

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

И.А. Спицын

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Раздел: «Горячая обработка металлов»

Учебное пособие

Пенза 2020

УДК 621.91 (075)

ББК 34.5 (я7)

C 72

Рецензент А.А. Орехов, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технический сервис машин»

Печатается по решению методической комиссии инженерного факультета от 29.06. 2020 г., протокол № 10.

Спицын, Иван Алексеевич

Материаловедение и технология конструкционных материалов. Раздел «Горячая обработка металлов»: учебное пособие / И.А. Спицын. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 105 с.

Учебное пособие предназначено для студентов инженерного факультета Пензенского ГАУ, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 Агроинженерия, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» по разделу «Горячая обработка металлов» предусмотрено выполнение восьми лабораторных работ. К каждой работе приведены краткие теоретические сведения и методические пояснения для выполнения лабораторных заданий, что обеспечит лучшее усвоение основных вопросов раздела и приобретение необходимых компетенций.

© ФГБОУ ВО

Пензенский ГАУ, 2020

© И.А. Спицын, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» занимает в инженерной подготовке важное место. Создавая конструкции машин и приборов, обеспечивая на практике их характеристики и надежность работы, специалист должен хорошо знать строение и свойства конструкционных материалов, методы и способы получения заготовок и уверенно владеть методикой выбора материала для изготовления деталей машин при их производстве и ремонте.

Горячая обработка металлов – раздел дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», в котором изучаются вопросы литейного производства, обработки металлов давлением и сварочного производства. Это основные процессы в современном машиностроении и ремонтном производстве. Успешному освоению этих процессов способствует выполнение восьми лабораторных работ, в ходе которых обучающиеся изучают оборудование и приборное обеспечение, приобретают практические навыки и закрепляют теоретические знания. Материал учебного пособия содержит теоретические сведения, методики выполнения лабораторных работ, контрольные вопросы, которые помогут обучающимся качественно подготовиться и выполнить задания в запланированное программой время.

Перед проведением каждой лабораторной работы проводится входной контроль знаний обучающихся. В ходе выполнения работы обучающиеся получают данные, заносят их в тетради, обрабатывают, анализируют результаты, формируют выводы и готовят ответы на контрольные вопросы, что и способствует формированию необходимых компетенций.

Лабораторная работа № 1

ИСПЫТАНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы: изучение методики и приобретение практических навыков испытания формовочных смесей на газопроницаемость и прочность.

Краткие теоретические сведения. Основными способами получения заготовок и изделий в машиностроении являются литейное и сварочное производства, а также обработка давлением.

Литейное производство – способ получения фасонных заготовок из различных сплавов, заключающийся в заливке расплава в литейную форму, имеющую внутреннюю полость, максимально приближенную по конфигурации и размерам к заданной детали, дальнейшем охлаждении металла в форме, затвердевании образовавшейся отливки и выбивки (удалении) её из формы. В машиностроении около 50% массы машины составляют литье детали, тракторостроении – 60%, станкостроении – 80%. Литьём можно получать детали массой от нескольких грамм до 300 тонн, с толщиной стенок от 0,5 до 500,0 мм, и длиной от нескольких сантиметров до 20 м.

Наибольший процент заготовок (до 80%) изготавливают литьём в песчано-глинистые формы. Наряду с этим применяют специальные способы литья: в металлические формы, под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, центробежное литьё и др.

Для изготовления песчано-глинистых форм (ПГФ) используют формовочные и стержневые смеси. Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяются исходные формовочные материалы, которые делятся на **основные и вспомогательные** (рис. 1.1). К основным относятся песок и глина; а к вспомогательным – связующие вещества и противопригарные добавки. В качестве связующих веществ используют синтетические смолы, олифу, льняное масло, сульфитно-спиртовую барду, а в качестве добавок – каменноугольную пыль, торф, древесные опилки, порошки графита, древесного угля и др. Кроме свежих материалов используют и смеси, бывшие в употреблении после их регенерации.

Формовочные пески состоят в основном из зёрен кварцевого песка и примеси глины. Кварцевый песок – кремнезём SiO_2 , обладает высокой огнеупорностью (1713°C), прочностью, твёрдостью и низкой химической активностью. Таким образом, формовочные пески состоят из зерновой и глинистой составляющих. Зерновой составля-

ющей называют ту часть песка, условный диаметр зёрен которого более 0,02 мм, а глинистой – соответственно менее 0,02 мм. Если глинистой составляющей менее 50%, то это формовочные пески, а выше 50% – формовочные глины. В зависимости от содержания глинистой составляющей пески подразделяют на тощие (от 2 до 10%), полужирные (от 10 до 20%), жирные (от 20 до 30%) и очень жирные (от 30 до 50%).

