершина резца* - Точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

Кроме этих основных элементов, резцы могут иметь переходные режущие кромки между главной и вспомогательной режущими кромками.

Вершина резца может быть острой, закругленной по радиусу или в виде прямой линии небольшой длины. Закругленные вершины и переходная режущая кромка улучшают чистоту обработки.

#### 5. Основные параметры режима резания

Глубина резания  $t$  (мм) – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное в направлении, перпендикулярном к последней (рис. 8, а).

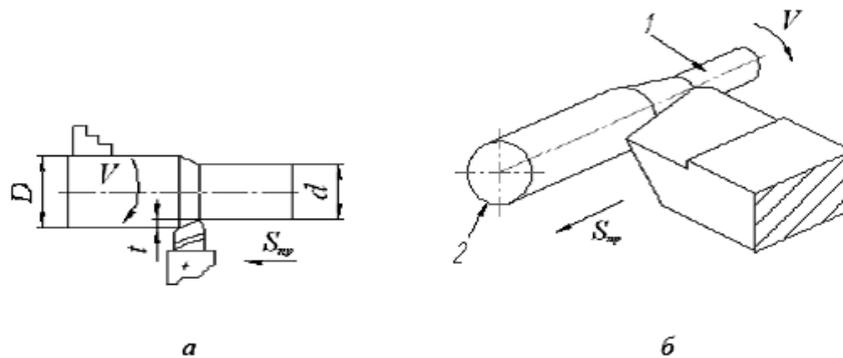


Рис. 8. Обработка заготовок точением:

*a* – параметры режима резания; *б* – обработанная поверхность 1.

Глубину резания задают на каждый рабочий ход инструмента относительно обрабатываемой поверхности и рассчитывают по формуле:

$$t = (D-d)/2, \quad (1)$$

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

Подачей *S* (мм/об) называют путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот заготовки. Подачи назначают по табл. 2, табл. 3.

Таблица 2

**Подачи (мм/об) при черновом обтачивании проходными резцами из быстрорежущей стали и с пластинками из твердого сплава**

Сечение державки резца, мм	Диаметр детали, мм (до)	Стали конструкционные углеродистые, легированные и жаропрочные			Чугун		
		Глубина резания, мм (до)			Глубина резания, мм (до)		
		3	5	8	3	5	8
16x25	20	0,3-0,4	-	-	-	-	-
	40	0,4-0,5	0,3-0,4	-	0,4-0,5	-	-
	60	0,5-0,7	0,4-0,6	0,3-0,5	0,6-0,8	0,5-0,8	0,4-0,8
	100	0,6-0,9	0,5-0,7	0,5-0,6	0,8-1,2	0,7-1,0	0,6-0,8
	400	0,9-1,2	0,7-1,0	0,6-0,8	1,2-1,4	1,0-1,2	0,8-1,0
25x25 20x32	20	0,3-0,4	-	-	-	-	-
	40	0,4-0,5	0,3-0,4	-	0,4-0,5	-	-
	60	0,6-0,7	0,5-0,7	0,4-0,6	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7
	100	0,8-1,0	0,7-0,9	0,5-0,7	0,9-1,3	0,8-1,2	0,7-1,0
	600	1,2-1,4	1,0-1,2	0,8-1,0	1,2-1,8	1,2-1,6	1,0-1,3
25x40	60	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7	0,6-0,8	0,5-0,8	0,4-0,7
	100	0,9-1,2	0,8-1,1	0,7-0,9	1,0-1,4	0,9-1,2	0,8-1,0

Скоростью резания *V* (м/мин) называют расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени.

Скорость резания *V*<sub>табл</sub> в зависимости от вида обработки и материала заготовки выбирают по табл. 4, табл. 5, табл. 6.

Таблица 3

**Подачи (мм/об) при точении и растачивании для различных групп материалов в зависимости от параметров шероховатости**

Параметр шероховатости, мкм		Радиус при вершине резца, мм	Обрабатываемый материал	
			Сталь, $\sigma_{в} \geq 600$ МПа	Чугун СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21
		Скорость резания, м/мин		
$R_a$	$R_z$	более 40		любая
10-5	40-20	До 0,5	0,30	0,40
5-2,5	20-10		0,15	0,25
2,50-1,25	10-6,3		0,10	0,15
5-2,5	20-10		0,22	0,25
2,50-1,25	10-6,3	Свыше 0,5 до 1,0	0,15	0,15
1,25-0,63	6,3-3,2	Свыше 1,0 до 2,0	0,10	-
2,50-1,25	10-6,3		0,22	0,20
1,25-0,63	6,3-3,2	Свыше 2,0 до 2,5	0,12	-
2,50-1,25	10-6,3		0,28	0,35
1,25-0,63	6,3-3,2		0,25	-

Число оборотов заготовки  $n$  (об/мин) определяют, зная табличную скорость резания, по формуле:

$$n = 1000V_{табл} / \pi D, \quad (2)$$

На коробке скоростей станка выбирают, как правило, ближайшее меньшее число оборотов ( $n_{ст}$ ) к полученному расчетом.

Действительную скорость резания с учетом принятого числа оборотов рассчитывают по формуле:

$$V = \pi D n_{ст} / 1000, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость станка, м/мин;  $n_{ст}$  – число оборотов станка, откорректированное по технической характеристике станка, об/мин.

Таблица 4

**Скорости резания при черновом обтачивании углеродистой, хромистой, хромоникелевой стали и стальных отливок твердосплавными резцами Т15К6**

Глубина резания, мм	Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	198	166	157	140	127	-	-
4	190	160	150	134	122	117	-
6	178	150	141	126	113	112	98
8	-	144	131	121	110	105	94
10	-	-	127	117	106	100	90
12	-	-	-	113	103	98	88

Таблица 5

**Скорости резания при черновом обтачивании серого чугуна твердосплавными резцами ВК6**

Глубина резания, мм	Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	138	121	111	100	91	-	-
4	132	115	107	95	87	80	-
6	124	109	100	89	82	76	82
8	-	104	96	86	78	73	78
10	-	-	93	83	76	70	76
12	-	-	-	80	74	68	73

Таблица 6

**Режимы резания при чистовом и получистовом точении**

Обрабатываемый материал	Подача S, мм/о	Скорость резания, м/мин			Марка инструментального материала
		Глубина резания, мм			
		t = 0,5	t = 1,0	t = 2,0	
Сталь углеродистая Ст3, 08кп, У8А, 10, У10А, 20, 25, 30, 30Л, 35, 35Л, 40, 45, 45Л, 50, 60	0,05	330	300	270	Т15К6
	0,07	315	285	255	
	0,10	300	270	240	
	0,15	280	250	230	
	0,20	270	240	220	
	0,25	-	220	200	
Чугуны:					
СЧ 15	0,10	180	160	145	ВК6м
СЧ 18	0,20	160	140	125	
СЧ 21	0,30	147	130	115	

**6. Элементы технологического процесса**

Последовательность выполнения различных видов обработки, направленная на превращение заготовки в готовую деталь, составляет технологический процесс.

Завершенную часть технологического процесса называют операцией. Часть технологической операции, которая выполняется при неизменном закреплении заготовки называется установкой.

Выполняемые виды работ (подрезание торца, наружное точение, растачивание отверстия и т.д.) называют технологическими переходами.

В единичном производстве чаще всего обрабатывают в одну операцию, т.е. на одном рабочем месте.

В серийном и массовом производстве экономически выгоднее техпроцесс разбивать на несколько операций. Технологический процесс изготовления детали оформляется документами, предусмотренными единой системой технологической документации (ЕСКД). Основными видами технологической документации является:

1 Маршрутная карта. Документ, содержащий описание технологического процесса по всем операциям в технологической последовательности с указанием оборудования, оснастки, материальных и трудовых нормативов.

