

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

# ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов направления подготовки  
27.03.05 «Инноватика» дневной формы обучения*

**ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**



Могилев 2018

УДК 621.7  
ББК 32.9  
Х 38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «08» июня 2018 г.,  
протокол № 9

Составитель канд. техн. наук А. И. Хабибуллин

Рецензент А. П. Прудников

Приведены методики разработки технологических процессов получения заготовок литьем в песчано-глинистые формы, в кокиль и обработки заготовок ковкой, прессованием, точением, фрезерованием, сваркой.

Учебно-методическое издание

## ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Технический редактор	С. Н. Красовская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 66 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2018



## Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы .....	4
2 Лабораторная работа № 2. Формообразование заготовок литьем в кокиль.....	10
3 Лабораторная работа № 3. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией.....	12
4 Лабораторная работа № 4. Влияние перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации, рекристаллизации на изменение микроструктуры.....	16
5 Лабораторная работа № 5 Прессование и ковка.....	20
6 Лабораторная работа № 6. Обработка деталей на токарных станках .....	25
7 Лабораторная работа № 7. Изучение фрезерного станка 676 и наладка его на обработку плоскости.....	28
8 Лабораторная работа № 8. Освоение практических приемов сварки....	31
Список литературы.....	36



# 1 Лабораторная работа № 1. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы

**Цель работы:** ознакомление с методикой разработки технологического процесса получения отливок при литье в песчано-глинистые формы.

**Оборудование:** печь для плавки металла; формовочный инструмент; модельный комплект; формовочная смесь; опоки; шихта для выплавки металла.

**Порядок проведения работы:** начертить эскиз детали; выбрать положение отливки в форме и назначить плоскость разъема модели; назначить припуски на механическую обработку отливки и формовочные уклоны модели и нанести припуски и уклоны на эскиз детали; определить конфигурацию стержней и знаковые части стержня; начертить эскиз модели; начертить эскиз литейной формы в сборе; получить модельный комплект отливки заданной детали, изготовить стержень и форму; получить отливку посредством заполнения формы расплавленным металлом.

## 1.1 Общие положения

**Литейное производство** – отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением литых заготовок (**отливок**). Отливка получается в результате заполнения полости **литейной формы** расплавленным жидким металлом. После заливки жидкий металл, охлаждаясь в форме, затвердевает, образуя отливку.

**Литейная форма** – это система элементов, образующих полость, при заливке которой расплавленным металлом и последующем его затвердевании формируется отливка. Форма обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливают при помощи модельного комплекта путем уплотнения формовочной смеси в опоках.

**Опока** – приспособление в виде стальной или чугунной рамки для удержания формовочной смеси.

**Формовочные материалы** – совокупность природных и искусственных материалов, используемых для приготовления формовочных и стержневых смесей. В качестве огнеупорной составляющей смеси используют формовочный кварцевый песок, а для соединения частиц песка между собой применяют формовочные глины, смолы и другие связующие.

**Формовка** – совокупность технологических операций изготовления литейных форм и стержней, способных выдерживать воздействие расплавленного металла и сообщать ему свои очертания в процессе заливки и затвердевания. Основными операциями формовки являются наполнение опоки формовочной смесью, уплотнение ее, извлечение модели и сборка формы.

**Модельный комплект** – это совокупность технологической оснастки и приспособлений, необходимых для образования в форме полости, соответствующей контурам отливки. Модельный комплект включает модели, мо-



дельные плиты, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы и другие приспособления.

**Модель** – приспособление для получения в форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам будущей отливки.

**Модельная плита** – металлическая плита с закрепленными на ней моделями и элементами литниковой системы.

**Стержень** – элемент литейной формы, предназначенный для получения в отливках крупных отверстий и полостей. Его изготавливают из стержневой смеси, уплотняемой в специальных **стержневых ящиках**. Рабочая полость стержневого ящика обеспечивает получение стержня нужного размера и очертания.

**Литниковая система** – это совокупность каналов, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы. Основными ее элементами являются: *литниковая чаша* – служит для приема расплавленного металла и подачи его в стояк; *стояк* – вертикальный канал для подачи металла из литниковой чаши в шлакоуловитель; *шлакоуловитель* – служит для удержания шлака и других неметаллических включений; *питатель* – служит для подвода расплавленного металла в полость литейной формы; *выпор* – служит для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом.

## 1.2 Разработка технологического процесса получения отливок

При конструировании модели сначала разрабатывают технологический чертеж отливки. На чертеж детали (рисунок 1.1, а), которая путем механической обработки будет получена из литой заготовки, наносят все технологические указания, необходимые при изготовлении модели.

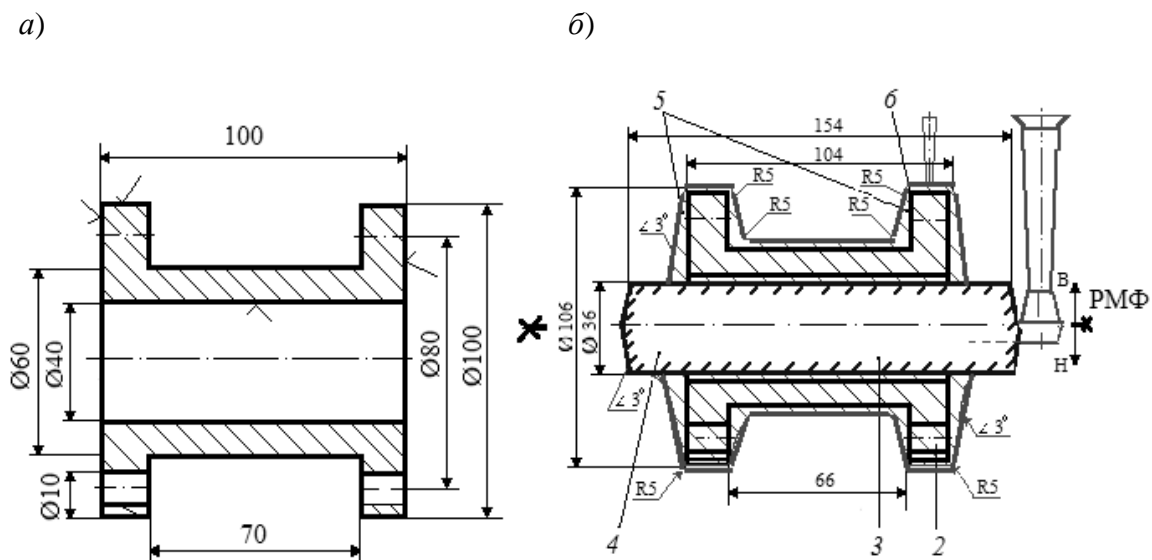


Рисунок 1.1 – Эскизы детали (а) и технологического чертежа отливки (б)

Все размеры детали увеличивают пропорционально величине усадки сплава, из которого будет изготовлена отливка. На поверхности, с которых будет сниматься слой металла при изготовлении детали, наносят припуски на меха-

ническую обработку (рисунок 1.1, б). На чертеже отливки припуск показывают тонкой красной линией со штриховкой по контуру детали, также указывается его величина. Величина припуска определяется по ГОСТу.

Для удобства формовки и извлечения модели из уплотненной формовочной смеси модели делают разъемными. **Плоскость разъема**, как правило, проходит через ось симметрии будущей модели, но обязательно так, чтобы ее части (верхняя и нижняя) беспрепятственно удалялись из полуформ. При этом учитывается необходимость расположения ответственных поверхностей отливки в нижней части формы или вертикально, т. к. вверху всегда при заливке формы металлом скапливаются шлак и газы.

**Разъем модели** обозначают знаками «х→», «←х» и буквами РМ, а разъем литейной формы – РФ. Если разъем модели и формы совпадает, то на чертеже его обозначают РМФ. Стрелками указывается направление разъема. Верх и низ модели в форме обозначают соответственно *В* и *Н*.

Отверстия в заготовках диаметром менее 12 мм (см. рисунок 1.1, б, позиция 2) обычно получают сверлением, поэтому их тоже заштриховывают, как припуск на механическую обработку. Крупные отверстия в отливках получают с помощью стержней 3. Основное тело стержня повторяет конфигурацию полости отливки. Для фиксации стержня в форме используют стержневые знаки 4, выполняемые заодно с самим основным телом стержня. При горизонтальном положении стержня, имеющего форму тела вращения, знаки делают цилиндрическими, а при вертикальном – в виде усеченного конуса. Форму и размеры знаковых частей назначают по ГОСТу. На чертеже стержень изображается синим цветом со штриховкой у контурных линий.

Для облегчения извлечения модели из уплотненной смеси на ее поверхностях, расположенных перпендикулярно по отношению к плоскости разъема РМ, наносят *формовочные или литейные уклоны* 5. Уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы. Их величина определяется по ГОСТу и зависит от размеров и места расположения поверхности. В местах сопряжений поверхностей моделей вводят *радиусы скруглений (галтели)* 6. При наличии галтелей литейная форма в таких скругленных углах после извлечения модели не осыпается, а отливка не приобретает склонности к появлению трещин, т. к. устраняются концентраторы напряжений.

После нанесения на чертеж (см. рисунок 1.1, б) всех указаний приступают к изготовлению модели и стержневого ящика. Размеры модели и ее очертания (рисунок 1.2, а) соответствуют чертежу (см. рисунок 1.1, б). Для точного совмещения половинок моделей на одной из них имеются шипы, а на другой – впадины (рисунок 1.2, б).

Размеры и очертания рабочей полости стержневого ящика соответствуют размерам и очертаниям стержня со знаками (см. рисунок 1.1, б, поз. 3 и 4). Для удобства извлечения стержня ящик делают разъемным (рисунок 1.3).

В стержневом ящике изготавливают стержень путем уплотнения смеси в рабочей полости ящика.



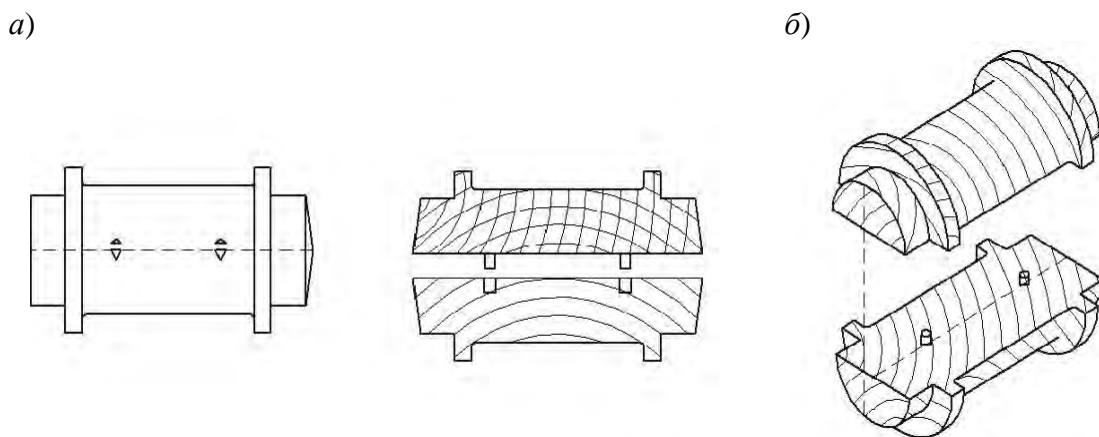


Рисунок 1.2 – Эскизы модели с поперечным сечением (а) и трехмерным изображением (б)

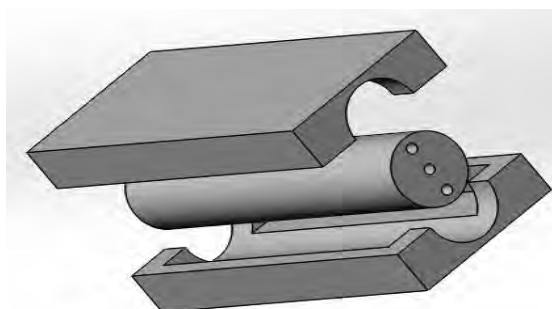


Рисунок 1.3 – Разъемный стержневой ящик

### ***1.3 Последовательности технологических операций формовки и сборки формы***

Последовательность изготовления сырой песчано-глинистой формы в опоках ручным способом показана на рисунке 1.4. Вначале изготавливают нижнюю полуформу (см. рисунок 1.4, а). На подмодельную плиту укладывают модель низа 2, затем на эту же плиту устанавливают опоку 3. Модель располагают в опоке таким образом, чтобы оставалось место для размещения литниковой системы. К модели подводят модель элемента литниковой системы – питатель 4.