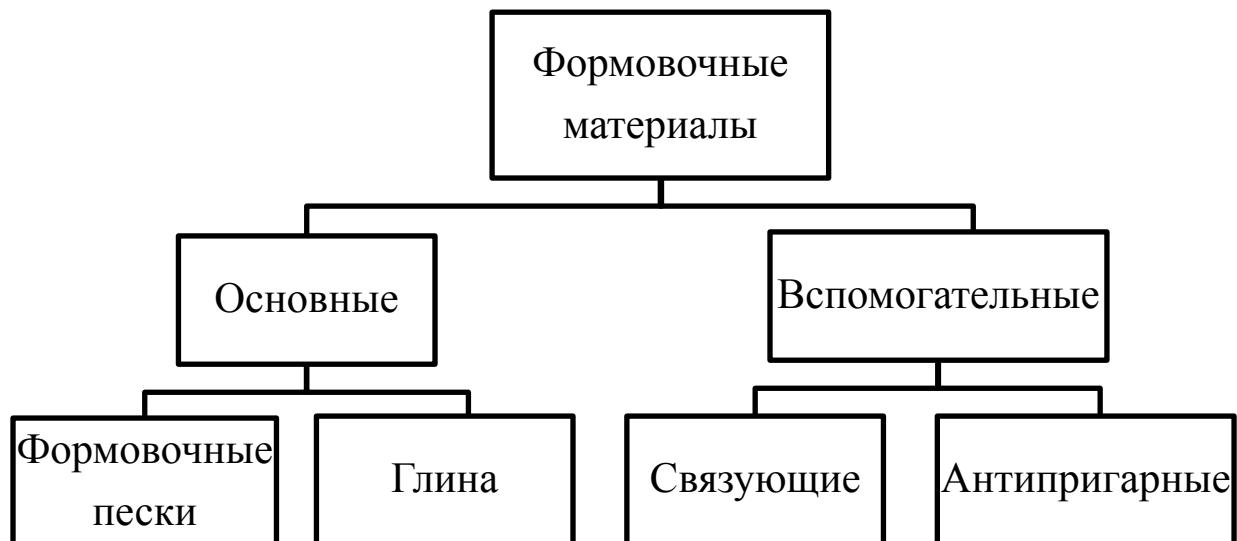


Рисунок 1.1 – Исходные формовочные материалы

Глина – связующий материал, обеспечивающий прочность и пластичность формовочных смесей. Глины представляет собой измельчённые горные породы, имеющие после увлажнения высокую пластичность и затвердевающие при сушке. Основным материалом формовочных глин является каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Формовочные смеси, приготовленные с использованием этих глин, используются для изготовления форм, заливаемых как во влажном, так и сухом состоянии. Используют и бентонитовые глины, но только для формовочных смесей, предназначенных для изготовления форм, заливаемых во влажном состоянии. Схема последовательности приготовления формовочной смеси приведена на рисунке 1.2.

Технологический процесс приготовления формовочной смеси состоит из трёх этапов: подготовки исходных (свежих) материалов (сушка, дробление, просеивание); подготовки отработанных материалов (охлаждение, дробление, сепарация, просеивание); приготовлении смеси (смешивание, увлажнение до влажности 4...8%, перемешивание, вылеживание, разрыхление).

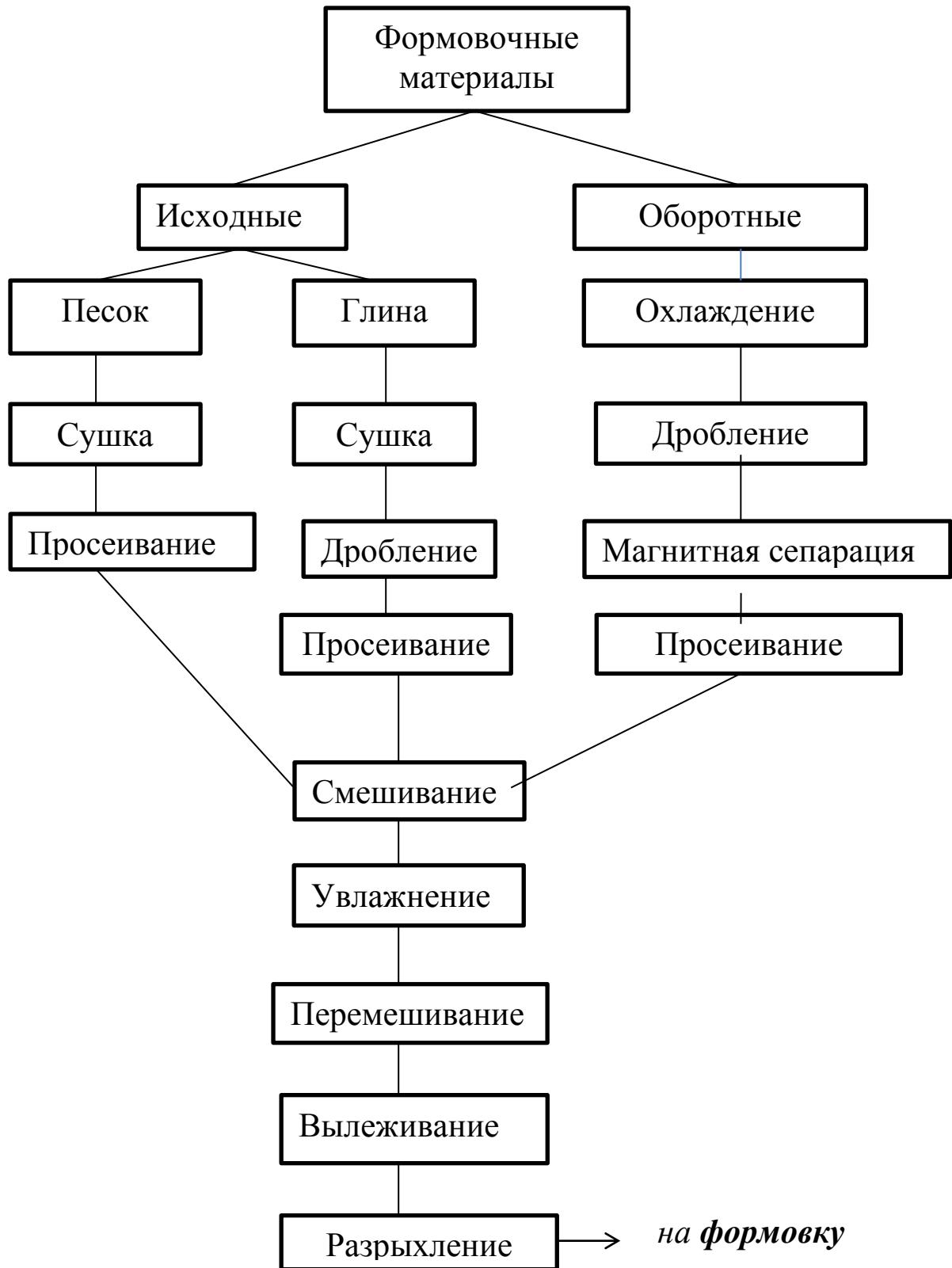


Рисунок 1.2 – Схема последовательности приготовления формовочной смеси

В зависимости от вида формовки и выполняемых функций формовочные смеси при литье в ПГФ могут иметь различное соотношение компонентов и подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочная и наполнительная смеси используются

при ручной формовке, а единая – при машинной и автоматической формовке.

Облицовочная смесь предназначена для образования поверхности рабочей полости формы, непосредственно контактирующей с расплавленным металлом. Ее наносят на поверхность модели слоем толщиной 20...30 мм. Эта смесь отличается повышенной прочностью, огнеупорностью и противопригарностью. Она содержит до 90% свежих формовочных материалов, остальное – регенерированная отработанная смесь. От общего количества формовочной смеси при изготовлении формы на долю облицовочной приходится от 10 до 20%, остальное – на долю наполнительной смеси.

Наполнительная формовочная смесь состоит из регенерированной отработанной смеси (95...98%) и 2...5% свежих формовочных материалов. Она должна обладать необходимой прочностью и газопроницаемостью.