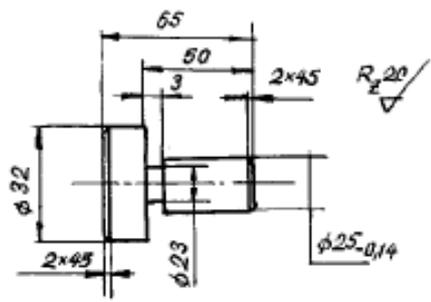
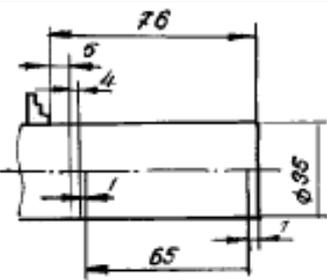
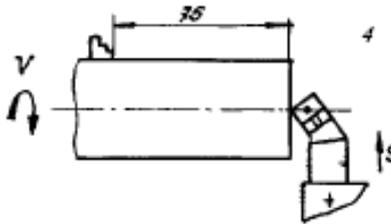
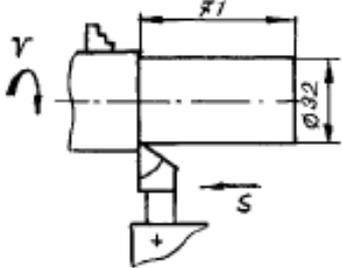
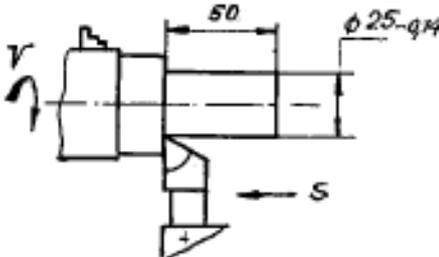
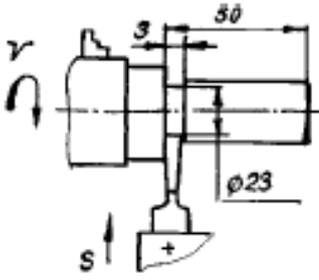
2 Операционная карта. Документ, содержащий описание операции (операций) с расчленением ее по переходам, с указанием режимов работы, расчетных норм и трудовых нормативов.

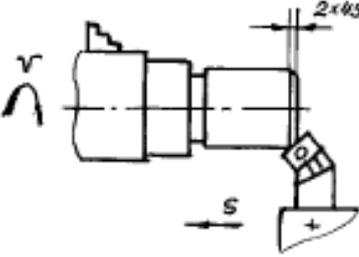
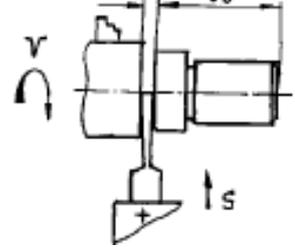
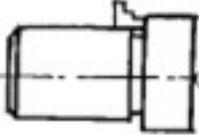
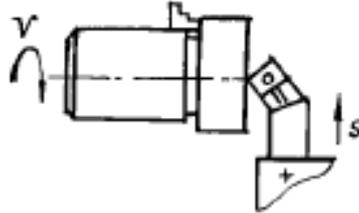
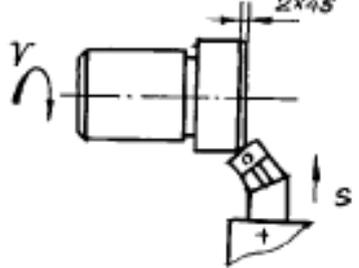
3 Карта эскизов и схем. Документ, содержащий графическую иллюстрацию технологического процесса изготовления изделия и отдельных его элементов.

Пример разработки техпроцесса (схема) изготовления детали типа «Палец» показан в таблице 6.

Таблица 6

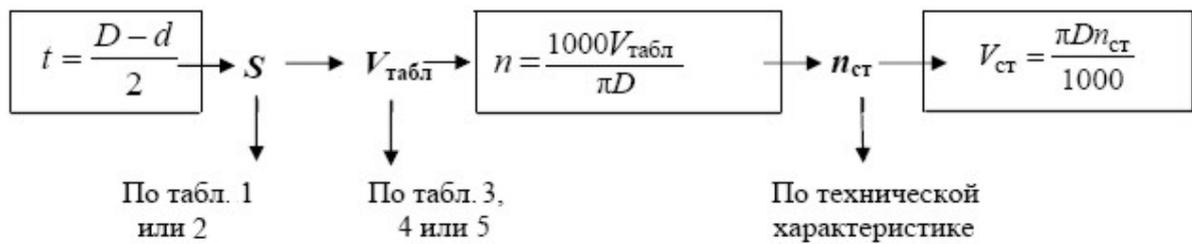
**Разработка технологический процесса изготовления детали типа «Палец»**

<p>Параметры детали</p>	
<p>Установка А. Установить заготовку с вылетом 76 мм.</p>	
<p>Переход 1. Обработать торец как чисто проходным резцом с отогнутой головкой, Т15К6</p>	
<p>Переход 2. Точить <math>\varnothing 32</math> в размер 71 проходным упорным резцом, Т15К6</p>	
<p>Переход 3. Точить <math>\varnothing 25-0,14</math> в размер 50 проходным упорным резцом, Т15К6</p>	
<p>Переход 4. Выточить канавку шириной 4 мм, глубиной 1 мм канавочным резцом, Т15К6</p>	

<p>Переход 5. Снять фаску <math>2 \times 45^\circ</math> проходным резцом, T15K6</p>	
<p>Переход 6. Отрезать заготовку в размер 66 отрезным резцом, T15K6</p>	
<p>Установка Б Перевернуть заготовку, установить, закрепить.</p>	
<p>Переход 7. Обработать торец проходным резцом с отогнутой головкой, T15K6</p>	
<p>Переход 8. Снять фаску <math>2 \times 45^\circ</math> проходным резцом с отогнутой головкой, T15K6</p>	

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством токарно-винторезного станка 1М61;
2. Изучить схемы видов работ, выполняемых на токарно-винторезном станке
3. Снять технические характеристики станка марки 1М61: частота вращения шпинделя (об/мин), диапазон; подача (мм/об); продольная (диапазон); поперечная (диапазон); мощность электродвигателя (кВт).
4. По заданному чертежу детали (рис. 6) и размерам исходной заготовки для операции чернового или чистового обтачивания назначить режим резания. Последовательность определения параметров элементов режима резания представлена на схеме:



### Содержание отчета

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Рассчитать режимы резания и разработать технологический процесса изготовления детали «Вал» (рис. 6.)

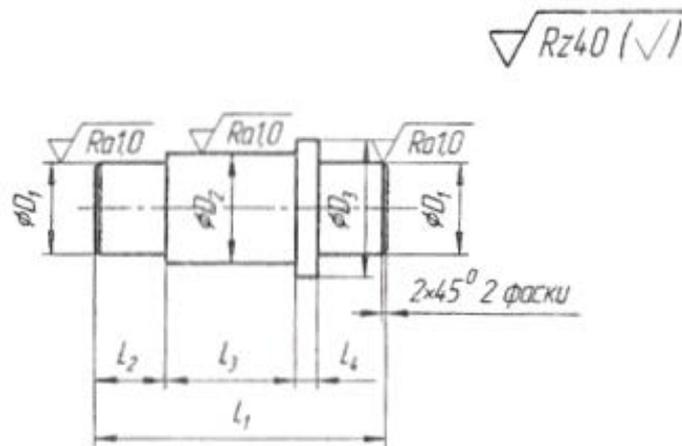


Рис. 6. Деталь вал.

№ варианта	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	D <sub>3</sub> , мм	L <sub>1</sub> , мм	L <sub>2</sub> , мм	L <sub>3</sub> , мм	L <sub>4</sub> , мм	материал
1	20	30	50	120	15	80	10	СЧ18
2	20	30	50	120	15	80	10	Сталь 40

### Контрольные вопросы

1. Основные узлы токарного станка.
2. Что такое наладка станка?
3. Что такое настройка станка?
4. Методы закрепления заготовок на станке.
5. Типы токарных резцов и их назначение.
6. Основные элементы резца.
7. Основные параметры режима резания.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

**Цели работы:** изучить устройство консольно-фрезерного станка 6Р81, конструкцию фрез и методы обработки на фрезерных станках.