На поверхность модели насыпают тонкий слой формовочной смеси, которую тщательно уплотняют на поверхности модели. Затем слои последовательно насыпают и уплотняют, пока уровень ее несколько не превысит край опоки 3.

Излишки уплотненной смеси линейкой срезают вровень с краем опоки. Нижнюю полуформу поворачивают на  $180^\circ$  (вверх плоскостью разъема модели) и на модель низа 2 устанавливают верхнюю полумоделю 7, совмещая шипы и впадины 13 (см. рисунок 1.4, б). На опоку 3 нижней полуформы устанавливают верхнюю опоку 8 и взаимно их фиксируют при помощи штырей 6, которые входят во втулки боковых проушин опок 5. Поверхность нижней полуформы посыпают тонким слоем разделительного песка для предотвращения соединения двух полуформ в процессе уплотнения смеси. На самую высокую поверхность модели устанавливают выпор 9, который обеспечит отвод газов из формы. Над моделью питателя 4 устанавливают модель шлакоуловителя 12 и стояка 11 с литниковой чашей 10. После этого формируют верхнюю полуфор-

му, уплотняя формовочную смесь в опоке 8. Затем из уплотненной смеси извлекают модель выпора 9 и стояка 11.

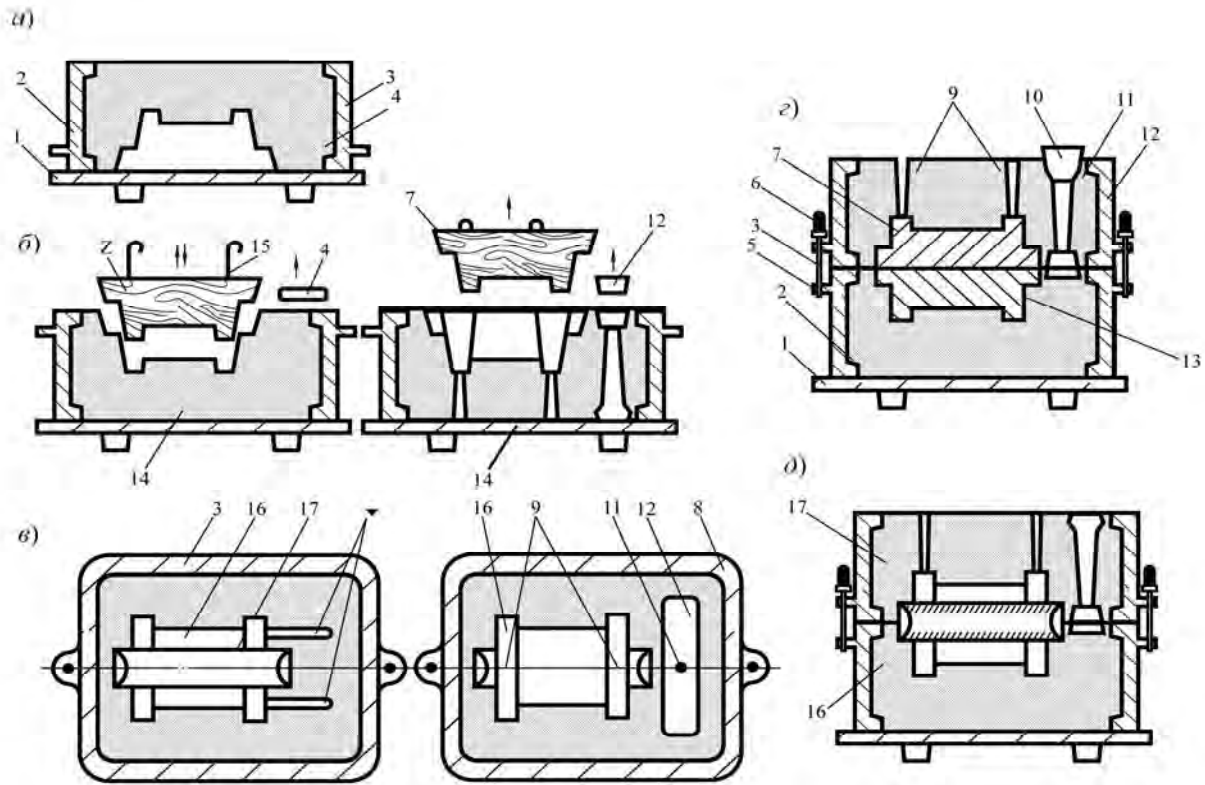


Рисунок 1.4 – Последовательность процесса изготовления сырой песчано-глинистой формы ручным способом

Верхнюю полуформу снимают с нижней и помещают рядом на щитке (позиция в). Из нижней и верхней полуформ с предварительной раскачкой удаляют полумодель и элементы литниковой системы при помощи крючков или шпилек 15. После извлечения моделей в знаковые части нижней полуформы помещают стержень 17, изготовленный ранее. Нижнюю полуформу накрывают верхней (см. рисунок 1.4, д). Таким образом, получается литейная форма, внутри которой имеется полость 16, по конфигурации соответствующая конфигурации модели, а внутри полости расположен стержень 17, образующий отверстие в отливке.

Заливку формы ведут непрерывно до полного заполнения литниковой чаши.

Выбивку отливок из литейных форм осуществляют на вибрационных решетках. От вибрации форма разрушается, смесь просыпается сквозь решетку, а опоки с отливкой остаются на решетке. Удаление стержней производится пневматическими вибрационными машинами или вымыванием мощной струей воды. Обрубку и зачистку отливок от остатков питателей, заусенцев и заливов производят шлифовальными кругами, дековыми пилами, газоокислородной резкой или на обрешных прессах. Очистка отливок от пригара осуществляется в очистных вращающихся барабанах или дробеметных установках.

*Основные виды брака и причины его возникновения:*

– газовые раковины и пористость в отливках. Причины: малая газопроницаемость или повышенная влажность формовочной смеси;



– усадочные раковины и пористость в отливках. Причины: неправильный подвод жидкого металла в форму; слишком высокая температура заливаемого металла;

– песчаные и шлаковые раковины (полости в теле отливки, заполненные формовочной смесью или шлаком). Причины: слабая набивка формы; плохая конструкция шлакоуловителя;

– холодные трещины. Причина: неодинаковая скорость охлаждения различных сечений отливки, что приводит к возникновению внутренних напряжений;

– горячие трещины (имеют темную окисленную поверхность). Причины: малая податливость стержней и формы; резкие переходы от тонкой части отливки к толстой;

– коробление (изменение формы и размеров отливки под влиянием внутренних напряжений, возникающих при неравномерном охлаждении равных частей отливки). Причины: высокая скорость охлаждения; недостаточная податливость формы; нерациональная конструкция отливки;

– заливы (тонкие выступы вдоль разъема формы). Причина: неплотное смыкание полуформ;

– недолив (неполная отливка). Причины: плохая жидкотекучесть сплава; низкая температура расплава; малое сечение питателей; утечка расплава из формы.

### ***Порядок проведения работы и содержание отчета***

1 Начертить эскиз детали (выдается преподавателем).

2 Разработать технологический чертеж отливки.

3 Начертить эскизы модели и литейной формы в сборе.

4 Используя модельный комплект отливки заданной детали, изготовить стержень и форму.

5 Получить отливку посредством заполнения формы расплавленным металлом.

6 Провести контроль размеров и качества полученной отливки. Сделать выводы по результатам контроля отливки.

### ***Контрольные вопросы***

1 Перечислите основные этапы изготовления отливки.

2 Что входит в состав модельного комплекта?

3 Для чего служат литейная опока, литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели, выпор?

4 Каковы основные причины и виды брака при литье?

5 Каковы состав формовочной и стержневой смесей и основные требования, предъявляемые к ним?

6 В чем достоинства и недостатки литья в песчано-глинистые формы?

## 2 Лабораторная работа № 2. Формообразование заготовок литьем в кокиль

**Цель работы:** ознакомление с технологией получения отливок литьем в кокиль.

**Оборудование:** печь для плавки металла; разъемный кокиль; литейный сплав.

**Порядок проведения работы:** ознакомиться с сущностью и технологией кокильного литья; подготовить кокиль к заполнению металлом; получить отливку посредством заполнения литейной формы расплавленным металлом.

### 2.1 Общие сведения

Сущность литья в кокиль заключается в том, что вместо разовой песчано-глинистой формы используют постоянную металлическую, называемую кокилем. Обладая по сравнению с песчано-глинистыми формами приблизительно в 60 раз более высокой теплопроводностью, кокили обеспечивают мелкозернистую структуру отливок, что повышает их прочность. При кокильном литье отпадает необходимость в модельно-опочной оснастке, в формовочных и стержневых смесях, что не только дает большую экономию, но и снижает количество пыли и улучшает санитарные условия труда; повышается точность и чистота поверхности отливки; обслуживание кокилей не требует рабочих высокой квалификации; значительно повышается производительность и уменьшаются необходимые производственные площади. Технологический процесс кокильного литья можно легко механизировать. Наряду с преимуществами, у кокильного литья есть и недостатки: высокая стоимость кокилей позволяет использовать их только в серийном и массовом производстве; опасность образования трещин в отливках из-за неподатливости металлического кокиля; чугунные отливки в кокиле получают отбеленными, и требуется длительный отжиг, что ведет к удорожанию их производства.

Поэтому кокильное литье применяют только в условиях крупносерийного и массового производства при изготовлении несложных по конфигурации отливок.

### 2.2 Конструкция кокилей

По конструкции кокили различают неразъемные вытряхные (рисунок 2.1, *а*) и разъемные с горизонтальным (рисунок 2.1, *б*) и вертикальным (рисунок 2.1, *в*) разъемами. Разъемные кокили (см. рисунок 2.1, *б*, *в*) состоят из двух половин *б*, центрирующихся направляющими штырями *10*. Чтобы избежать коробления, кокиль снабжают ребрами жесткости *5* либо делают коробчатой формы. На наружной стенке кокиля для его ускоренного охлаждения иногда отливают пальцы *8* (см. рисунок 2.1, *в*). Отверстие или внутреннюю полость в отливке образует песчаный стержень *1* (см. рисунок 2.1, *а*) либо металлический – *9* (см. рисунок 2.1, *в*). Металл заливают в литниковую чашу *3* и по стояку *4* и питателям *7*



он заполняет полость формы 2. Так как металлические стержни неподатливы, то во избежание образования в отливке трещин их удаляют из формы до начала усадки металла. Если внутренняя конфигурация отливки очень сложна, то металлические стержни делают из нескольких частей или заменяют песчаными. Литниковая система размещается в плоскости разъема кокиля. Для выхода воздуха из формы во время ее заливки, кроме выпоров 11 (см. рисунок 2.1, в), в плоскости разъема по всей высоте кокиля прорезают щели глубиной 0,3...0,5 мм (на рисунке не показаны). Изготавливают кокили из серого чугуна, стали литьем с последующей механической обработкой. В работе используется стальной кокиль с горизонтальным разъемом, конструкция которого представлена на рисунке 2.2.