Единая формовочная смесь применяется при машинной формовке мелких по массе форм, предназначенных для тонкостенных отливок. Она состоит из 85...95% регенерированной отработанной смеси и 5...15% свежих формовочных материалов.

Для формирования в отливке отверстий и внутренних полостей применяют стержни, которые изготавливают из специальных стержневых смесей, гипса и других материалов. Стержневые смеси должны обладать большей прочностью, газопроницаемостью, огнеупорностью и противопригарностью, поскольку во время заливки форм и охлаждения металла стержни со всех сторон окружены расплавом и испытывают значительные статические, динамические и тепловые нагрузки. Для обеспечения таких свойств смесь готовят из формовочного кварцевого песка различного зернового состава с добавлением органических (льняное масло, олифа «Оксоль») и неорганических (жидкое стекло) крепителей, противопригарных добавок (уголь, графит, мазут) и добавок, обеспечивающих податливость стержня (древесные опилки, торф и др.). Схема последовательности их приготовления приведена на рисунке 1.3. Технологический процесс состоит из сушки кварцевого песка, просеивания, смешивания с крепителем, вылеживания и разрыхления. Готовая смесь подаётся в стержневые ящики для формовки стержня.

Для обеспечения качества отливок формовочные и стержневые смеси должны обладать следующими свойствами:

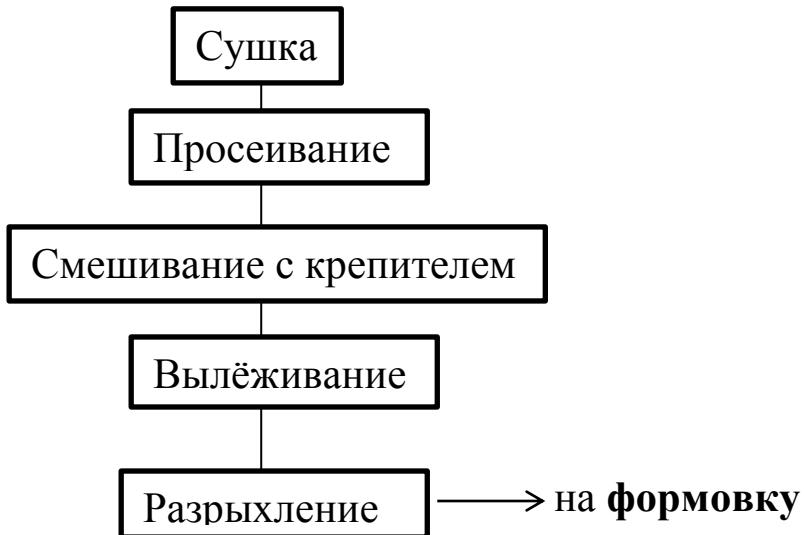


Рисунок 1.3 – Схема последовательности приготовления стержневой смеси

прочностью – способностью обеспечивать сохранность формы при её изготовлении и использовании;

пластичностью – способностью деформироваться без разрушения целостности, чётко воспроизводить отпечаток модели и сохранять полученную форму;

податливостью – способностью деформироваться под действием сжимающих усилий отливки при её усадке в процессе охлаждения;

противопригарностью – способностью не спекаться с расплавленным металлом, не пригорать к отливке;

текучестью – способностью обтекать модели при формовке, заполнять полость стержневого ящика;

выбиваемостью – способностью свободно удаляться из опоки и отливки;

долговечностью – способностью сохранять свои свойства при неоднократном использовании;

газопроницаемостью – способностью пропускать газы, которые вытесняются из формы при заливке её жидким металлом, а также выделяются из самой формы и расплава.

Наиболее важными свойствами являются прочность и газопроницаемость смесей. При низкой прочности смеси форма и стержни не выдерживают динамического удара струи заливающего в форму расплава, что приводит к их разрушению и появлению брака в виде засоров. Прочность смесей зависит от содержания в них влаги, зерновой структуры, качества её перемешивания, количества и типа свя-

зующего материала и др. При низкой газопроницаемости газы, образующиеся при испарении влаги или в результате выгорания связующих материалов, поступают в заливаемый металл и вызывают образование в отливках газовых раковин. Газопроницаемость зависит от влажности смеси, размеров и однородности зёрен песка, уплотнения смеси и содержания в ней глины. Поэтому при подготовлении и через определённые промежутки времени смеси подвергают технологическим испытаниям.

Приготовление образцов для технологических испытаний

Для проведения технологических испытаний применяют стандартные образцы диаметром 50 мм и высотой $50\pm0,8$ мм. Изготовление образцов производят с помощью лабораторного копра (рис. 1.4).

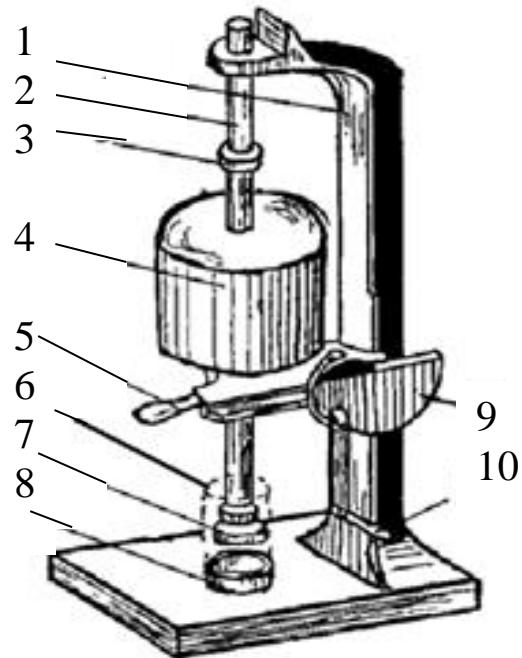


Рисунок 1.4 – Схема устройства лабораторного копра: 1 – станина со стойкой; 2 – шток; 3 – кольцо контрольное; 4 – груз; 5 – рукоятка подъёмника; 6 – гильза; 7 – боек; 8 – дно гильзы отъёмное; 9 – улитка; 10 – рукоятка улитки

Копёр состоит из станины со стойкой, отлитой из серого чугуна, стального штока с рукояткой подъёмника, на котором установлено контрольное кольцо, груз и боек, улитка с рукояткой. Масса груза копра равна 6350 г, высота подъёма груза 50 мм, а масса подвижных деталей копра 7940 г. Образцы изготавливают нижеследующим образом. Гильзу 6 устанавливают в отъёмное дно и засыпают в неё 160...180 г испытуемой смеси. За рукоятку подъёмника 5 поднимают