### Правила техники безопасности

При работе на фрезерных станках возможны несчастные случаи в результате соприкосновения с вращающейся фрезой, передаточным механизмом (зубчатыми колесами, шкивами и пр.) и другими вращающимися частями станка, а также попадания в

рабочего отлетающих частиц фрезы при ее поломке. Возможны также ранения при попадании в рабочего отлетающей стружки, в особенности при скоростном фрезеровании, при соприкосновении рук рабочего со стружкой, при установке, снятии, транспортировании деталей и приспособлений, при обработке деталей, при неосторожном пользовании ручным инструментом.

Перед пуском станка необходимо убрать со стола станка инструмент и оставшиеся крепежные приспособления, подвести к фрезе трубку с охлаждающей эмульсией, поставить на место защитный кожух (экран), после чего приступить к обработке детали.

Во избежание поломки зубьев фрезы направление вращения фрезы и направление подачи должны быть встречными. Попутное фрезерование (одинаковое направление вращения фрезы и подачи) допускается только на специальных станках.

В случае биения или вибрации фрезы станок надо остановить и устранить причину (затупление фрезы, прогиб оправки и др.).

При работе фрезерного станка не допускаются его смазывание и чистка, перестановка трубопровода охлаждения, измерение обрабатываемой детали, снятие ограждения. Если стружка вылетает за пределы ограждения, что может иметь место при скоростном фрезеровании или при обработке бронзы, чугуна, силумина, рабочему во избежание поражения глаз необходимо пользоваться защитными очками. По окончании обработки деталь нужно снимать осторожно, избегая касания руками ее острых граней.

Перед установкой на станок необходимо очистить от стружки и масла обрабатываемые детали и приспособления, особенно соприкасающиеся их базовые и крепежные поверхности. Это позволит обеспечить правильную установку и прочность крепления детали. Детали необходимо закреплять в местах, находящихся, по возможности, ближе к обрабатываемой поверхности.

При креплении детали за необработанные поверхности рекомендуется применять тиски и приспособления с насечкой на прижимных губках. При пользовании для закрепления деталей пневматических, гидравлических и электромагнитных приспособлений необходимо тщательно оберегать от механических повреждений трубки подачи воздуха или жидкости, а также электропроводку.

Деталь к фрезе следует подавать только после начала ее вращения. Перед измерением обрабатываемой детали фрезу следует отвести на безопасное расстояние. Прежде чем вынуть деталь из тисков, патрона или прижимных планок, необходимо остановить станок и отвести режущий инструмент.

Набор фрез надлежит устанавливать на оправку так, чтобы зубья их были расположены в шахматном порядке. Врезание фрезы, в деталь должно происходить постепенно; механическую подачу необходимо включать до соприкосновения детали с фрезой. При ручной подаче нельзя допускать резких увеличений скорости и глубины резания. При фрезеровании недопустимо вводить руки в опасную зону вращения фрезы. Следует пользоваться только исправной фрезой. Перед установкой фрезы необходимо проверить надежность и прочность крепления зубьев или пластин твердого сплава в корпусе фрезы; целость и правильность заточки пластин твердого сплава. Последние не должны иметь выкрошившихся мест, трещин, прижогов. Если режущие кромки фрезы затупились или выкрошились, ее следует заменить. Необходимо внимательно следить за наличием ограждения фрезы и работать только с огражденной фрезой.

Нельзя допускать скопления стружки на фрезе и оправке. При обработке вязких сталей необходимо применять фрезы со стружколомающими устройствами. Снимая фрезу со шпинделя, запрещается поддерживать ее незащищенными руками, следует пользоваться эластичной прокладкой.

Приступая к работе на фрезерном станке, необходимо, устранив забоины, тщательно очистить отверстие шпинделя, хвостовик оправки или фрезы, а также поверхность передней втулки перед установкой в шпиндель. При установке хвостовика инструмента в отверстие шпинделя следует убедиться в том, что он садится плотно, без люфта.

Установленную и закрепленную фрезу необходимо проверить на биение. Радиальное и торцовое биение не должно превышать 0,1 мм.

При снятии переходной втулки, оправки или фрезы со шпинделя надлежит пользоваться специальной выколоткой, подложив на стол станка деревянную подкладку.

При скоростном фрезеровании необходимо применять ограждения и приспособления для улавливания и отвода стружки (специальные стружкоотводчики, улавливающие и отводящие стружку в стружкосборник, прозрачные экраны или щитки).

Не следует оставлять ключ на головке затяжного болта после установки фрезы или оправки. Чтобы остановить станок, необходимо выключить подачу, затем отвести фрезу от обрабатываемой детали и выключить двигатель.

Во время работы станка нельзя открывать или снимать ограждения и предохранительные устройства. При работе на тяжелых станках необходимо использовать устойчивые прочные подставки или лестницы, чтобы находясь на них, можно было наблюдать за обработкой детали.

Фрезерные станки оборудуют быстродействующими и надежными тормозными устройствами. Передаточные валы, карданные соединения, выступающие задние концы шпинделей и шомполов фрезерных станков тщательно ограждают.

Конструкции консольно-фрезерных станков позволяют осуществить удобное и безопасное удаление стружки из пространства между консолью и станиной, а также укрытие этого пространства.

Специальные и специализированные станки, а также универсальные станки, применяемые в массовом и крупносерийном производстве, снабжают ограждениями фрез, совмещенными с пылестружкоприемниками, присоединенными к групповым или индивидуальным отсасывающим устройствам.

Конструкция сборных фрез предусматривает надежное закрепление зубьев, исключающее выпадение их во время работы. Эти фрезы, а также фрезы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали подвергают тщательному техническому контролю. Применять дисковые фрезы с трещинами или поломанными зубьями запрещается. Для удаления стружки вблизи вращающейся фрезы рабочим выдают кисточки с деревянными ручками длиной не менее 250 мм.

### **Краткие теоретические сведения**

Фрезерование (фрезерная обработка) – это процесс механической обработки, при котором режущий инструмент (фреза) совершает вращательное движение (со скоростью  $V$ ), а обрабатываемая заготовка – поступательное (со скоростью подачи  $S$ ).

Классификация фрезерования может происходить по-разному, в зависимости от того, что хотят выделить наиболее значимым:

В зависимости от расположения шпинделя станка и удобства закрепления обрабатываемой заготовки – вертикальное, горизонтальное. На производстве в большей степени используют универсально-фрезерные станки, позволяющие осуществлять горизонтальное и вертикальное фрезерование, а также фрезерование под разными углами различным инструментом.

В зависимости от типа инструмента (фрезы) - концевое, торцовое, периферийное, фасонное и т.д.

Концевое фрезерование – пазы, канавки, подсечки; колодцы (сквозные пазы), карманы (пазы, стороны которых выходят более чем на 1 поверхность), окна (пазы, которые выходят только на одну поверхность).

Торцовое фрезерование – фрезерование больших поверхностей.

Фасонное фрезерование – фрезерование профилей. Примеры профильных поверхностей – шестерни, червяки, багет, оконные рамы.

Существуют также специализированные фрезы, предназначенные для отрезки (дисковые фрезы).

В зависимости от направления вращения фрезы относительно направления её движения (либо движения заготовки) - попутное «под зуб», когда фреза «подминает» заготовку, получается очень чистая поверхность, но также велика опасность вырыва заготовки при большом съеме материала; и встречное «на зуб», когда движение режущей кромки происходит навстречу заготовке. Поверхность получается похуже, зато увеличивается производительность. На практике используют оба вида фрезерования, «на зуб» при предварительной (черновой) и «под зуб» окончательной (чистовой) обработке.