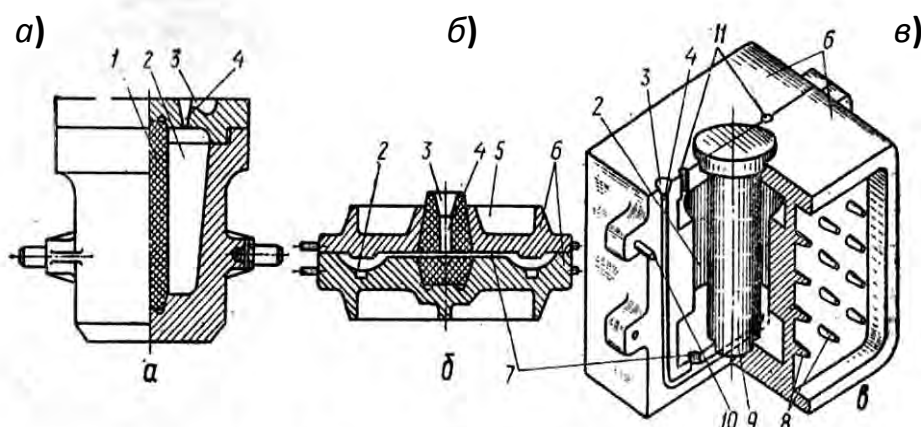


Рисунок 2.1 – Металлические формы (кокили)

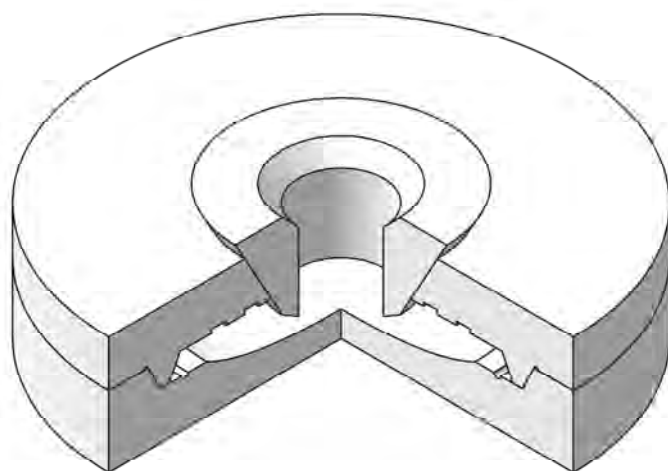


Рисунок 2.2 – Кокиль для выполнения лабораторной работы

### 2.3 Технологический процесс изготовления отливки

Рабочую поверхность кокиля и металлических стержней очищают от загрязнений. Затем на рабочую поверхность кокиля наносят теплозащитные покрытия для предохранения его стенок от воздействия высоких температур заливаемого металла, регулирования скорости охлаждения отливки, улучшения заполняемости кокиля, облегчения извлечения отливки и т. д.

Теплозащитные покрытия готовят из огнеупорных материалов (пылевидного кварца, молотого шамота, графита, мела и др.), связующего (жидкого стекла и др.) и воды. Заключительная операция подготовки кокиля – нагрев его до 150...350 °С. После сборки кокиля заливку металла осуществляют разливочным ковшем. Затем отливки охлаждают и выталкивают из кокиля. После этого отливки подвергают обрубке, очистке и, в случае необходимости, термической обработке.

### ***Порядок выполнения работы и содержание отчета***

1 Ознакомиться с сущностью и технологией кокильного литья.

2 Подготовить кокиль к заполнению металлом, выполнив следующие операции: рабочую поверхность кокиля очистить от загрязнений; нанести теплозащитное покрытие – силиконовое масло; произвести сборку кокиля согласно рисунку 2.2; нагреть кокиль до 70...80 °С.

3 Получить отливку посредством заполнения кокиля расплавленным металлом.

4 Охладить заполненную форму до 30...40°С, произвести разборку кокиля и извлечь отливку.

5 Начертить эскиз полученной отливки.

6 Сделать выводы по результатам контроля отливки. Обнаружив дефекты, определить причину их возникновения.

### ***Контрольные вопросы***

1 Сущность и область применения литья в кокиль.

2 Достоинства и недостатки литья в кокиль.

3 Классификация кокилей.

4 Технологический процесс изготовления отливки.

5 Виды дефектов при литье в кокиль.

## **3 Лабораторная работа № 3. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией**

***Цель работы:*** изучение влияния деформации в холодном состоянии на изменение твердости металла и снятие наклепа за счет рекристаллизации.

***Оборудование и инструмент:*** гидравлический пресс «Титан НД-50»; твердомер ТК-2; электропечь; измеритель температуры; стальной образец диаметром 5...8 мм и высотой 6...10 мм (с температурой плавления 1500 °С); измерительный инструмент; щипцы.



Работа включает в себя следующие этапы.

1 Осадка заготовки с различной степенью на гидравлическом прессе, регистрация изменений высоты и твердости заготовки, установление зависимости твердости HRB от степени обжатий  $\epsilon$ .

2 Снятие наклепа рекристаллизацией.

### 3.1 Основные теоретические положения

При пластическом деформировании металлов в холодном состоянии наряду с изменением формы и структуры происходит изменение их механических и физико-химических свойств. Увеличиваются предел прочности, твердость, понижаются характеристики пластичности (ударная вязкость, относительное удлинение), уменьшаются электропроводность, теплопроводность, сопротивление коррозии. Совокупность изменений механических и физико-химических свойств в результате холодной пластической деформации называется **упрочнением** или **наклепом**.

Упрочнение металла в процессе пластической деформации (наклеп) объясняется увеличением числа дефектов кристаллического строения (дислокаций, вакансий, межузельных атомов). Пластическая деформация происходит за счет смещения слоев металла по плоскостям скольжения (сдвиговой процесс). Все дефекты кристаллического строения затрудняют скольжение слоев металла, а следовательно, повышают сопротивление деформации и уменьшают пластичность.

Наклеп зачастую является нежелательным, т. к. приводит к образованию трещин и увеличению усилий деформирования и подлежит устранению или снятию. Устраняют наклеп посредством рекристаллизационного отжига. **Рекристаллизация** – это процесс, при котором в результате теплового воздействия (нагрева) происходит перестройка кристаллов холоднодеформированного металла, зарождение и рост новых кристаллов с неискаженной решеткой и значительно меньшей плотностью дефектов. При этом материал после рекристаллизации имеет равновесную структуру, близкую к структуре металла до пластической деформации.

Процесс рекристаллизации происходит при температуре выше температуры рекристаллизации, определяемой для чистых металлов по формуле Бочвара

$$T_{рек.} = 0,4T_{пл.},$$

где  $T_{рек.}$  и  $T_{пл.}$  – температуры рекристаллизации и плавления по шкале Кельвина.

По шкале Цельсия формула имеет вид:

$$t_{рек.} = 0,4 (t_{пл.} + 237) - 237.$$

В результате рекристаллизации металла наклеп снижается, металл разупрочняется.





### 3.2 Работа на оборудовании

1 **Твердомер** (см. фото на рабочем месте) – используется прибор ТК-2, предназначенный для определения твердости по методу Роквелла. Сущность этого метода состоит в том, что твердость образца определяют по глубине вдавливания в него алмазного конуса или стального шарика. При определении твердости закаленных изделий применяют наконечник с алмазным конусом, твердость отсчитывается по шкале «С» (черная шкала) индикатора 7 и обозначается HRC. При определении твердости мягких (незакаленных) изделий применяют наконечник со стальным шариком и твердость отсчитывается по шкале «В» (красная шкала) и обозначается HRB.

Для выполнения этой работы на приборе установлен наконечник 1 со стальным шариком. Практика определения твердости на приборе состоит в следующем: включить прибор в электросеть; включить тумблер 2 (на приборе загорится лампочка); испытываемый образец установить на опорный столик 3 против наконечника; вращением маховика 5 поджимать образец к наконечнику до тех пор, пока малая стрелка индикатора не станет против красной точки (т. е. вертикально), а большая при этом займет положение «0» красной шкалы; легким кратковременным нажатием (нажать и сразу отпустить) вниз клавиши 6 включить механизм нагружения и ждать полного успокоения стрелок индикатора; отсчитать по красной шкале индикатора значение твердости.

2 **Гидравлический пресс** «Титан НД-50» (см. фото на рабочем столе) применяется для деформирования образцов. Технология деформирования состоит в следующем: образец установить под поршнем в центре стола. Затем для запуска хода штока подать рукоять распределителя на себя, чтобы зажать образец. Для подачи питания на электрооборудование пресса переключить тумблер в положение «On». Когда питание будет подано, загорятся лампочка «Сеть» и экран контролера. Нажатием кнопки «Пуск» осуществить запуск электродвигателя и насоса. Через некоторое время на прессе будет достигнуто необходимое усилие. Обеспечив заданное усилие, нажать кнопку «Стоп», что приведет к остановке электродвигателя и выключению насоса. После этого, для обратного хода штока, рукоять распределителя подать от себя, образец извлечь и произвести измерение высоты и твердости.

Деформирование повторяется при усилиях 50, 100, 150 и 200 кН.

3 **Печь** применяется в работе для проведения рекристаллизации. Образец помещается и извлекается из печи специальными щипцами, печь при этом должна быть выключена, а температура в ней – 600...700 °С.

4 **Измеритель температуры** применяется для определения температуры в печи.

5 **Штангенциркуль** применяется для измерения высоты образца с точностью до 0,1 мм.

## Порядок выполнения работы

- 1 Включить печь в электросеть.
- 2 Вычертить таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты экспериментов

Результат измерений						Результат вычислений		
Усилие деформирования, кН	Высота до деформации $H$	Высота после деформации $h$	Твердость до деформации HRB	Твердость после деформации HRB	Твердость после рекристаллизации HRB	Действительная температура рекристаллизации $t$ , °С	Степень обжатия образца $\varepsilon$	Рассчитанная температура рекристаллизации $t$ , °С
50								
100	–		–		–	–		–
150	–		–		–	–		–
200	–		–		–	–		–

3 Измерить высоту образца до деформации  $H$  и записать ее значение.

4 Измерить твердость образца до деформации и записать в таблицу 3.1.

5 Образец подвергнуть деформации, доведя усилие пресса до 50 кН.

6 После обжатия образца измерить его высоту и твердость и записать их значения в соответствующей строке таблицы.

7 После проведения четырех обжатий и соответствующих измерений образец установить в нагретую до температуры 600...700 °С печь на 20 мин для рекристаллизации.

8 По истечении 20 мин образец вынуть из печи, положить на подставку и охладить на воздухе в течение 5 мин.

9 После охлаждения образца измерить его твердость HRB и записать в колонку «твердость после рекристаллизации».

10 Заполнить таблицу отчета, вычислив для каждой стадии формирования степень обжатия по формуле

$$\varepsilon = \frac{H - h}{H} \cdot 100 \%,$$

где  $H$  – высота образца до деформации, мм;

$h$  – высота образца после деформации, мм.

По потенциометру снять значение действительной температуры рекристаллизации.

11 Убрать рабочее место.

## Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Оборудование: твердомер: марка прибора; тип установленного накопника; пределы измерения по шкале «В»; цена деления; условная запись твердости по шкале «В»; гидропресс: максимальное усилие; назначение в данной работе; печь: назначение в данной работе; цена деления шкалы; пределы измерения температуры.

3 Основные формулы и результаты экспериментов:

- формула для определения степени обжата;
- формула для определения температуры рекристаллизации  $t_{рек.}, ^\circ\text{C}$ .

4 График зависимости твердости от степени деформации.

5 Выводы: указать, как изменяется твердость металла вследствие его холодной деформации; указать, как влияет рекристаллизация на изменение твердости наклепанного металла.

## 4 Лабораторная работа № 4. Влияние перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации, рекристаллизации на изменение микроструктуры

**Цель работы:** изучение влияния перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации и рекристаллизации на изменение микроструктуры стали.

**Оборудование:** микроскоп МИМ-7, набор стальных микрошлифов.

### 4.1 Основные теоретические положения

**4.1.1 Перегрев.** При нагреве стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала (1000...1300 °С) происходит интенсивный рост зерна металла (рисунок 4.1).

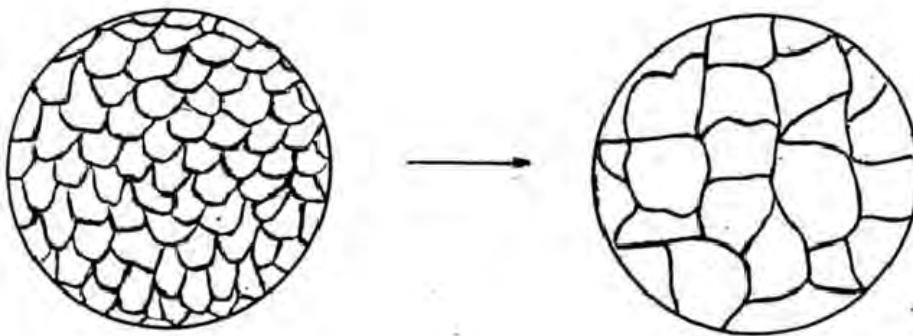


Рисунок 4.1 – Влияние перегрева на микроструктуру металла

Согласно второму закону термодинамики любая система стремится к снижению количества свободной энергии. У группы мелких зерен площадь поверхности значительно больше, чем у одного крупного зерна, имеющего тот же объем. Термодинамически выгодно иметь меньшую площадь поверхности, поэтому в условиях, обеспечивающих диффузию (нагрев), происходит коагуляция группы зерен в одно большое зерно.

Перегретый металл после охлаждения характеризуется крупнозернистой структурой с резкими прямолинейными границами между структурными составляющими, имеет пониженные механические свойства, особенно ударную вязкость. Перегрев может иметь место и при более низкой температуре, если металл нагревается чрезмерно долго. Склонность сталей к перегреву зависит от их химического состава и существенно понижается в случае введения в сталь небольших количеств ванадия, титана, алюминия, бора.

Перегрев является браком нагрева. Структуру перегретой стали в большинстве случаев можно исправить рекристаллизационным отжигом.

**4.1.2 Пережог.** При нагреве стали до температуры, значительно превышающей верхний предел температурного интервала обработки давлением, близкой к температуре плавления, имеет место пережог. При пережоге наряду с ростом зерна происходит окисление границ, связанное с увеличением интенсивности диффузии кислорода вдоль границ зерен, или даже частичное оплавление (рисунок 4.2).

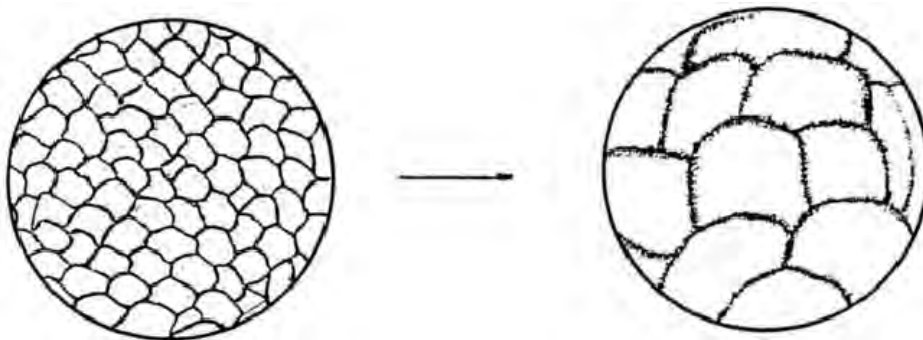


Рисунок 4.2 – Влияние пережога на микроструктуру металла

В результате окисления границ зерен механическая связь между зернами ослабевает, металл теряет пластичность и становится хрупким. Такой материал совершенно непригоден для изготовления изделий. Пережог является неисправимым браком нагрева и изделие приходится отдавать на переплавку.

**4.1.3 Обезуглероживание.** При нагреве стали в присутствии кислорода происходит обезуглероживание, сущность которого состоит в выгорании углерода в поверхностном слое на глубину 1,5...2 мм, а вместе с изменением химического состава изменяются структура (в обезуглероженном слое отсутствуют темные зерна) (рисунок 4.3). Обезуглероживание резко снижает прочностные свойства поверхностного слоя. Для уменьшения окисления металла и предохранения деталей от обезуглероживания при термической обработке применя-

ют электронагрев, а также безокислительные (защитные) газы, которые вводят в рабочее пространство печи.

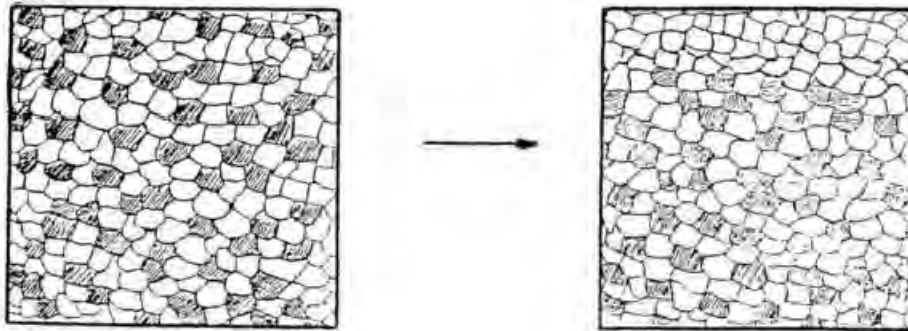


Рисунок 4.3 – Влияние обезуглероживания на микроструктуру металла

**4.1.4 Пластическое холодное деформирование.** При пластическом холодном деформировании металла наряду с изменением его формы происходит изменение микроструктуры (рисунок 4.4). Зерна металла становятся вытянутыми в направлении течения металла при деформации.

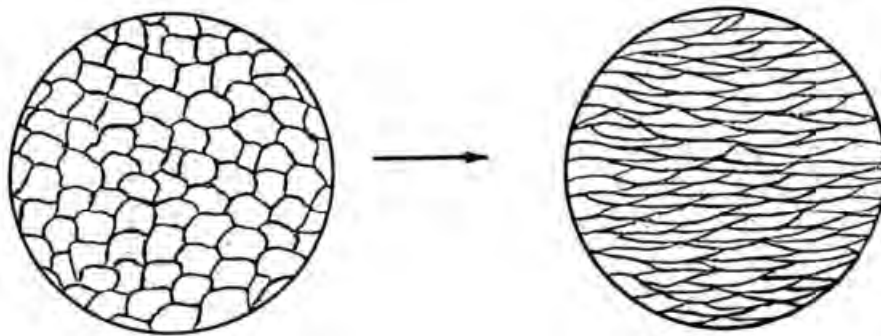


Рисунок 4.4 – Влияние холодной деформации на микроструктуру металла

При деформировании металлов повышается плотность дефектов кристаллического строения (плотность дислокаций) и возрастает сопротивление перемещению слоев металла.

С увеличением степени деформации пределы прочности и текучести, а также твердость увеличиваются, а пластичность (относительное удлинение) и ударная вязкость снижаются. При этом в случае больших степеней пластической деформации в металле могут появляться трещины. Явление упрочнения металлов при пластической деформации называется наклепом.

**4.1.5 Рекристаллизация.** Если холоднодеформированный металл, имеющий вытянутую микроструктуру, подвергнуть нагреву до температуры, составляющей 0,4 от абсолютной температуры плавления или выше ее, то образуются новые равноосные зерна и свойства металла возвращаются к их исходным значениям до деформации. Это связано с тем, что упрочненное в результате пластической деформации состояние неустойчиво и деформированный металл стремится освободиться от искажений кристаллической решетки и запаса накопленной энергии и



перейти в устойчивое состояние. Но при комнатной температуре подвижность атомов недостаточна для упорядочения строения кристаллической решетки. При повышении температуры увеличивается подвижность атомов и происходят процессы, возвращающие металл в устойчивое состояние.

Процесс образования новых центров кристаллизации и новых равноосных зерен в деформированном металле при нагреве, сопровождающийся уменьшением прочности, увеличением пластичности и восстановлением других свойств, называется рекристаллизацией (рисунок 4.5). Рекристаллизацию проводят, к примеру, для наклепанных заготовок перед механической обработкой.

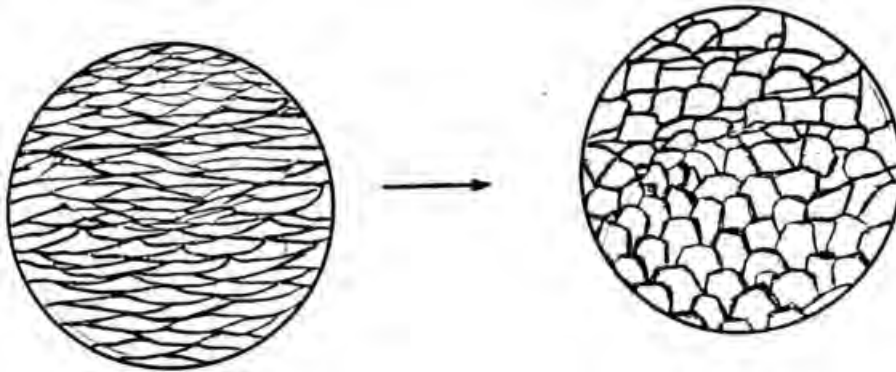


Рисунок 4.5 – Влияние рекристаллизации на микроструктуру деформированного металла

### ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Оборудование и материалы.
- 3 Рисунки микроструктур.
- 4 Выводы о влиянии перегрева, холодного деформирования и рекристаллизации на изменение микроструктуры стали.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что происходит при нагревании стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала обработки давлением?
- 2 Как влияет перегрев на механические свойства стали?
- 3 Какой дефект является полностью неустраняемым?
- 4 В каком направлении вытягиваются зерна металла при пластическом холодном деформировании?
- 5 Чем объясняется упрочнение металла в процессе пластической деформации?
- 6 В чем заключается процесс рекристаллизации?

## 5 Лабораторная работа № 5. Прессование и ковка

**Цель работы:** изучение основных положений получения изделий методом прессования и ковки; ознакомление с применяемым инструментом и оборудованием.

**Оборудование и инструмент:** гидравлический пресс; технологическая оснастка для прямого и обратного прессования; ознакомление с основными операциями ковки и методами определения температурного интервала обработки давлением.