груз 4, шток 2 с бойком 6, улитку 9 с рукояткой 10 и устанавливают гильзу на копёр так, чтобы выступ на нижней стороне дна 8 попал в отверстие основания станины. Затем плавно опускают рукоятку с поднятыми деталями, что вызывает предварительное уплотнение смеси. Для окончательного уплотнения смеси рукоятку улитки поворачивают три раза по часовой стрелке, при этом груз вначале поднимается, а затем резко падает и ударяется о площадку подъёмника, закреплённого на штоке 2. Удар передаётся через шток с бойком смеси, находящейся в гильзе, что и приводит к её уплотнению. Высота образца после уплотнения должна составлять $50\pm0,8$ мм. Контроль высоты образца проводится по рискам, нанесённым на верхнем конце стойки. Если обрез штока не выйдет за пределы крайних рисок, то образец готов. В других случаях следует скорректировать навески смеси и произвести изготовление нового образца. Готовый образец вместе с гильзой снимается с копра и переносится на прибор для определения газопроницаемости.

Определение газопроницаемости формовочной смеси

Газопроницаемость формовочной и стержневой смесей можно определять на приборе ФП-2У (рис. 1.5).

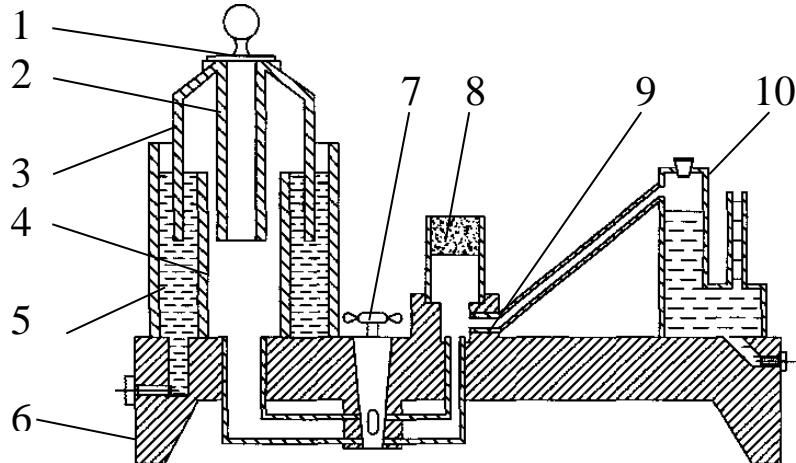


Рисунок 1.5 – Схема прибора ФП-2У: 1 – груз съёмный; 2 – трубка колокола; 3 – колокол; 4 – трубка; 5 – бак; 6 – основание; 7 – кран трёхходовой; 8 – гильза с образцом; 9 – ниппель калиброванный; 10 – манометр жидкостный

Прибор ФП-2У состоит из чугунного основания 6, бака 5 с трубкой 4. Внутри бака помещается колокол 3 с трубкой 2. При опускании колокола его трубка входит в трубку бака. На наружной

цилиндрической поверхности колокола имеются отметки «2000», «1000» и «Х». Сверху на колокол устанавливается груз определённой массы.

До начала испытаний в бак 5 наливают воду и в неё опускают колокол. Находящийся в колоколе воздух при открытом трехходовом кране 7 выходит через трубку бака и воздухопровод в атмосферу. При закрытом положении крана воздух из – под колокола не выходит и колокол находится в приподнятом неподвижном состоянии. При положении крана «испытание» воздух выходит через трубку бака, воздухопровод и направляется в гильзу с образцом и манометр. В чашке затвора на конце воздухопровода имеется штуцер, на который надевают калиброванный ниппель с отверстием 1,5 мм. Полость под испытуемым образцом соединена воздухопроводом с манометром 10.

Порядок подготовки прибора ФП-2У к испытанию

Для подготовки прибора к испытанию необходимо выполнить нижеследующие работы:

1. Отрегулировать по уровню горизонтальное положение прибора.
2. Налить воду в бак до уровня на 120 мм ниже верхней его кромки.
3. Налить воду в манометр до отметки «0» на шкале.
4. Отрегулировать положение колокола. Для этого поставить кран 7 в положение «закрыто» и плавно опустить колокол в бак. При этом верхняя кромка бака должна находиться против отметки «Х» на колоколе, что достигается регулированием воды в колоколе.
5. Отрегулировать массу колокола. Для этого поставить кран 7 в положение «закрыто», плавно опустить колокол в бак, установить в чашку затвора пустую гильзу, сверху закрыть её пробкой и поставить кран в положение «испытание». При этом в жидкостном манометре давление должно быть равно 10 см водяного столба, что достигается добавлением или снятием грузов с колокола.
6. Проверить калиброванные ниппели 9. Для этого надеть на конец воздухопровода ниппель с отверстием 1,5 мм и поставить кран 7 в положение «испытание». Продолжительность опускания колокола от отметки «0» до отметки «2000» должна составлять 0,5 мин.

Методика проведения испытания смеси на газопроницаемость

Испытание заключается в регистрации времени прохождения через образец 2 литров воздуха и давления в жидкостном манометре.

1. Поставить кран в положение «открыто», плавно поднять колокол до отметки «Х», после чего поставить кран в положение «закрыто».

2. Вставить в чашку затвора гильзу с образцом формовочной смеси.

3. Поставить кран в положение «испытание» и в момент прохождения колоколом отметки «0» включить секундомер.

4. При прохождении колоколом отметки «1000» зафиксировать давление водяного манометра, а в момент прохождения колоколом отметки «2000» остановить секундомер.

5. Газопроницаемость в условных единицах определить по формуле

$$K = \frac{509,5}{P \cdot T},$$

где P – давление водяного столба по манометру, в момент прохождения колоколом отметки «1000», см. вод. столба;

T – время опускания колокола от момента прохождения им отметки «0» до отметки «2000», мин. Испытание проводится не менее чем на 3-х образцах и затем определяется среднее арифметическое значение.

Газопроницаемость формовочных смесей во влажном состоянии должна находиться в пределах: для цветного литья 10...60; для мелкого чугунного литья 30...80; для среднего чугунного литья 60...100; для крупного чугунного литья 100...150; для стального литья 100...200.

Определение прочности формовочных смесей при сжатии в сыром состоянии

Прочность формовочных смесей определяют на образцах после испытания их на газопроницаемость. Для этого образец с помощью оправки аккуратно выталкивают из гильзы. Испытание проводят на приборе ФА-2 (рис. 1.6).