## **1. Основные части консольно-фрезерного станка 6P81**

Консольно-фрезерные станки – это наиболее распространенный тип станков, применяемых для фрезерных работ. Название консольно-фрезерные станки получили от консольного кронштейна (консоли), который перемещается по вертикальным направляющим станины станка и служит опорой для горизонтальных перемещений стола. Типоразмеры консольно-фрезерных станков принято характеризовать по величине рабочей (крепежной) поверхности стола. Консольно-фрезерные станки могут иметь горизонтальное, универсальное (широкоуниверсальные) и вертикальное исполнение при одной и той же величине рабочей поверхности стола. Сочетание разных исполнений станка при одинаковой основной размерной характеристике стола называют размерной гаммой станков.

Универсальный консольно-фрезерный станок 6P81 предназначен для обработки различных изделий из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс цилиндрическими, торцовыми, дисковыми, угловыми и специальными фрезами.

Широкий диапазон скоростей шпинделя и подач стола обеспечивает возможность обработки изделий на оптимальных режимах резания.

Класс точности станка Н. Шероховатость обработанной поверхности V4-V5.

Для вращения шпинделя и механических подач стола предусмотрены приводы от отдельных электродвигателей. Стол станка может совершать быстрые перемещения в трех направлениях.

Ручной и механический приводы заблокированы. Выключение механических перемещений стола может осуществляться упорами и вручную. Для торможения шпинделя применяется электромагнитная муфта.

Повышенная мощность электродвигателей и жесткость станка обеспечивают обработку изделий на скоростных режимах резания твердосплавным инструментом.

Станок может применяться в единичном мелкосерийном и серийном производстве.

### ***1.1 Расположение составных частей горизонтального консольно-фрезерного станка 6P81***

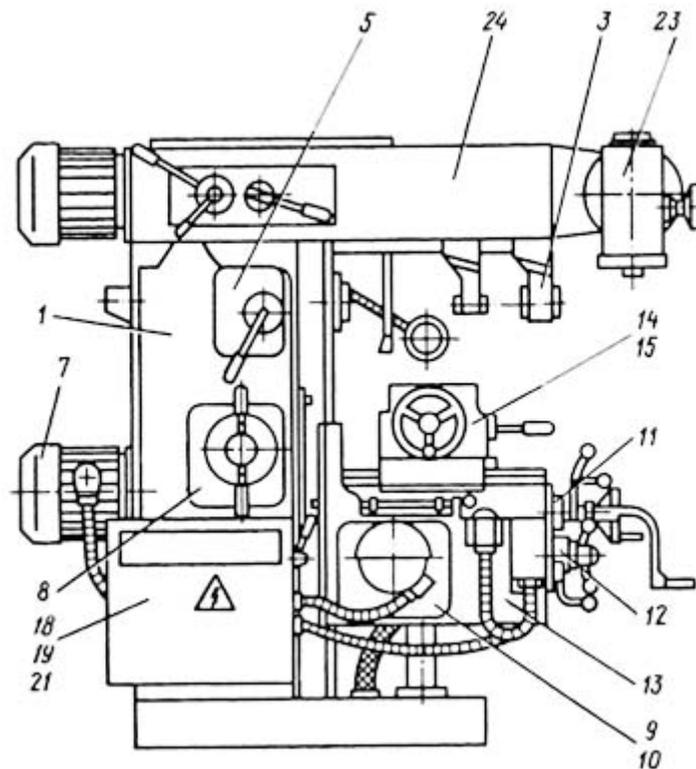


Рис. 1. Составные части горизонтального консольно-фрезерного станка 6P81.

1 – станина; 3 – серьга; 4 – ограждение 5 – привод шпинделя 7 – коробка скоростей; 8 – переключение коробки скоростей; 9 – коробка подач; 10 – редуктор; 11 – коробка реверса; 12 – переключение подач ; 13 – консоль; 18 – электрошкаф ; 23 – фрезерная головка 24 – ползун.

*Привод шпинделя станка.* Вращение шпинделю передается от коробки скоростей клиноременной передачей, которая размещается в задней полости станины под крышкой. От шкива, соосного со шпинделем, вращение последнему сообщается или прямым соединением их кулачковой муфтой или через две зубчатые передачи. Опорами шпинделя служат подшипники качения: два радиально-упорных впереди и один шариковый в задней опоре.

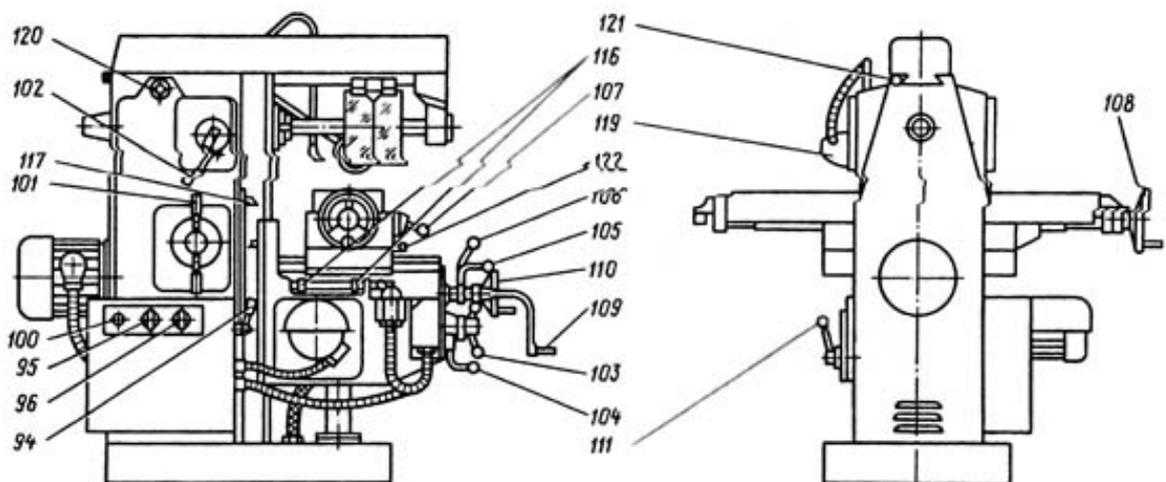


Рис. 2. Расположение органов управления фрезерным станком модели 6P81.

94 – Автоматический выключатель электросети; 95 – Выключатель электронасоса охлаждения; 96 – Переключатель направления вращения шпинделя; 97 – Кнопка "Пуск шпинделя"; 98 – Кнопка "Пуск подачи"; 99 – Кнопка "Общий стоп"; 100 – Кнопка "Толчок шпинделя"; 101– Рукоятка переключения скоростей шпинделя; 102 – Рукоятка

переключения перебора шпинделя; 103 – Рукоятка переключения подач стола; 104 – Рукоятка переключения перебора коробки подач; 105 – Рукоятка включения механической вертикальной подачи; 106 – Рукоятка включения механической поперечной подачи; 107 – Рукоятка включения механической продольной подачи; 108 – Маховик ручного продольного перемещения стола; 109 – Рукоятка ручного вертикального перемещения стола; 110 – Маховичок ручного поперечного перемещения стола; 111 – Рукоятка включения ускоренной подачи во всех направлениях; 112 – Рукоятка закрепления стола от вертикального перемещения; 113 – Рукоятка закрепления стола от продольного перемещения; 114 – Рукоятка закрепления стола от поперечного перемещения; 115 – Упоры выключения продольного механического перемещения стола; 116 – Упоры выключения поперечного перемещения стола; 117 – Упоры выключения вертикального перемещения стола; 118 – Рукоятка привода ручного насоса смазки; 119 – Выключатель местного освещения; 120 – Квадрат перемещения хобота; 121 – Квадрат для закрепления хобота; 122 – Винты и гайки закрепления верхних салазок от поворота (для станка 6Р81)

*Коробка скоростей* с электродвигателем на корпусе крепится к станине фланцем. Корпус ее при этом входит в полость станины, залитую смазочным маслом. На корпусе установлен плунжерный смазочный насос, приводимый в действие от эксцентрика. Для доступа к насосу на правой стороне станины имеется окно с крышкой. Переключение скоростей в коробке производится от кулачка с криволинейными пазами на торцах. Вал кулачка муфтой соединяется с валом шкалы и рукояток переключения, расположенных снаружи станины. Соединительная муфта свободно снимается с вала кулачка, когда крышка переключения открепляется от станины.