### 5.1 Прессование

Прессование является одним из высокопроизводительных и экономичных способов обработки металлов и сплавов, которым можно получать любые профили. Оно заключается в выдавливании металла из замкнутого объема через отверстие в матрице. Исходной заготовкой для прессования является слиток или круглый прокат. Получаемый профиль прессованного изделия соответствует сечению этого отверстия. Данным способом изготавливают заготовки в виде прутков диаметром до 250 мм, проволоки диаметром 5...10 мм, трубы с наружным диаметром до 400 мм и толщиной стенки 1,5...12 мм, а также различные профили сложного сечения (рисунок 5.1). Прессование металла происходит в условиях всестороннего неравномерного сжатия. При такой схеме деформирования металл наиболее пластичен, поэтому прессованием можно обрабатывать как пластичные, так и малопластичные сплавы: медные, алюминиевые, магниевые, титановые, стали и др. Коэффициент, характеризующий степень деформации и определяемый как отношение площади сечения заготовки к площади сечения прессуемого профиля, при этом составляет 10...50.

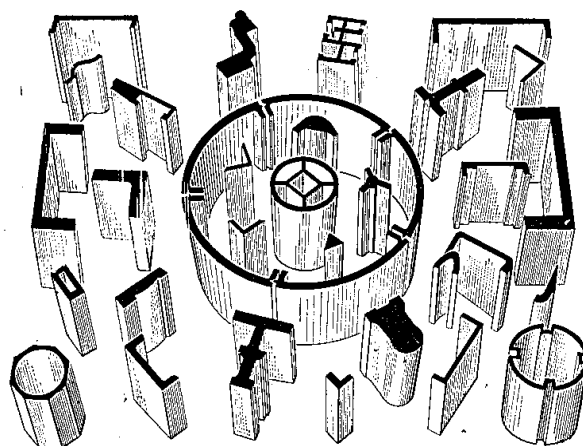
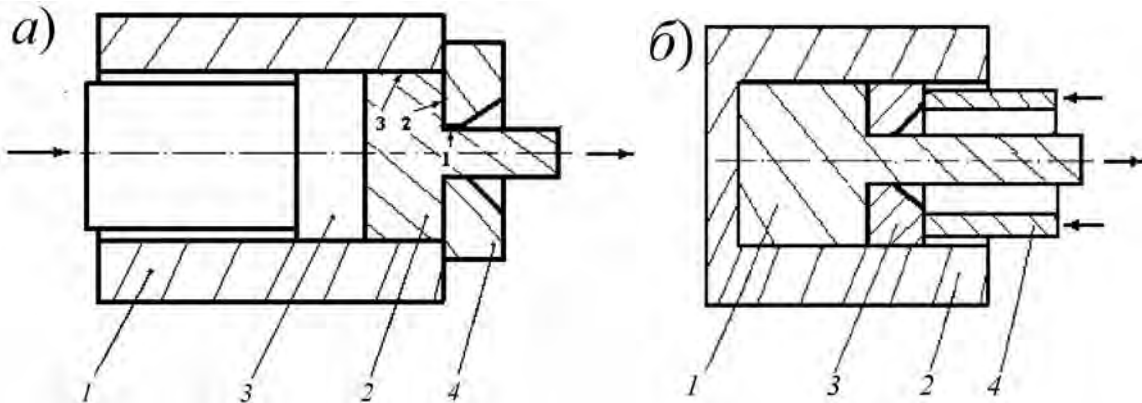


Рисунок 5.1 – Прессованные профили

## 5.2 Методы прессования

Различают прямое и обратное прессование (рисунок 5.2).



*a* – прямое; *б* – обратное

Рисунок 5.2 – Основные схемы прессования

При *прямом прессовании* (см. рисунок 5.2, *a*) технологическая оснастка с плоской матрицей состоит из трех участков: цилиндрического калибрующего пояса *1*; зоны деформации *2*; зоны контейнера *3*, являющейся цилиндрическим каналом для размещения исходной заготовки. Усилие на пуансоне складывается из совокупности сил сопротивления движению материала на указанных участках. При данной схеме направление выхода металла через отверстие матрицы *4* совпадает с направлением движения пуансона, давление которого на заготовку *2* передается через пресс-шайбу *3*. Часть заготовки, которая остается в контейнере *1*, называют пресс-остатком. Данный метод характеризуется более высокими усилиями при прессовании, но относительно простой оснасткой. Масса пресс-остатка, при данной схеме прессования, составляет обычно 8...12 % от массы слитка.

При *обратном прессовании* (см. рисунок 5.2, *б*) матрица *3* устанавливается в конце полого пуансона *4* и металл вытекает в направлении, обратном перемещению пуансона. Этот метод характеризуется меньшими отходами (масса пресс-остатка на 30 % меньше) и меньшим (приблизительно на 30 %) усилием прессования (рисунок 5.3), но из-за сложности оборудования он находит ограниченное применение.

Оборудованием для прессования служат горизонтальные и вертикальные гидравлические прессы. К достоинствам прессования относятся: высокая производительность процесса; максимальная пластичность материала (из-за реализации схемы всестороннего сжатия); высокая гибкость процесса (легкость переналадки на изготовление другого профиля по сравнению с прокатыванием, т. е. выгодно изготавливать даже малые серии профилей); высокая точность (прессованные изделия более точны, чем катаные).

К недостаткам процесса можно отнести: значительные (до 20 % от массы заготовки) отходы металла в пресс-остаток; низкая стойкость технологической

оснастки, обусловленная тем, что контейнеры и матрицы находятся в тяжелых температурно-силовых условиях.

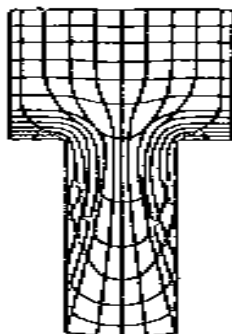


Рисунок 5.3 – Схема течения слоев металла при прямом прессовании

### *Ход работы*

Получить изделия из пластилина и зарисовать схемы течения слоев в них.

1 Получить пруток заданного профиля из пластилина методом прямого прессования.

1.1 Установить исходную заготовку (цилиндр) внутрь контейнера.

1.2 Установить пуансон в канал матрицы и произвести прессование.

1.3 Полученное изделие извлечь из технологической оснастки.

1.4 Разрезать изделие вдоль оси с помощью ножа и зарисовать схему расположения слоев.

2 Изготовить стакан методом обратного прессования из пластилина.

2.1 Смазать канал матрицы и торец пуансона силиконовой смазкой.

2.2 Установить исходную заготовку и пуансон в канал матрицы.

2.3 Произвести процесс прессования.

2.4 Извлечь изделие, разрезать вдоль оси с помощью ножа и зарисовать схему расположения слоев.

3 Изготовить стакан методом обратного прессования из оловянного сплава.

3.1 Смазать канал матрицы и торец пуансона силиконовой смазкой.

3.2 Установить исходную заготовку и пуансон в канал матрицы.

3.3 Произвести процесс прессования.

3.4 Извлечь изделие и провести контроль качества.

### **5.3 Ковка**

Ковка – процесс деформирования нагретой заготовки между верхним и нижним бойками молота с помощью универсального инструмента (рисунок 5.4). Нагрев осуществляют с целью повышения пластичности металла и снижения его сопротивления деформированию. При горячей деформации также происходит упрочнение металла (горячий наклеп), но оно полностью снимается в процессе рекристаллизации, вследствие этого пластичность металла повышается, а сопротивление деформации примерно в 10 раз снижается.

Ковка может быть машинной и ручной. Ручная ковка применяется в основном в ремонтном деле для мелких работ. Кованые заготовки для последующей обработки называются поковками. Ковкой получают поковки массой от 0,1 кг до 300 т. Самую сложную поковку можно получить, выполняя в определенной последовательности основные операции ковки: протяжку, осадку, прошивку, гибку, закручивание, рубку.

**Протяжку** (вытяжку) применяют для увеличения длины заготовки и уменьшения ее поперечного сечения (рисунок 5.4, а). Протяжку можно выполнять плоскими и фигурными бойками. Ковка в фигурных бойках (рисунок 5.4, б) позволяет избежать ковочных трещин при ковке низкопластичных сталей и получить более точные поковки.

Разновидности протяжки: разгонка (расширение части заготовки); протяжка полого цилиндра на оправке, применяемая при ковке барабанов, труб; раскатка (раздача) колец на цилиндрической оправке для увеличения диаметра (рисунок 5.4, в).

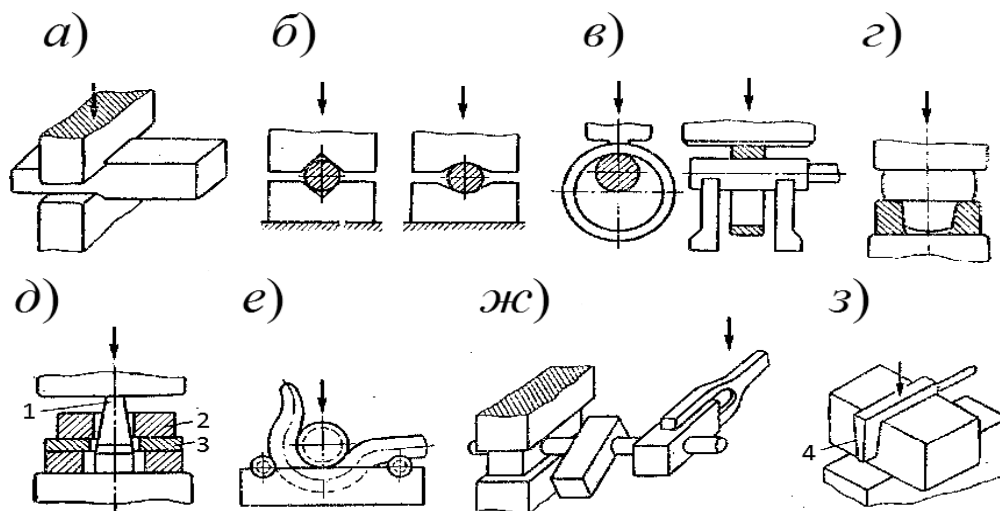


Рисунок 5.4 – Основные операции ковки

**Осадка** – увеличение поперечного сечения исходной заготовки за счет уменьшения ее высоты. Местное утолщение заготовки называется *высадкой* (рисунок 5.4, з).

**Прошивка** – получение в заготовке сквозного отверстия или углубления. Для выполнения этой операции применяют сплошные и пустотелые (для диаметров 400...900 мм) прошивни (рисунок 5.4, д). Прошивку сквозных отверстий в тонких поковках 2 производят с подкладными кольцами 3 (см. рисунок 5.4, д).

**Гибка** применяется для изготовления крюков, коленвалов, скоб и т. п. При гибке могут использоваться подкладки и специальные приспособления (рисунок 5.4, е).

**Закручивание** – поворот одной части заготовки относительно другой на заданный угол. Применяется при изготовлении коленвалов, сверл и т. п. При закручивании используют ключи, воротки, лебедки (рисунок 5.4, ж).



**Рубка** применяется для разделения заготовки на части, отделения излишка металла и с целью образования в поковке уступов, заплечиков (*надрубка*). Инструментом для рубки служат прямые и фигурные топоры и зубила 4 (рисунок 5.4, з).

Чертеж поковки составляется на основании чертежа готовой детали с учетом допусков на поковку, припусков на механическую обработку и напусков (рисунок 5.5, а).