Прибор ФА-2 имеет станину 4, на которой в двух подшипниках установлен ходовой винт 5 с рукояткой 6. При вращении рукоятки ходовой винт перемещает каретку 3 с указателем 11. В верхней части каретки установлен ролик, на который опирается градуированный рычаг 1. На одном конце рычага закреплён груз 2 массой 9815 г, а на втором конце установлен лоток с горизонтальной площадкой 7, шарнирно связанный с вертикальной стойкой 8. На площадку устанавлива-

вают образец и поджимают другой площадкой 10 с помощью винта 9.

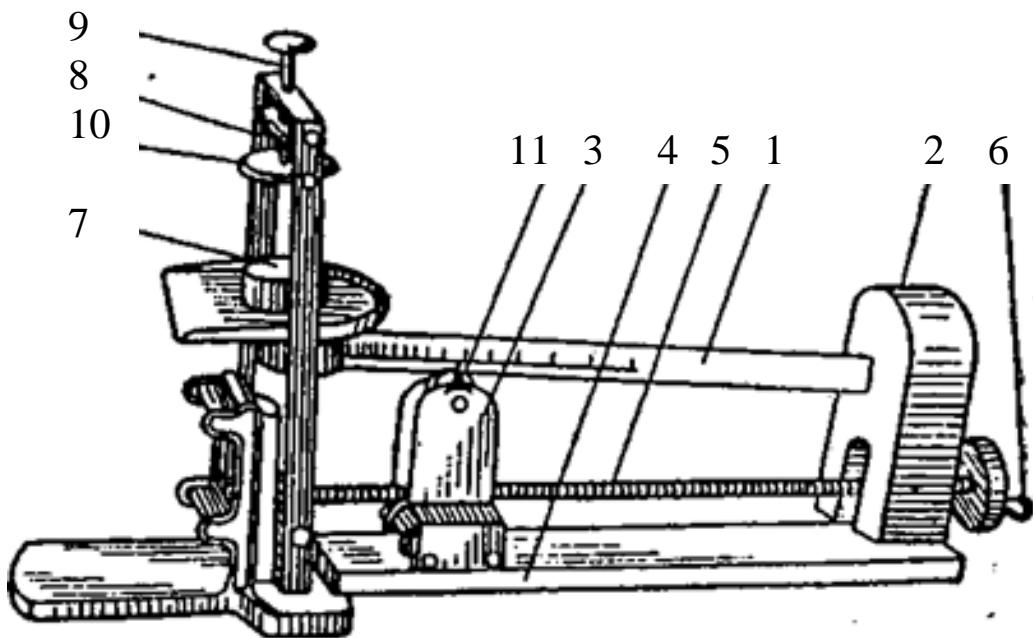


Рисунок 1.6 – Схема устройства прибора ФА-2

Порядок подготовки прибора ФА-2 к испытанию

Перед испытаниями необходимо проверить точность показаний прибора. Для этого необходимо:

1. Вращением рукоятки 6 установить указатель 11 каретки 3 на нулевое деление. При этом рычаг 1 должен встать в положение равновесия;
2. На площадку 7 поставить груз массой 9815 г и вращением рукоятки 6 установить указатель 11 каретки 3 на деление рычага 0,5. При этом рычаг 1 должен встать в положение равновесия.

Методика проведения испытаний формовочных смесей на прочность при сжатии

1. Установить указатель 11 каретки 3 на нулевое деление шкалы рычага 1.
2. Поставить испытуемый образец на площадку 7 и путём вращения винта 9 прижать площадку 10 плотную к торцевой поверхности образца, но без лишнего нажима.
3. Плавным вращением рукоятки 6 передвигать каретку 3 по направлению к образцу до момента его разрушения.

4. Записать положение указателя 11, соответствующее моменту разрушения образца, с точностью до $1,0 \cdot 10^{-3}$ МПа ($0,01$ кг/см 2).

Испытанию подвергнуть три образца и определить среднее арифметическое значение.

Пределы прочности формовочных смесей на сжатие в сыром состоянии обычно составляют $(3,0 \cdot 10^{-2} \dots 6,0 \cdot 10^{-2})$ МПа ($0,3 \dots 0,6$) кг/см 2 .

Материальное и техническое обеспечение

1. Формовочная смесь.
2. Копер для изготовления стандартных образцов.
3. Прибор для испытания формовочных смесей на газопроницаемость ФП-2У.
4. Прибор для испытания формовочных смесей на прочность при сжатии ФА-2.

Порядок выполнения работы

1. Изучить схемы и устройство лабораторного копра и приборов ФП-2У и ФА-2.
2. Изучить порядок подготовки приборов ФП-2У и ФА-2 к испытаниям.
3. Изучить методику проведения испытаний на газопроницаемость и прочность при сжатии в сыром состоянии.
4. Провести испытание трёх-пяти образцов на газопроницаемость и прочность при сжатии в сыром состоянии, результаты испытаний занести в таблицу.
5. Сформулировать выводы по работе.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Материалы, применяемые для приготовления формовочных и стержневых смесей;
2. Схемы технологических процессов приготовления формовочных и стержневых смесей;
3. Основные свойства формовочных смесей, их понятие и математическую зависимость для определения газопроницаемости формовочной смеси;
4. Схему и устройство лабораторного копра, приборов ФП-2У и ФА-2;

5. Порядок подготовки приборов ФП-2У и ФА-2 к испытанию;
6. Методики проведения испытаний формовочных смесей на газопроницаемость и прочность при сжатии в сыром состоянии;
7. Результаты испытаний формовочной смеси на газопроницаемость и прочность при сжатии в сыром состоянии;

Выводы (для получения каких отливок пригодна данная формовочная смесь по газопроницаемости и по прочности).

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены формовочные и стержневые смеси?
2. Назовите основные компоненты формовочной смеси.
3. Назовите основные компоненты стержневой смеси
4. Что называется пластичностью формовочной смеси?
5. Что понимают под податливостью формовочной смеси?
6. Что понимается под текучестью формовочной смеси?
7. Что понимают под прочностью формовочной смеси?
8. Что понимают под выбиваемостью формовочных и стержневых смесей?
9. Что понимают под газопроницаемостью формовочной смеси?
10. Какие добавки обеспечивают противопригарные свойства формовочной смеси?
11. К какому браку может привести низкая газопроницаемость формовочной смеси?
12. Какие факторы влияют на газопроницаемость формовочной смеси?
13. Приведите основные операции приготовления формовочной смеси.
14. Приведите основные операции приготовления стержневой смеси.
15. Какие требования предъявляют к стержневым смесям?
16. Поясните устройство и работу лабораторного копра.
17. Как контролируют высоту формируемого образца на лабораторном копре?
18. Как проверить правильность работы прибора для определения газопроницаемости формовочной смеси?
19. Поясните порядок проведения испытания формовочной смеси на газопроницаемость на приборе ФП-2У.
20. Как проверить правильность работы прибора для определения прочности формовочной смеси?