*Корпуса коробки подач* и редуктора соединяются винтами в единый узел, после чего устанавливаются в полость консоли слева. Справа консоли, через окно с крышкой, выступает вал редуктора с рукояткой, включающей муфту ускоренного хода.

*Механизм коробки реверса* получает вращение от редуктора и через предохранительную муфту передает вращение к ходовым винтам продольного, поперечного и вертикального перемещений стола. Включение вращения того или иного ходового винта, в прямом и обратном направлении, производится кулачковыми муфтами с помощью рукояток 106 (см.рис.2).

Для ручных перемещений стола служат рукоятка 109 и маховичок 110, которые установлены на валах свободно, а в момент использования сцепляются с валами с помощью кулачковых муфт. В коробке реверса предусмотрена блокировка, предупреждающая включение механической подачи, если не расцеплены с валами рукоятка 109 и маховичок 110. Блокировка обеспечивается шариками, вложенными в радиальные отверстия валов под ступицами рукоятки 109 и маховичка 110.

## 2. Основные виды работ, выполняемые на фрезерных станках

Фрезерование применяют при обработке самых разнообразных плоских и фасонных поверхностей. Рассмотрим основные виды фрезерных работ.

*Фрезерование горизонтальных поверхностей* производят на горизонтально-фрезерных станках различными цилиндрическими фрезами (рис. 3, а), а на вертикально-фрезерных станках торцевыми головками и торцевыми фрезами (рис. 3, б).

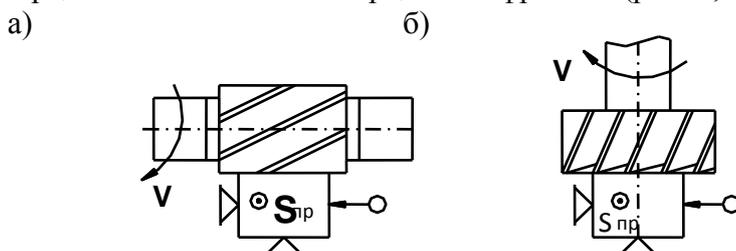


Рис. 3. Схемы фрезерования горизонтальных поверхностей.

Фрезерование вертикальных поверхностей осуществляется на горизонтально-фрезерных и продольно-фрезерных станках торцевыми фрезерными головками (рис. 4, а), а на вертикально-фрезерных станках – боковыми зубьями концевой фрезы (рис. 4, б).

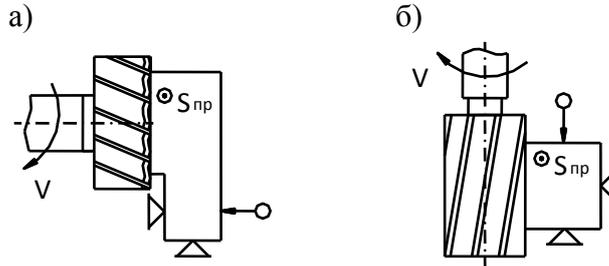


Рис. 4. Схемы фрезерования вертикальных поверхностей.

Фрезерование наклонных поверхностей производят одноугловой фрезой (рис. 5, а) на горизонтально-фрезерном станке либо торцевой фрезерной головкой на вертикально-фрезерном станке со шпинделем, установленным под углом (рис. 5, б).

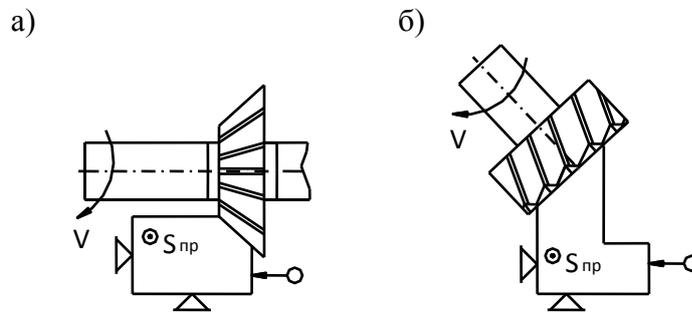


Рис. 5. Схемы фрезерования наклонных поверхностей.

Фрезерование пазов: угловых (рис. 6, а), прямоугольных (рис. 6, б), Т-образных (рис. 6, в), типа ласточкин хвост (рис. 6, г), фасонных (рис. 6, д), шпоночных (рис. 6, е) производят на горизонтально - и вертикально-фрезерных станках.

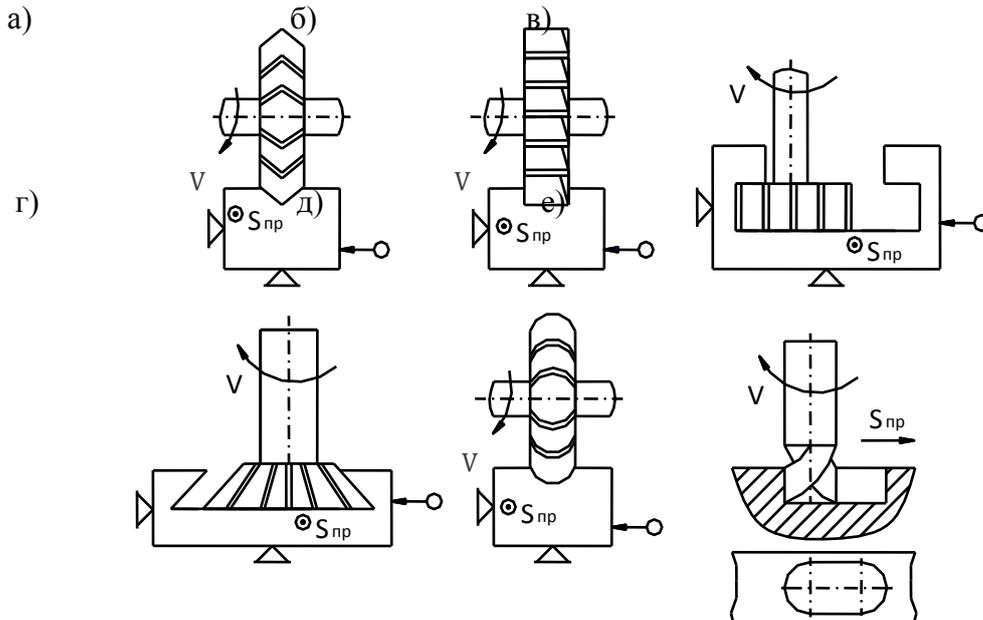


Рис. 6. Схемы фрезерования пазов.

Фрезерование комбинированных поверхностей выполняют комплектами фрез (наборными фрезами) (рис. 7) на продольно-фрезерных и иногда на горизонтально-фрезерных станках.

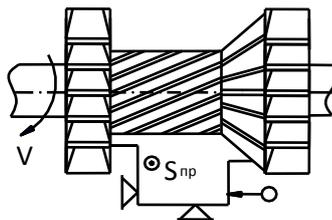


Рис. 7. Схема фрезерования комбинированных поверхностей.

Фрезерование фасонных поверхностей производят фасонными фрезами соответствующего профиля (рис.8).

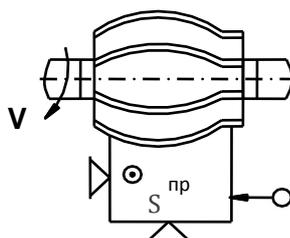


Рис. 8. Схема фрезерования фасонных поверхностей.

Фрезерование зубчатых колес производят модульными дисковыми фрезами (рис. 9, а) на горизонтальных, а также модульными пальцевыми фрезами (рис. 9, б) на вертикально-фрезерных станках.