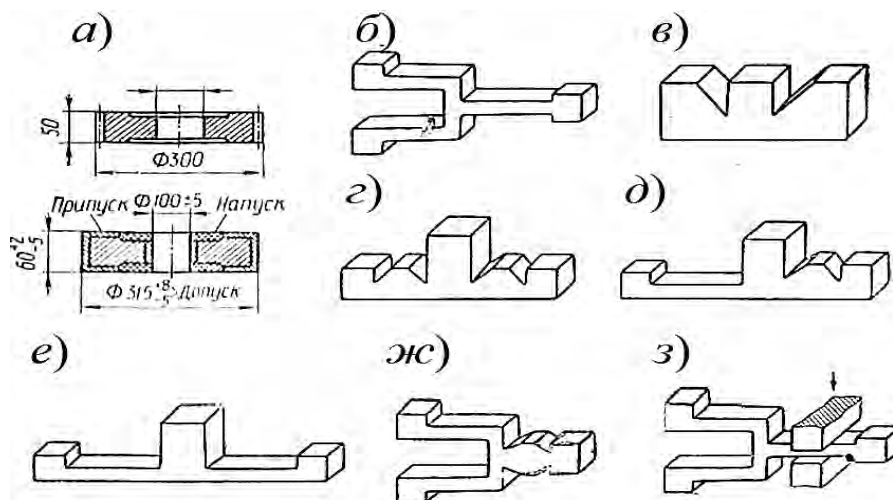


Рисунок 5.5 – Чертеж поковки (а) и схемы процессаковки рычага с вилкой (б–з)

Для деталей сложной формы (с фланцами, уступами, выемками) форма поковки упрощается. Увеличенный в таком случае припуск называется напуском. Выбор операцийковки зависит от формы поковки и технических требований на нее. На рисунке 5.5 показана схема технологического процессаковки рычага с вилкой (рисунок 5.5, б), включающая операции протяжки (рисунок 5.5, г–з), надрубки (рисунок 5.5, в, г, ж) и гибки (рисунок 5.5, ж).

### Ход работы

- 1 Нагреть печь до необходимой температуры и поместить в нее заготовку.
- 2 После нагрева заготовки до температуры начала обработки давлением извлечь ее из печи, установить на наковальню, после чего произвести заданную преподавателем операциюковки.
- 3 После окончанияковки зарисовать эскизы исходной заготовки и полученной поковки.
- 4 С помощью основных операцийковки моделировать процесс получения поковки рычага с вилкой из кубика пластилина.

## ***Содержание отчета***

- 1 Цель работы.
- 2 Основные теоретические положения (схема прямого и обратного прессования, состав технологической оснастки, преимущества и недостатки прессования).
- 3 Схемы течения слоев материала при прямом и обратном прессовании, а также на основных операцияхковки.

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Объясните сущность процесса получения заготовок прессованием.
- 2 Укажите состав технологической оснастки для прессования.
- 3 Преимущества и недостатки прямого и обратного прессования.
- 4 Какие профили возможно получить методом прессования, укажите области их применения.
- 5 Перечислите основные операцииковки, необходимые для получения топора (крюка, коленчатого вала) из призматической заготовки.

## **6 Лабораторная работа № 6. Обработка деталей на токарных станках**

***Цель работы:*** ознакомление с токарно-винторезным станком, назначением и действием основных узлов токарного станка, а также с видами работ, выполняемых на указанном станке.

***Оборудование:*** токарно-винторезный станок 16К20; набор необходимого режущего инструмента.

### ***6.1 Устройство токарно-винторезного станка***

Основные части токарно-винторезного станка (рисунок 6.1): станина 1, передняя бабка 6, задняя бабка 11, коробка подач 3, суппорт 7.

***Станина 1*** предназначена для закрепления на ней неподвижных и перемещения по направляющим подвижных частей станка (суппорт, задняя бабка).

***В передней бабке 6*** размещен главный вал – шпиндель с закрепленным на нем патроном, передающим вращение заготовке, а также коробка скоростей 5, от которой шпиндель получает вращение с необходимой частотой.

***Задняя бабка 11*** предназначена для поддержания с помощью центра правого конца заготовки, а также для закрепления в коническом отверстии пиноли сверла, зенкера или развертки при обработке отверстий в заготовке.

***Коробка подач 3*** является составной частью механизма подач, получающего движение от шпинделя через гитару сменных зубчатых колес и передающего его ходовому винту или ходовому валу, от которых через механизмы фартука 10 движение передается суппорту 7.



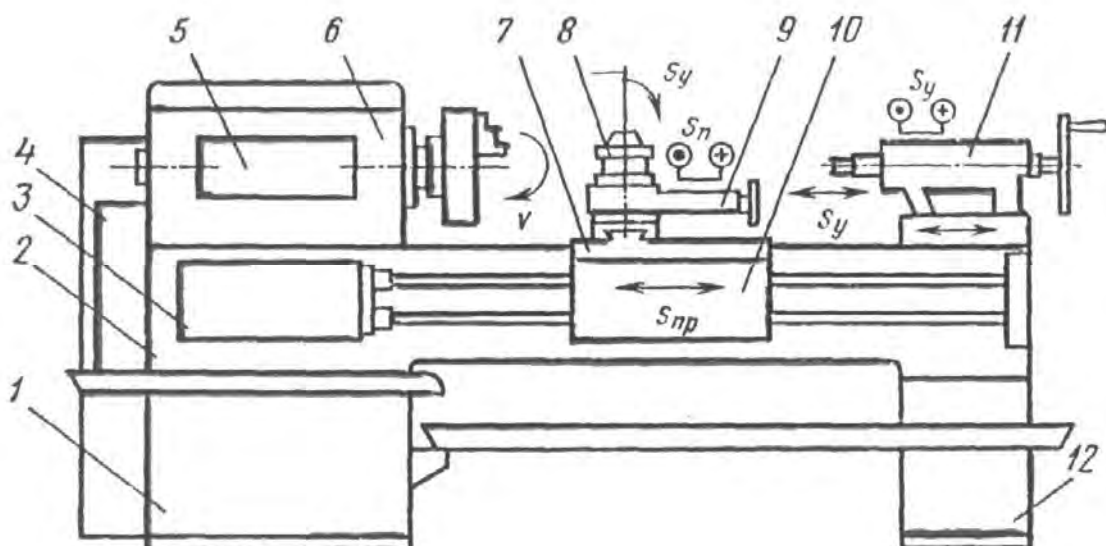


Рисунок 6.1 – Общий вид токарно-винторезного станка 16К20

**Суппорт** 7 служит для закрепления инструментов в установленном на нем четырехгранном резцедержателе 8. Суппорт состоит из продольных и поперечных салазок, которые могут перемещаться по направляющим вручную или автоматически, резцовых салазок (каретки) 9, которые перемещаются по направляющим только вручную. Резцовые салазки (каретку) можно поворачивать на любой угол в пределах  $\pm 90^\circ$  и закреплять в этом положении, что необходимо при обработке конических поверхностей.

## 6.2 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках

Для обработки на станках токарной группы наряду с основным вращательным движением заготовки, закрепленной в патроне, необходимо продольное или поперечное перемещение режущего инструмента.

**Внешние цилиндрические** поверхности обрабатывают проходными прямыми, отогнутыми, упорными, с закругленной вершиной для чистовой обработки резцами соответственно (рисунок 6.2, поз. 7, 8, 9, 11).

**Плоскости** обрабатывают проходными прямыми и отогнутыми, подрезными с поперечной подачей (рисунок 6.2, поз. а, б, в), упорными при продольной подаче (см. рисунок 6.2, поз. 11) резцами.

**Прорезание** канавок и отрезка заготовки выполняется с поперечной подачей канавочными и отрезными резцами (рисунок 6.2, поз. 3, 5, 6; рисунок 6.2, поз. г, д).

**Растачивают** (увеличивают диаметр) цилиндрические отверстия расточными резцами (рисунок 6.2, поз. 12 и 13).

**Фасонные** (сложной формы) **поверхности** небольшой длины обрабатывают резцами с поперечной подачей (рисунки 6.2, поз. 15 и рисунок 2.4, поз. 7). Профиль режущей кромки фасонного резца должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

**Нарезание резьбы.** На токарном станке внешнюю резьбу можно нарезать резцом (рисунок 6.2 поз. 10) или плашкой, а внутреннюю – резцом (рисунок 6.2, поз. 14) или метчиком.

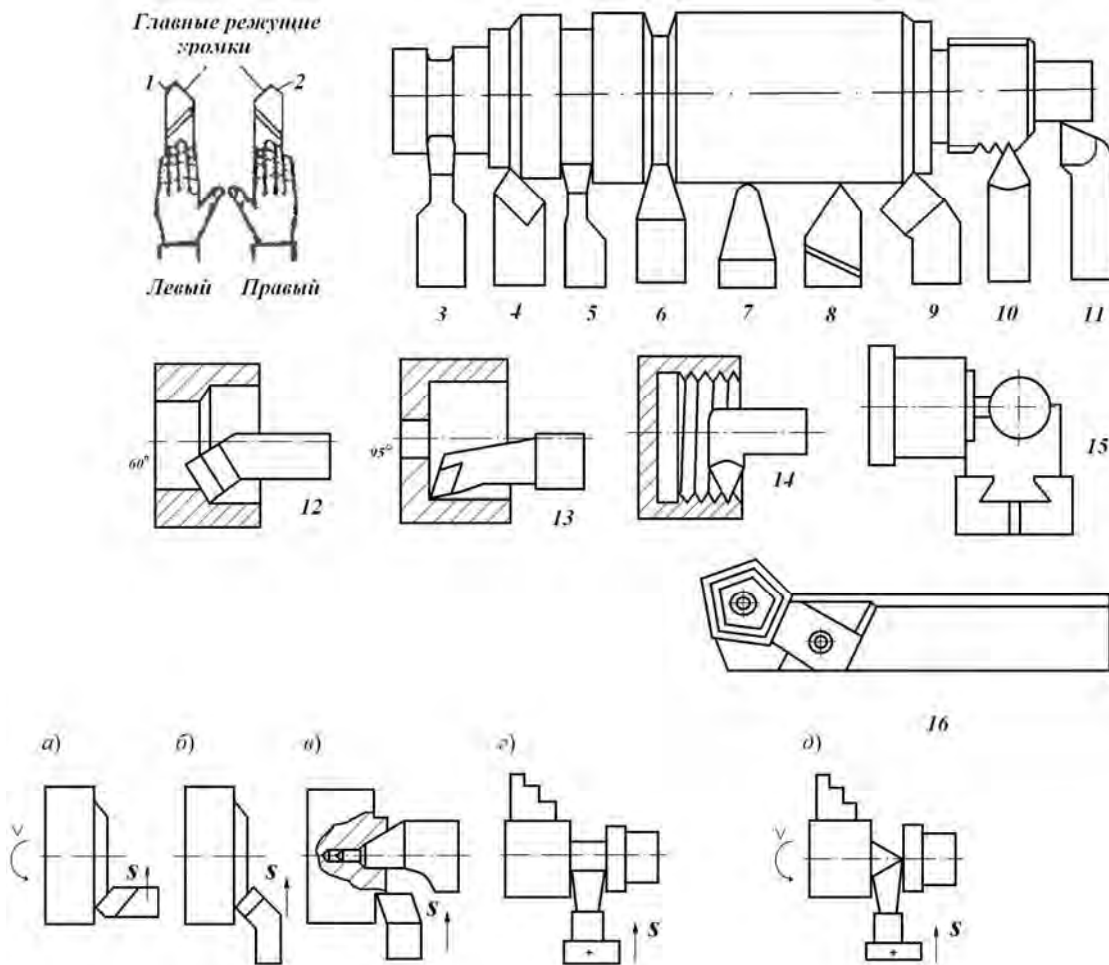


Рисунок 6.2 – Виды работ, выполняемых на токарном станке

### Содержание отчета

- 1 Назначение и область применения токарно-винторезного станка.
- 2 Виды работ, выполняемых на токарных станках и виды инструментов, применяемых для их исполнения.
- 3 Упрощенная схема токарно-винторезного станка и назначение его основных узлов.