Лабораторная работа № 2

РАСЧЕТ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчёта элементов литниковой системы.

Краткие теоретические сведения. Литниковая система – совокупность связанных между собой каналов и полостей, по которым расплав плавно поступает в пространство литьевой формы. Основными элементами литниковой системы при производстве отливок в песчано-глинистых и некоторых других формах являются: литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели. Кроме этого применяются выпор или прибыль, а иногда оба одновременно (рис. 2.1).

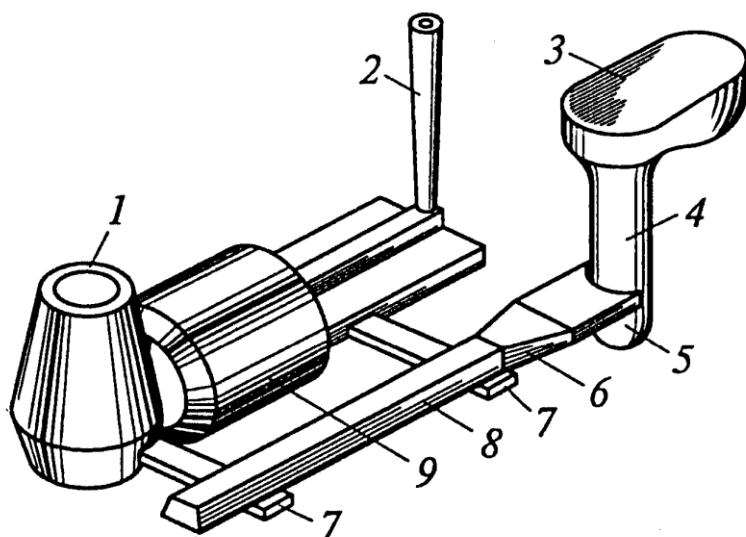


Рисунок 2.1 – Общий вид литниковой системы: 1 – прибыль; 2 – выпор; 3 – литниковая чаша; 4 – стояк; 5 – зумпф; 6 – литниковый дроссель; 7 – питатели; 8 – шлакоуловитель; 9 – отливка

Литниковая чаша является металлоприёмником, в который из ковша или плавильного агрегата заливают расплав. Она служит для смягчения удара струи жидкого металла, стекающего с носка ковша, для частичного задержания шлака и для выравнивания скорости поступления металла в форму.

Стояк представляет собой вертикальный, сужающийся к низу канал круглого сечения, служащий для подвода металла из литниковой чаши к шлакоуловителю.

Шлакоуловитель представляет собой горизонтальный канал трапецидального сечения, формируемый по модели в верхней опоке

в плоскости разъёма. Он предназначен для задержки шлака и других неметаллических включений и распределения расплава по питателям. Поскольку шлак легче металла, то он остаётся в верхней части шлакоуловителя, а металл, свободный от шлака, поступает к питателям.

Питатели – щелевидные каналы, располагающиеся в нижней полуформе, примыкающие непосредственно к полости литейной формы и направляющие в неё расплав от шлакоуловителя. В сечении имеют форму трапеции и примыкают обычно к той части отливки, которая будет обрабатываться. Длина питателей обычно составляет от 20 до 40 мм. Большая длина питателей уменьшает скорость заливки и может привести к неполному заполнению формы.

Выпоры – вертикальные каналы с расширением к верху, служащие для вывода из формы воздуха, газов, всплывающих неметаллических включений и наблюдения за заполнением формы. Иногда выпор выполняет и роль *прибыли*, то есть, питает отливку расплавом во время её затвердевания и тем самым предотвращает образование усадочных раковин. Выпор и прибыль располагаются в верхней части отливки.

Зумпф является как бы продолжением стояка и представляет собой углубление сферической формы, которое принимает на себя динамический удар от заливающего сплава и уменьшает вероятность размыва формы в месте её разъёма. Его применяют не всегда.

Литниковый дроссель предназначен для регулирования скорости заливки формы расплавом на участке от стояка к шлакоуловителю. Его, как и зумпф, применяют редко.

В зависимости от конфигурации и размеров отливки, рода сплава и способа литья на практике применяют литниковые системы различных типов (рис. 2.2).

Верхняя литниковая система (рис. 2.2, а) применяется для отливки невысоких и толстостенных отливок простой конфигурации.

Нижняя (сифонная) литниковая система (рис. 2.2, б) применяется для получения ответственных отливок, которые требуют спокойного поступления металла в полость формы. При таком способе подвода металла создаются наиболее благоприятные условия для выхода газов из полости формы.