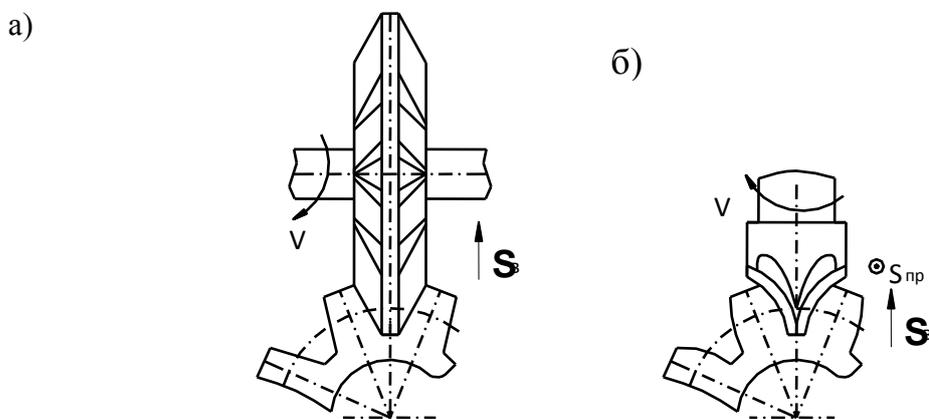


Рис. 9. Схема фрезерования зубчатых колес

При простейших способах закрепления заготовки используют: прижимные планки, прихваты, простые и поворотные машинные тиски, призмы. Для крепления заготовок, которые требуют особой установки, используют простые и универсальные угольники, делительные головки. Для крепления режущего инструмента используют оправки и цанги.

### 3. Типы фрез

Существуют разнообразные конструкции фрез. Фрезы классифицируются:

- по конструкции зуба: цельные и вставные;

Зубья фрезы выполняются за одно целое с корпусом, так называемые цельные фрезы, или вставными, закрепленными в корпусе, т.е. сборные со вставным зубом.

- по профилю зуба: остроконечные (рис. 10, а) и затылованные (рис. 10, б);

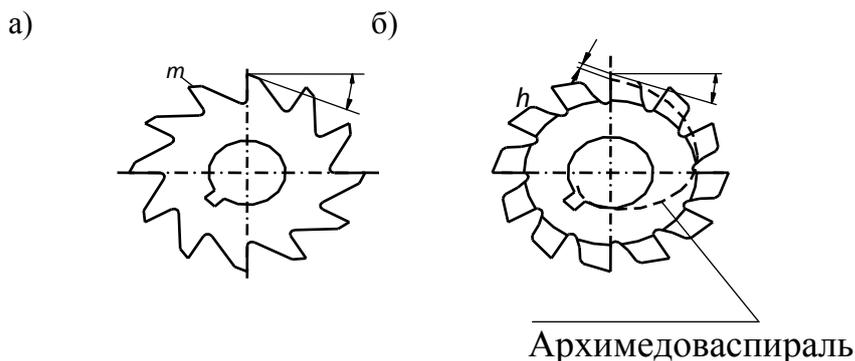


Рис. 10. Конструкции зуба фрезы.

Фрезы с остроконечным зубом являются наиболее простыми и служат для обработки плоских поверхностей. Задняя поверхность зуба очерчивается по прямой линии  $m$ . Задняя поверхность фрез с затылованным зубом очерчивается по архимедовой спирали. Затылованный зуб применяется у фасонных фрез.

- по направлению зуба: прямые, винтовые и разнонаправленные;
- по общей конструкции: цельные, насадные и сборные. Цельные фрезы изготавливают из инструментальных сталей. У сборных фрез зубья (ножи) выполняют из быстрорежущей стали или оснащают пластинками из твердых сплавов и закрепляют в корпусе фрезы пайкой или механически.
- по способу крепления: концевые и насадные;
- по назначению: для обработки плоскостей, для обработки уступов, пазов и канавок, для изготовления резьб, для изготовления зубчатых колес.
- по форме и назначению: цилиндрические, торцовые, концевые, шпоночные, дисковые, угловые, резьбовые, фасонные и другие.

#### 4. Элементы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

Цилиндрическая фреза представляет собой многозубый режущий инструмент в виде тела вращения, на образующей поверхности которого расположены режущие зубья. Каждый зуб фрезы состоит из (рис. 11):

- передней поверхности (1), по которой сходит стружка;
- спинки зуба (2), которая может быть прямолинейной (рис. 11, б), дуговой (рис. 11, в) или криволинейной (рис. 11, г);
- главного режущего лезвия (3), которое выполняет основную работу резания и может быть прямым, наклонным или винтовым;
- задней поверхности (4) шириной  $f=1-2$  мм;
- ленточки (5) шириной  $k = 0,05 - 0,1$  мм (оставляется при заточке для более точного изготовления фрез по диаметру).

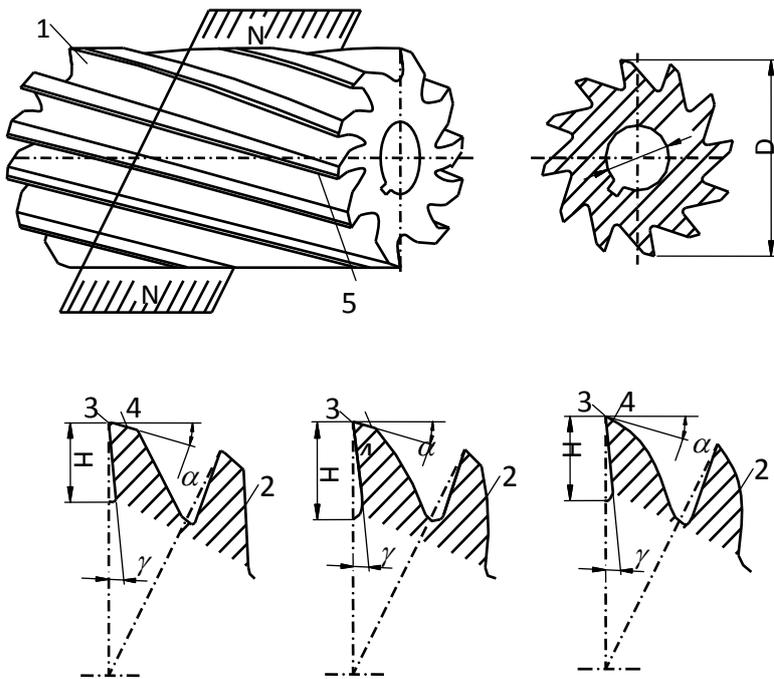


Рис. 11. Элементы и углы цилиндрической фрезы.

Для рассмотрения геометрических параметров цилиндрической фрезы проводим главную секущую плоскость N-N (рис.11), плоскость перпендикулярную к главной режущей кромке в рассматриваемой точке. Профиль зуба и его геометрические параметры рассматривают в плоскости N-N.

*Передний угол  $\gamma$*  – это угол между передней поверхностью зуба и плоскостью, проходящей по радиусу.

*Задний угол  $\alpha$*  – образован задней поверхностью и касательной плоскостью, проведенной через режущую кромку.

### 5. Приспособления, применяемые на фрезерных станках

Фрезы закрепляют на оправках и в патронах, которые в свою очередь различным образом крепят в шпинделе станка. На рис. 12 показана установка цилиндрической насадной фрезы на оправке. Положение фрезы 6 на оправке 3 регулируется установочными кольцами 5. Фреза и оправка связаны шпонкой 7. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в аналогичное отверстие шпинделя 2 станка и затягивают болтом 10. Чтобы оправка не проворачивалась, в шпиндель устанавливают сухари 4, которые входят в пазы шпинделя и фланца оправки. Если оправка длинная, то другой ее конец поддерживается подвеской 8, установленной на хоботе станка.