### Контрольные вопросы

- 1 Инструмент, применяемый для обработки различных поверхностей.
- 2 Основные узлы токарного станка и их назначение.
- 3 Основные виды работ, выполняемые на токарных станках.

## 7 Лабораторная работа № 7. Изучение фрезерного станка 676 и наладка его на обработку плоскости

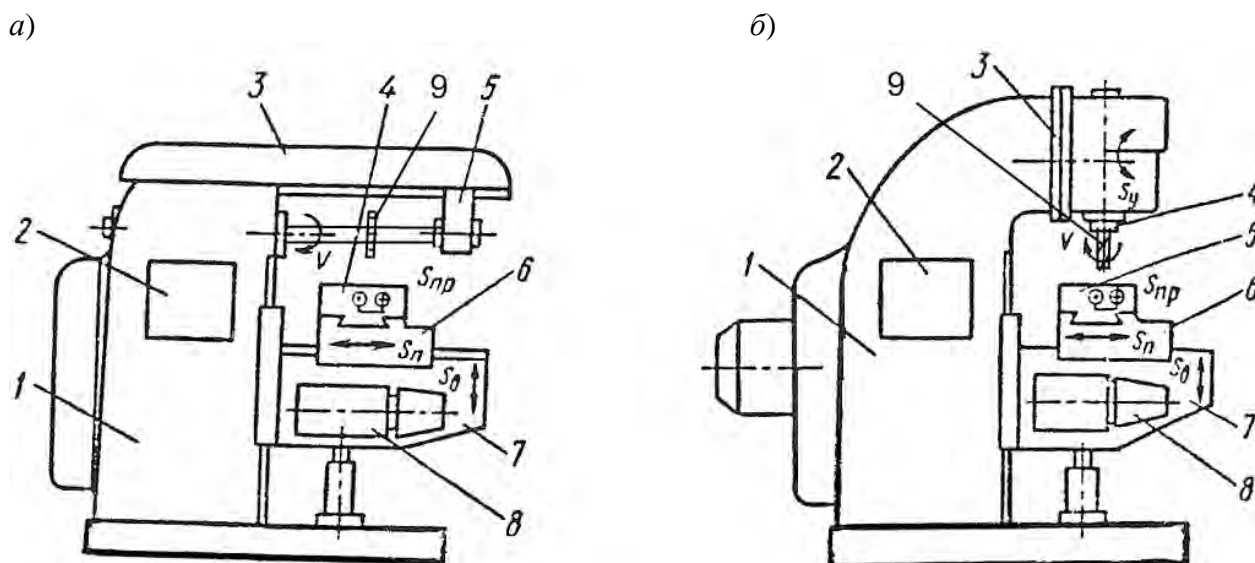
**Цель работы:** ознакомление с назначением фрезерных станков, устройством и действием их основных узлов.

**Оборудование:** универсальный фрезерный станок модели 676 с тисками; заготовка для фрезерования плоскости; набор необходимого монтажного и мерительного инструмента; набор фрез.

### 7.1 Общие положения

7.1.1 *Типы фрезерных станков.* После станков токарной группы фрезерные являются наиболее распространенными металлорежущими станками.

**Горизонтально-фрезерный станок** (рисунок 7.1, а) состоит из таких основных частей, как станина с фундаментной плитой 1, консоль 7, поперечные салазки 6 со столом 4, хобот 3, подвеска (одна или две) 5, фреза 9. Внутри станины размещена коробка скоростей 2, а внутри консоли – коробка подач 8.



а – горизонтально-фрезерный; б – вертикально-фрезерный

Рисунок 7.1 – Общий вид фрезерных станков

**Главным движением** служит вращение шпинделя (главного вала). По вертикальным направляющим станины может перемещаться консоль, осуществляя вертикальную подачу  $S_b$ , а по направляющим консоли – поперечные салазки, осуществляя поперечную подачу  $S_n$ . Заготовку с помощью какого-либо устройства устанавливают на столе станка, который, перемещаясь по направляющим поперечных салазков, осуществляет продольную подачу  $S_{np}$ . Подвеска с подшипником служит для поддержания конца установленной в шпинделе станка длиной оправки с фрезой.



**Главным движением** служит вращение шпинделя (главного вала). По вертикальным направляющим станины может перемещаться консоль, осуществляя вертикальную подачу  $S_v$ , а по направляющим консоли – поперечные салазки, осуществляя поперечную подачу  $S_n$ . Заготовку с помощью какого-либо устройства устанавливают на столе станка, который, перемещаясь по направляющим поперечных салазок, осуществляет продольную подачу  $S_{np}$ . Подвеска с подшипником служит для поддержания конца установленной в шпинделе станка длиной оправки с фрезой.

**Вертикально-фрезерный станок** устроен аналогично горизонтально-фрезерному, но ось шпинделя у него расположена вертикально (рисунок 7.1, б). Фрезерование на этих станках осуществляют торцевыми и концевыми фрезами.

**Универсально-фрезерный станок** отличается от горизонтально-фрезерного только тем, что между поперечными салазками и столом расположена поворотная часть, благодаря которой стол может быть повернут в горизонтальной плоскости на необходимый угол.

**7.1.2 Основные типы фрез.** В зависимости от способа крепления фрез на станке различают фрезы **концевые** (см. набор типовых фрез), имеющие отверстие и закрепляемые на оправке. Их применяют для обработки пазов, плоскостей, фасонных поверхностей.

**Цилиндрические** фрезы имеют зубья только на цилиндрической поверхности и используются для обработки поверхностей.

**Торцевые** фрезы имеют зубья на торце и боковой поверхности. Их изготавливают цельными и со вставными зубьями и применяют для обработки горизонтальных поверхностей.

**Дисковые** фрезы применяют при фрезеровании прямолинейных пазов, канавок и плоскостей.

**Отрезные и шлицевые** фрезы – дисковые фрезы малой толщины, предназначенные для разрезания материалов и прорезания узких канавок.

**Угловые** фрезы с зубьями, расположенными на конической и торцевой поверхностях, используют для прорезания канавок углового профиля.

**Фасонные** фрезы находят применение при обработке деталей сложного, чаще криволинейного профиля.

**Пальцевой** фрезой нарезают зубья крупномодульных зубчатых колес.

## 7.2 Описание станка модели 676

**7.2.1 Назначение и устройство станка.** Широкоуниверсальный фрезерный станок 676 предназначен как для горизонтального фрезерования изделий цилиндрическими, дисковыми, фасонными фрезами, так и для вертикального фрезерования торцевыми, концевыми и шпоночными фрезами. Наличие поворотной шпиндельной головки и ряд прилагаемых к станку принадлежностей делают станок **широкоуниверсальным** и удобным при изготовлении инструментов, рельефных штампов, пресс-форм и других изделий.

Станок 676 (рисунок 7.2) состоит из чугунного основания 1 с установлен-



ной на нем станиной 2, на верхней части которой на горизонтальных направляющих размещена шпиндельная бабка 5, перемещающаяся по ним вручную с помощью маховика 6.

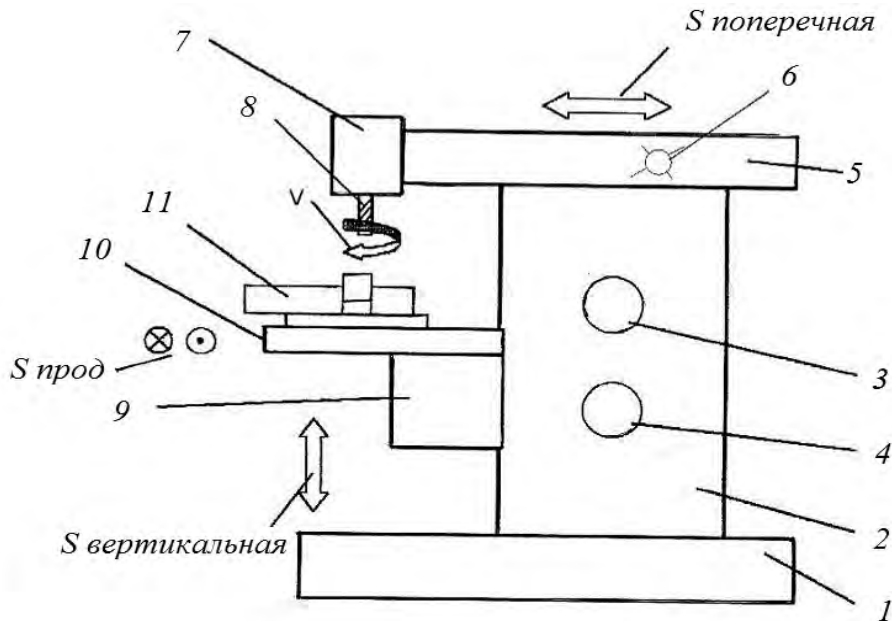


Рисунок 7.2 – Общий вид фрезерного станка модели 676

На торце бабки 5 крепится шпиндельная головка 7, которая может при наладке поворачиваться относительно вертикальной оси на  $90^\circ$  в каждую сторону.

Режущий инструмент – концевая фреза 8 крепится в шпинделе головки 7, а необходимая частота вращения обеспечивается коробкой скоростей 3, расположенной в станине 2.

На вертикальных направляющих станины 2 установлен суппорт 9, снабженный горизонтальными направляющими, на которых размещен стол 10 с установленной на нем заготовкой 11. Вертикальное перемещение суппорта 9 вместе со столом 10 и горизонтальное перемещение стола вдоль направляющих суппорта могут выполняться механически с помощью коробки подач 4, расположенной в станине 2, а также вручную с помощью маховиков.

### 7.2.2 Движения в станке.

**Главное движение** – вращение шпинделя с фрезой.

**Движение подачи** – продольное и вертикальное перемещение стола с заготовкой и горизонтальное перемещение шпиндельной бабки.

**Вспомогательное движение** – перемещения стола, шпиндельной бабки и вращение шпиндельной головки.

### Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Схема станка (см. рисунок 7.2).

- 3 Описание основных узлов станка.
- 4 Описание основных движений станка.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение фрезерных станков и их виды.
- 2 Основные типы фрез.
- 3 Главное движение резания при фрезеровании.
- 4 Виды работ, выполняемых на фрезерных станках.
- 5 Основные узлы и принцип работы фрезерного станка модели 676.

## **8 Лабораторная работа № 8. Освоение практических приемов сварки**

***Цель работы:*** освоение практических приемов ручной дуговой сварки.

***Оборудование:*** сварочный аппарат Minarc 220, электроды ОЗС-4 (MP-3).

***Порядок проведения работы:*** изучить технику сварки (способы зажигания дуги, положения электрода при сварке, способы манипулирования электродом) и освоить практические приемы сварки.

### ***8.1 Общие положения***

***Зажигание сварочной дуги.*** Дугу зажигают коротким прикосновением электрода к изделию (касанием) или чирканьем концом электрода о поверхность металла. Последний предпочтительнее, но он неудобен в узких, труднодоступных местах.

***Положение электрода при сварке.*** Угол наклона электрода к свариваемому изделию и направлению сварки существенно влияет на качественное формирование шва.

Защиту сварочной дуги и жидкой ванны от окружающего воздуха осуществляют газообразующие и шлакообразующие элементы в покрытии электрода.