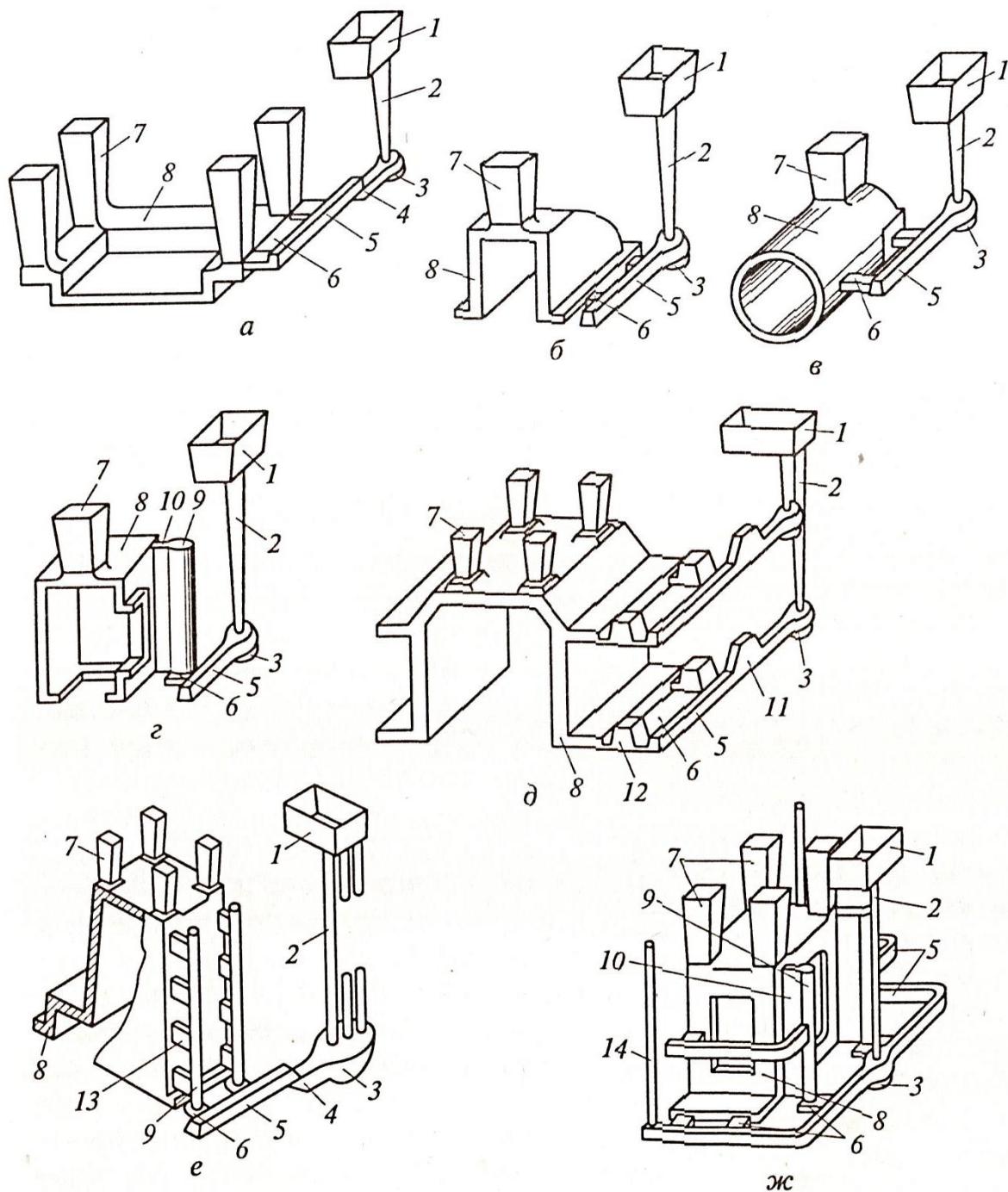


Рисунок 2.2 – Типы литниковых систем: а – верхняя, б – нижняя; в – боковая; г – вертикально-щелевая; д и е – ярусные, соответственно с горизонтально и вертикально расположеными питателями; жс – комбинированная; 1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – зумпф; 4 – дроссель; 5 – шлакоуловитель; 6 – питатель; 7 – прибыль; 8 – отливка; 9 – колодец; 10 – щель; 11 – шлаковик; 12 – питающая бобышка; 13 – питатель вертикальный; 14 – выпор

Боковая (горизонтальная) литниковая система (рис. 2.2, в) используется при получении отливок при машинной формовке в двух опоках. Эта литниковая система чаще других применяется.

Вертикально-щелевая литниковая система (рис. 2.2, г), обеспечивающая спокойное заполнение формы при сохранении направленности затвердевания, используется для литья цветных сплавов.

Ярусные литниковые системы (рис. 2.2, е и д) применяются для получения крупных, тяжелых отливок. Они бывают с горизонтально и вертикально расположенными питателями и обеспечивают лучшее питание отливки, чем сифонная литниковая система. Ярусы системы должны подавать металл в полость формы последовательно снизу вверх. Ярусные литниковые системы наиболее сложны в выполнении и требуют наибольшего расхода металла.

Комбинированные литниковые системы (рис. 2.2, ж) применяют при получении наиболее сложных отливок.

Дождевая литниковая система применяется для отливки в сухих формах втулок, труб, барабанов и других цилиндрических ответственных отливок. Она состоит из кольцевого канала 3 с вертикальными «карандашными» отверстиями 4, выполненного в стержне, который установлен в верхней части формы. Для отвода газов предусмотрены щелевые каналы 6.

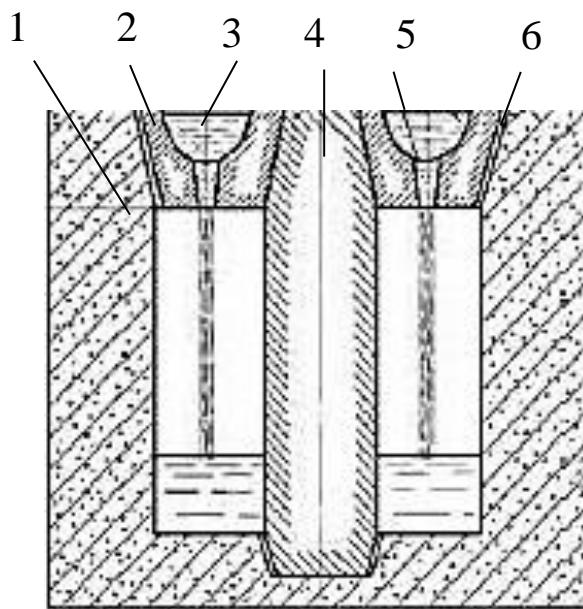


Рисунок 2.3 – Схема дождевой литниковой системы: 1 – форма; 2 – стержень с дождевой литниковой системой; 3 – кольцевой канал; 4 – вертикальные отверстия (питатели); 5 – стержень; 6 – щелевой канал

Порядок расчёта литниковой системы

Расчёт литниковой системы начинается с выполнения эскиза литой детали с указанием основных размеров. Для детали типа втулки основными размерами являются: наружный диаметр (D), внутренний диаметр (d) и длина втулки (l). Втулка с элементами литниковой системы приведена на рисунке 2.4.