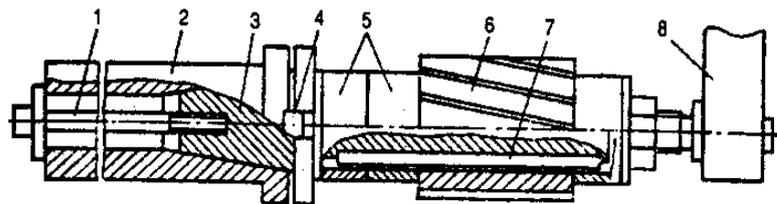


Рис.12. Установка цилиндрической фрезы на длинной оправке.

Торцовые насадные фрезы можно устанавливать на оправках или непосредственно на шпинделе станка (рис.13. а). Фрезу 1 цилиндрическим пояском надевают на шпиндель 2 станка и притягивают винтами 3. Крутящий момент от шпинделя к фрезе передается шпонкой 4.

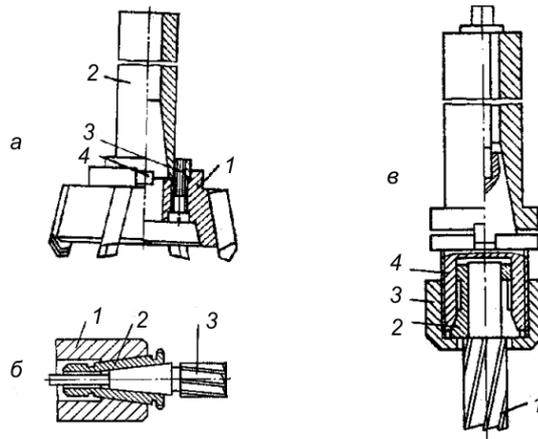


Рис.13. Схемы установки и закрепления фрез на станках.

Концевые фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель станка, используя переходные втулки (рис.13.б). Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне, который коническим хвостовиком вставляют в шпиндель станка (рис.13.в). Фрезу 1 устанавливают в цангу 2 и с помощью гайки 3 закрепляют в корпусе патрона 4.

*Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках.* К ним относятся различного рода прихваты, подставки, призмы, угловые плиты, машинные тиски, столы.

Прихваты (рис. 14) используют для закрепления заготовок 1 или каких-либо приспособлений непосредственно на столе станка с помощью болтов 2. Нередко один из концов прихвата опирается на подставку 4.

Угловые плиты (рис.15) применяют при обработке заготовок, у которых необходимо получить плоскости, расположенные под углом одна к другой. Плиты бывают обычные (рис.15.а), универсальные, допускающие поворот вокруг одной (рис.15.б) или двух осей (рис.15.в).

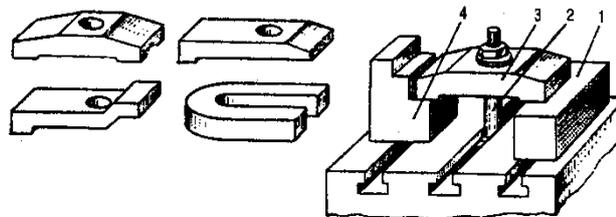


Рис.14. Прихваты и подставки.

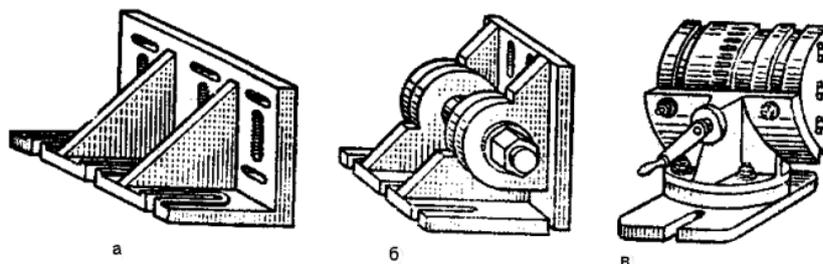
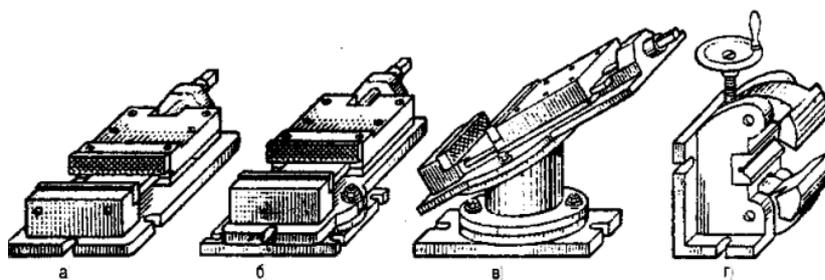


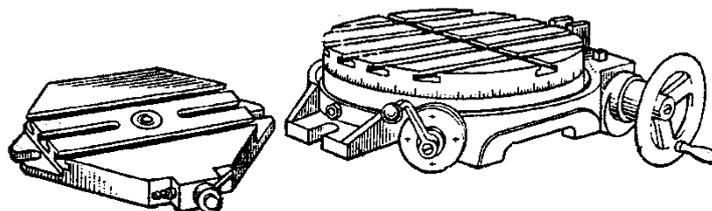
Рис.15. Угловые плиты.



*Рис.16. Машинные тиски.*

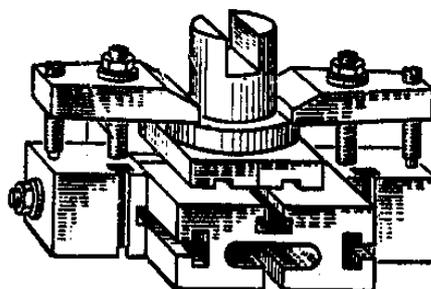
Машинные тиски могут быть неповоротными (рис.16.а), поворотными (поворот вокруг вертикальной оси (рис.16.б), универсальными (поворот вокруг двух осей (рис.16.в) и специальными (например, для закрепления валов (рис.16.г): с ручным, пневматическим, гидравлическим приводом.

Столы для установки и закрепления заготовок бывают неповоротными (рис.17.а) и поворотными (рис.17.б) с ручным, пневматическим, гидравлическим или электрическим приводом. Поворотные столы позволяют обрабатывать на станке фасонные поверхности заготовки, а также применять метод непрерывного фрезерования, когда во время обработки одной детали готовые детали снимают и на их место устанавливают новые заготовки. При этом столу может сообщаться непрерывное вращение от отдельного привода или привода станка.



*Рис. 17. Столы.*

При работе на фрезерных станках для закрепления заготовок широко применяют универсально-сборные приспособления (УСП), которые собирают из готовых нормализованных взаимозаменяемых деталей (рис.18). После обработки на станке партии заготовок такое приспособление разбирают и из его деталей конструируют новое.



*Рис.18. Универсально-сборное приспособление.*

К приспособлениям, расширяющие возможности фрезерных станков, относят делительные головки, которые применяют с целью деления окружности заготовки на равные или неравные части (например, нарезание зубчатых колес, звездочек, шлицев), установки заготовки под заданным углом относительно поверхности стола, непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых поверхностей (например, стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток, зенкеров). Закрепление заготовок в

делительной головке может производиться в патроне, цанге или в центрах. По принципу действия делительные головки подразделяют на лимбовые (простые и универсальные), оптические, безлимбовые и др. Наиболее распространены лимбовые универсальные делительные головки.

Для расширения технологических возможностей фрезерных станков применяют такие приспособления как дополнительные фрезерные головки, копировальные приспособления, сверлильные, шлифовальные головки и др.

### 6. Основные параметры режима резания

Для того чтобы качественно обработать какую-нибудь поверхность, необходимо правильно выбрать режимы резания. Выбор режимов резания выполняется на основании вида обработки, чертежа детали, ее размеров, материала детали и инструмента, паспортных данных станка.

К режимам резания при фрезеровании относят глубину резания  $t$ , подачу  $S$ , скорость резания  $V$ , ширину фрезерования  $B$ .

Глубина резания (припуск)  $t$  (мм) и ширина фрезерования  $B$  (мм) показаны на рис. 19.