Газообразующие элементы при плавлении электрода образуют газовый «пузырь», который защищает сварочную дугу и жидкую ванну от воздуха.

Шлакообразующие, превращаясь в жидкий шлак, защищают металл шва и участвуют в металлургических процессах. Сохраняя сварочную ванну в жидком состоянии 2...3 с, шлак позволяет образовавшимся газовым пузырям и шлаковым включениям всплыть на поверхность.

Поддержание металла шва в жидком состоянии более длительное время позволяет сформировать валик правильной формы с плавным переходом к основному металлу и равномерными чешуйками с минимальными перепадами между ними.



Важно, чтобы жидкий шлак укрывал расплавленный металл шва, следуя за жидкой ванной, сохраняя при этом теплоту и тем самым отдаляя время начала кристаллизации шва. При этом сварочная ванна под электродом должна быть свободной от жидкого шлака, что позволяет наблюдать за формированием шва и за проплавлением основного металла. Для этого необходимо сварку выполнять под определенным углом наклона электрода по отношению к изделию и направлению сварки. Существует три положения наклона электрода (рисунок 8.1): сварка «углом вперед»; сварка «под прямым углом»; сварка «углом назад».

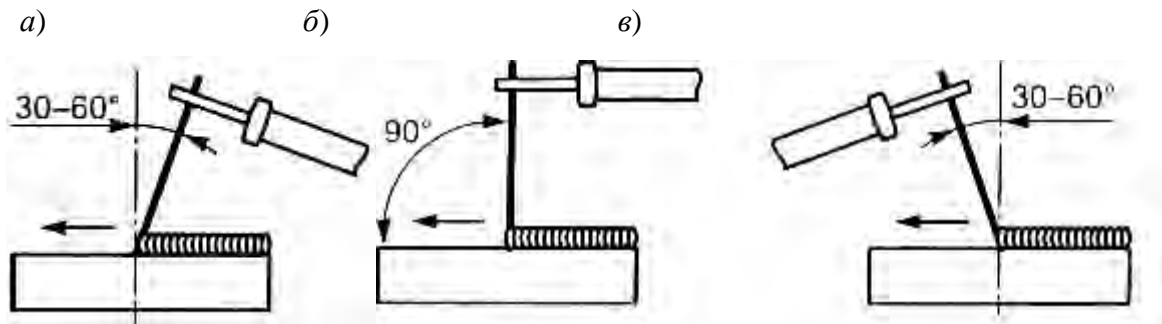


Рисунок 8.1 – Положение электрода при сварке

Наклон электрода влияет на глубину проплавления: максимальная глубина достигается при сварке «углом назад», минимальная глубина – при сварке «углом вперед», средняя глубина – при сварке «под прямым углом».

Сварка «углом вперед» (см. рисунок 8.1, а) осуществляется при движении расплавленного шлака впереди электрода. Он накапливается в большом количестве и натекает на основной металл, что мешает процессу сварки. Сварочная дуга начинает «блуждать», а иногда и гаснет. Сварной шов становится неровным.

Возможны непровары и шлаковые включения. В этом случае необходимо выровнять положение электрода до вертикального.

Сварка «углом вперед» применяется:

- при заварке корневых швов во всех пространственных положениях, когда зазор между кромками увеличен или нестабилен;
- при отклонении сварочной дуги в сторону выполняемого шва;
- в тех случаях, когда жидкий шлак впереди электрода не мешает и когда необходимо минимальное проплавление основного металла;
- при сварке горизонтальных, вертикальных, потолочных швов;
- при сварке неповоротных стыков трубопроводов с толщиной стенки 3 мм.

Сварка «под прямым углом» (см. рисунок 8.1, б) позволяет жидкому шлаку двигаться следом за сварочной ванной, накрывая жидкий металл шва сразу за электродом. Это обеспечивает качественное формирование валика. Поверхность шва имеет плавный переход к основному металлу и характеризуется минимальными перепадами между чешуйками. Жидкий шлак, идущий впереди, легко вытесняется по обе стороны сварочного валика более тяжелым жидким металлом шва. Когда шлак начинает мешать процессу сварки, необходимо наклонить электрод в сторону направления сварки до восстановления нормального процесса.

Сварку «под прямым углом» рекомендуется применять в случаях:

- наплавки поверхностей в нижнем, горизонтальном и потолочном положениях;
- сварки заполняющих слоев и лицевых валиков в стыковых соединениях во всех пространственных положениях;
- сварки, когда не требуется значительного проплавления основного металла и когда шлак впереди электрода не мешает;
- сварки в труднодоступных местах.

Сварка «углом назад» (см. рисунок 8.1, в) является самым распространенным способом. При чрезмерном наклоне электрода жидкий шлак под давлением дуги вытесняется назад. Появляется «оголенный» участок жидкого металла шва, свободный от шлака. Отставание жидкого шлака от сварочной ванны отрицательно сказывается на формировании шва. Происходит быстрое остывание металла шва (кристаллизация).

Данный метод рекомендуется при сварке:

- корневых швов в угловых и стыковых соединениях при минимальном зазоре;
- толстостенных конструкций, когда необходимо получить большую глубину проплавления;
- методом опирания козырька электрода на изделие;
- электродами с рутиловым покрытием марок МР, ОЗС и других, ввиду образования большого количества шлака и его высокой жидкотекучести.

**Окончание сварки.** В конце шва нельзя обрывать дугу сразу. Электрод (рисунок 8.2) перемещают на верхний край сварочной ванны (положения 1, 2) и затем быстро отводят (положение 3) от кратера.

**Манипулирование электродом.** Сварщик электродом осуществляет три основных движения (рисунок 8.3).

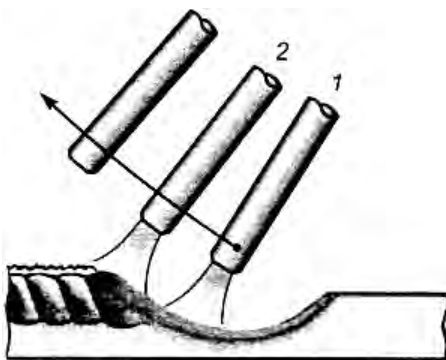


Рисунок 8.2 – Обрыв дуги

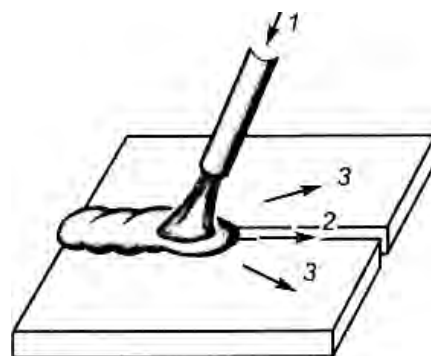


Рисунок 8.3 – Манипулирование электродом

Поступательное перемещение 1 вдоль оси электрода обеспечивает подачу электрода, постоянство длины дуги и скорости плавления. Чем быстрее плавится электрод, тем больше скорость его перемещения вдоль оси.

Прямолинейное перемещение 2 вдоль оси шва обеспечивает необходимую скорость сварки и качественное формирование шва. Скорость этого движения зависит от силы тока, диаметра электрода, скорости его плавления, вида шва и



других факторов. При отсутствии поперечных движений электрода получается узкий шов (ниточный валик) шириной примерно 1,5 диаметра электрода. Такие швы применяют при сварке тонких листов, наложении первого (корневого) слоя многослойного шва и т. д.

Движение электрода в направлении наложения сварного шва может быть быстрым и замедленным. При чрезмерно быстром движении основной металл не успевает расплавляться, кратер не образуется, и основной металл плохо соединяется со сварным швом. При быстром движении электрода сварной шов получается узким, неровным и неплотным. Если движение электрода замедленное, возможны перегрев и пережог металла. В таких случаях обычно образуются подрезы по краям сварного шва, а сам шов получается толстым и широким.

Колебательное перемещение электрода  $Z$  поперек оси шва для прогрева кромок и получения требуемых ширины шва и глубины проплавления позволяет за один проход получать шов шириной до четырех диаметров электрода, а без – 1,5 диаметра.

Поперечные колебательные движения конца электрода (зигзагообразные, треугольником, петлеобразные) определяются формой разделки, размерами и положением шва, свойствами свариваемого материала. Они в процессе перемещения электрода вдоль наплавляемого шва способствуют получению уширенного валика вместо ниточного (при прямолинейных перемещениях). Образуется больше расплавленного металла, он медленнее остывает, чем в случае прямолинейного перемещения конца электрода, и находящиеся в нем газы успевают выйти. В результате уширенные швы получаются менее пористыми, чем сварные швы, выполненные без поперечного перемещения конца электрода (ниточные).

Поперечные движения можно исключить при сварке тонких листов или при прохождении первого (корневого) шва многослойной сварки.

**Влияние угла наклона электрода на форму шва.** При сварке «углом вперед» уменьшается глубина провара и высота выпуклости шва, но заметно увеличивается его ширина, что позволяет использовать этот способ при сварке металла небольшой толщины. Лучше проплавляются кромки, поэтому возможна сварка на повышенных скоростях.

При сварке «углом назад» глубина провара и высота выпуклости увеличиваются, но уменьшается ширина. Прогрев кромок недостаточен, поэтому возможны не сплавления и образование пор.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Преимущества и недостатки различных положений электрода.
- 2 Рекомендуемые области применений сварки с различными положениями электродов.
- 3 Способы манипулирования электродом и их влияние на виды шва и другие факторы.
- 4 Влияние угла наклона электрода на форму шва.



## Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

1 К работе с учебным оборудованием допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при проведении лабораторной работы.

2 Разрешается выполнять только ту работу, которая соответствует учебному плану.

3 Лабораторные работы должны проводиться в соответствии с методическими указаниями и правилами технической эксплуатации соответствующего учебного оборудования.

4 Запрещается выполнять лабораторные работы на оборудовании и установках с неисправностями, которые могут привести к пожарам или поражению электрическим током.

5 Запрещается самостоятельно устранять неисправности оборудования.

6 В лаборатории необходимо соблюдать правила внутреннего распорядка.

**7 Перед началом работы** необходимо провести внешний осмотр оборудования, используемого в лабораторной работе. Убедиться в наличии заземления, огнетушителя, отсутствии оголенной электропроводки.

8 Проверить наличие необходимых для выполнения работы образцов и расходных материалов.

9 Обеспечить свободный доступ к используемому оборудованию.

**10 При выполнении лабораторной работы** запрещается включать оборудование и приборы без разрешения преподавателя, вращать без необходимости настроечные винты и рукоятки, перемещать приборы во время работы.

11 Во избежание удара электротоком необходимо отключать печное оборудование перед загрузкой и выгрузкой образцов.

12 Для загрузки и выгрузки образцов из печного пространства использовать специальные перчатки и клещи.

13 Не допускать контакта раскаленной заготовки с телом, одеждой, мебелью и полом.

**14 По окончании работы** необходимо отключить от электросети оборудование и приборы.

15 Убрать рабочее место.

16 В случае неполадок оборудования и приборов сообщить об этом преподавателю.



## Список литературы

- 1 Технология конструкционных материалов : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2015. – 360 с.
- 2 **Афанасьев, А. А.** Технология конструкционных материалов : учебник / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 656 с.
- 3 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского. – Москва : Машиностроение, 1980. – 352 с.
- 4 Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – Киев : Вища школа, 1984. – 360 с.
- 5 Металловедение и технология металлов / Под ред. Ю. Г. Солнцева. – Москва : Металлургия, 1988. – 512 с.
- 6 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского [и др.]. – Москва : Машиностроение. 1990. – 352 с.