Глубину резания при обработке выбирают по табл. 1.

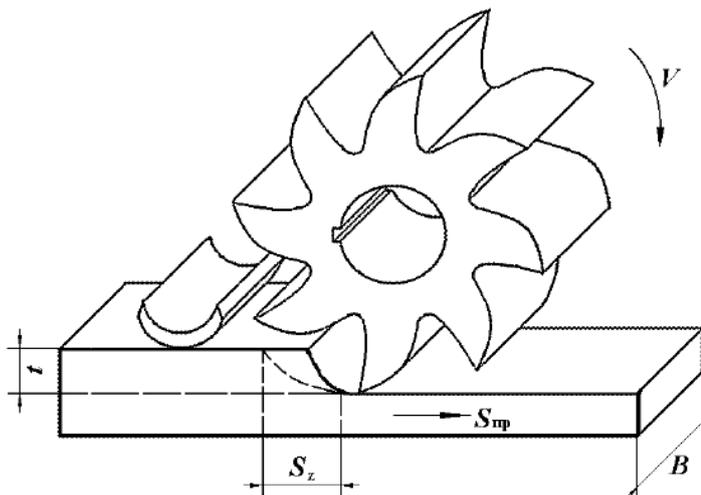


Рис. 19. Схема работы цилиндрической фрезы.

Таблица 1

### Припуск на сторону при обработке плоскостей деталей из черных металлов (размеры в мм)

Метод обработки плоскости	Наибольший размер обрабатываемой поверхности				
	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800
Черновое фрезерование после литья	0,5	0,6	0,8	1,4	2
Получистовое фрезерование после чернового	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35
Чистовое фрезерование после получистового	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16



Торцовая, дисковая для обработки плоскостей	до 1		62	56	52	44	38	34	30
	3		56	52	46	40	35	30	27
	6		52	48	44	37	33	28	25
Дисковая для обработки пазов	до 3	80	70	65	55	48	42	37	
	5	67	60	55	46	40	35	30	
	10	56	50	46	40	34	30	26	
	20	45	40	37	32	27	24	20	
Концевая для обработки пазов	до 5	26	24						
	10	24	23						
	15	23	22						
Концевая и цилиндрическая	B=40		50	47	42	38	34	28	24
	60		48	45	40	36	33	26	23
	100		46	43	38	34	30	25	21
Угловая	B=4	40	36	34	30				
	10	36	34	30	28				
	20	34	32	28	25				

Таблица 3

### Значения коэффициента $K_1$

Тип фрезы	Коэффициент $K_1$				
	Торцовая	D/B	1,25	2	5
	$K_1$	1,0	1,1	1,25	
Дисковая для обработки плоскостей	D/B	3	5	10	
	$K_1$	0,95	1,0	1,1	
Дисковая для обработки пазов	D/B	3	6	10	20
	$K_1$	1,0	1,1	1,2	1,3
Концевая для обработки пазов	D	15		30	
	$K_1$	1,0		1,1	
Концевая и цилиндрическая	D/t	10	20	30	
	$K_1$	1,0	1,2	1,4	
Угловая	D/t	5	10	20	
	$K_1$	1,0	1,25	1,5	

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством консольно-фрезерного станка 6P81;
2. Изучить схемы видов работ, выполняемых на фрезерных станках;
3. Снять технические характеристики станка 6P81: габариты рабочей поверхности стола (мм); число скоростей; диапазон числа оборотов (об/мин); число ступеней передач; диапазон передач (мм/мин); мощность электродвигателя (Вт).
4. По заданному чертежу детали (рис. 20) и размерам исходной заготовки для операции черновой или чистовой обработки фрезерованием назначить режим резания.

### Содержание отчета

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Рассчитать режимы резания и разработать технологический процесса изготовления детали «Призма» (рис. 20.) из бруска квадратной стали сечением 32×32 мм и длиной 90 мм.

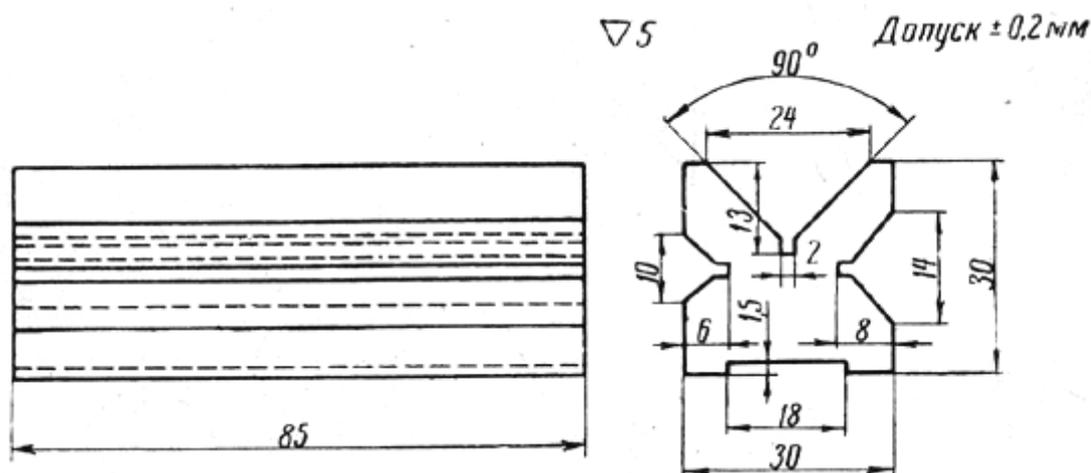


Рис. 20. Деталь призма.

№ варианта	Материал
1	Сталь 30
2	Сталь 45

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «подача» и «скорость резания» при фрезеровании.
2. Назовите основные типы инструментов при фрезеровании и приведите их назначение.
3. Объясните принципы устройства и работы фрезерного станка.
4. Перечислите виды работ, выполняемых на фрезерных станках.
5. Укажите приспособления, применяемые для закрепления инструмента и заготовки на фрезерных станках.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе выполнения самостоятельной работы обучающиеся получают:  
практические умения и навыки :

умение оперировать данными на информационном рынке;  
умения работать с информацией (кодировать, представлять, измерять);  
умения обрабатывать информацию средствами информатики.

учебные умения:

использовать различные информационные источники;  
расспрашивать, описывать, сравнивать, исследовать, анализировать оценивать;  
проводить самостоятельный поиск необходимой информации;

специальные учебные умения:

осуществлять эффективный и быстрый поиск нужной информации;  
организовывать работу на компьютере;  
выбирать оптимальное программное обеспечение для работы с информацией;  
излагать информацию средствами информатики.

Самостоятельные работы выполняются индивидуально на домашнем компьютере или в компьютерном классе в свободное от занятий время.

Обучающийся обязан:

перед выполнением самостоятельной работы, повторить теоретический материал, пройденный на аудиторных занятиях;

выполнить работу согласно заданию;

по каждой самостоятельной работе представить преподавателю отчет в виде результирующего файла на внешнем носителе;

ответить на поставленные вопросы.

При выполнении самостоятельных работ обучающийся должен сам принять решение об оптимальном использовании возможностей программного обеспечения. Если по ходу выполнения самостоятельной работы у обучающихся возникают вопросы и затруднения, он может консультироваться у преподавателя.

Темы самостоятельной работы представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы
1	Обработка металлов давлением.	Подготовка отчета к выполнению лабораторной работ. Защита работы Конспект по теме.
2	Литейное производство.	Подготовка конспекта по теме.
3	Методы получения неразъемных соединений.	Подготовка отчета к выполнению лабораторной работы №9. Защита работы. Конспект по теме.
4	Обработка металлов резанием (сверление, фрезерование, токарная обработка).	Подготовка отчета к выполнению лабораторной работы №10, №11, №12, №13. Защита работ. Конспект по темам.
5	Электрофизические и электрохимические методы обработки	Подготовка конспекта по теме.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся представлен в рабочих программах.