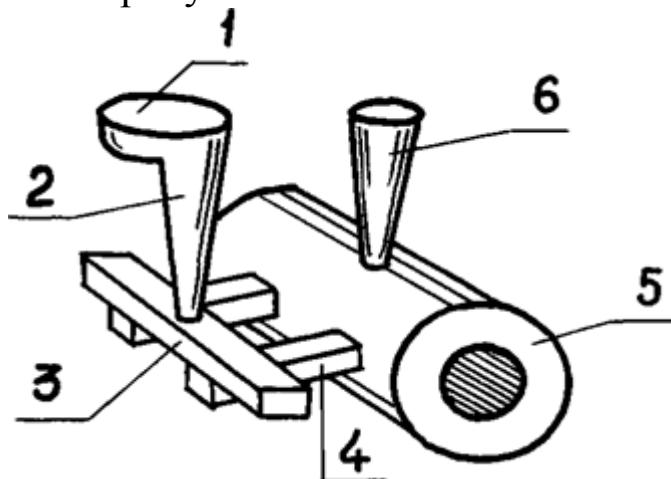


Рисунок 2.4 – Схема устройства горизонтальной литниковой системы:

- 1 – литниковая чаша; 2 – стойк; 3 – шлакоуловитель;
4 – питатели; 5 – отливка (втулка); 6 – выпуск

Расчёт литниковой системы сводится к определению площади сечения её каналов по формулам гидравлики, в которые введены обобщённые опытные коэффициенты. При этом первым определяется суммарная площадь наименьшего поперечного сечения в узком месте литниковой системы, которым является сечение питателей у входа их в полость формы. От сечения питателей зависит скорость заполнения формы металлом. По суммарной площади питателей определяют площади остальных каналов литниковой системы.

Вначале определяют массу отливки и скорость заливки металла в форму. Для определения массы необходимо знать объём отливки. Поэтому расчёт ведут в нижеследующей последовательности.

1. Объём отливки определяют по формуле

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot l, \text{ см}^3,$$

где D – наружный диаметр отливки, см;

d – внутренний диаметр отливки, см;

l – длина отливки, см.

2. Массу отливки определяют по формуле

$$G = \gamma \cdot V, \text{г},$$

где V – объем отливки, см^3 ;

γ – плотность металла отливки, г/см^3 .

3. Продолжительность заливки формы для тонкостенных отливок массой до 500 кг определяют по формуле

$$\tau = S \sqrt{G}, \text{с},$$

где τ – время заливки, с;

G – масса отливки, кг;

S – коэффициент, учитывающий толщину стенки отливки, (таблица 2.1).

Толщину стенки втулки определяют по формуле

$$\delta = \frac{D - d}{2}, \text{мм}.$$

Таблица 2.1 – Зависимость коэффициента (S) от толщины стенки отливки

Толщина стенки отливки, мм	2,5…3,5	3,5…8,0	8,0…15,0	> 15,0
S	1,63	1,85	2,20	2,40

4. Суммарную площадь питателей ориентировочно определяют по формуле

$$\sum F_n = \frac{G}{\tau \times K}, \text{см}^2,$$

где G – масса отливки, кг;

τ – время заливки формы металлом, с;

K – удельная весовая скорость заливки, $\text{кг/см}^2 \cdot \text{с}$. Она зависит от плотности отливки (K_V), которую определяют по формуле

$$K_V = \frac{Q}{V}, \frac{\text{г}}{\text{см}^3},$$

где V – объем детали, см^3 ;

Q – масса жидкого металла, состоящая из массы отливки $/G/$ и массы литниковой системы $/G_1/$.

$$Q = G + G_1; G_1 = 0,2G.$$

Зависимость удельной весовой скорости заливки от плотности отливки приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Зависимость удельной весовой скорости заливки от плотности отливки

K_v	0,551	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
K	0,551	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

5. Площади сечений шлакоуловителя – $F_{шл}$ и стояка, в самом узком месте (внизу) – $F_{ст}$ определяют из соотношений, приведённых в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Рекомендуемые соотношения площадей сечения питателей, шлакоуловителя и стояка

Рекомендуемые соотношения	Область применения
$F_{п}: F_{шл}: F_{ст} = 1,00 : 1,10 : 1,15$	Для мелких и средних отливок из серого чугуна
$F_{п}: F_{шл}: F_{ст} = 1,0 : 1,2 : 1,4$	Для крупных отливок из серого чугуна
$F_{п}: F_{шл}: F_{ст} = 1,0 : 1,1 : 1,2$	Для мелких стальных отливок
$F_{п}: F_{шл}: F_{ст} = (1,0 … 1,5) : 1,0 : 1,0$	Для средних и крупных стальных отливок

6. Диаметр стояка в самом узком месте определяют по формуле

$$d_{ст} = 2\sqrt{\frac{F_{ст}}{\pi}}, \text{ см.}$$

По найденному значению $d_{ст}$ вычисляют диаметр стояка в верхней части, с учётом уклона.

7. Массу расплава в литниковой чаше определяют по формуле

$$g = \eta \frac{G}{\tau}, \text{ г,}$$

где G – масса отливки, г;

η – коэффициент резерва, $\eta = 0,2 … 0,6$;

0,2 – для мелкого литья;

0,6 – для крупного литья;

τ – время заливки, с.

8. Объём литниковой чаши определяют по формуле

$$V_1 = \frac{g}{\gamma}, \text{ см}^3.$$

9. По объёму чаши определяют её габаритные размеры. При этом условно принимают, что литниковая чаша имеет форму параллелепипеда и что длина L , ширина b и высота (глубина) h имеют следующее соотношение:

$$L : b : h = 1,6 : 1,0 : 0,7$$

Исходя из данного соотношения $L = 1,6b$; $h = 0,7b$. Объём параллелепипеда $V_1 = L \cdot b \cdot h = 1,6b \cdot b \cdot 0,7b = 1,12b^3$.

Ширину чаши определяют из выражения

$$b = V_1^{1/3}$$

По ширине чаши определяют её длину и глубину.

10. Площадь сечения выпора определяют по формуле

$$F_{\text{вып}} = 0,8 F_{\text{ср.}}$$

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов состоит литниковая система?
2. Приведите виды литниковых систем и дайте им характеристику.
3. От чего зависит продолжительность заливки формы жидким металлом?
4. Как определяется плотность отливки?
5. Каково назначение выпора?
6. Каким соотношением пользуются при определении размеров литниковой чаши?
7. Что необходимо знать для определения площадей сечения стояка и шлакоуловителя?
8. Как определяется суммарная площадь питателей?
9. С определения площади какого элемента начинается расчёт литниковой системы и почему?
10. Что такое прибыли, каково их назначение?
11. Что такое жидкотекучесть расплава?
12. Что называется усадкой металла? Какие различают её виды?
13. Какие дефекты могут возникать в отливках?

Лабораторная работа № 3

РУЧНАЯ ФОРМОВКА В ДВУХ ОПОКАХ И ЗАЛИВКА ФОРМ РАСПЛАВЛЕННЫМ МЕТАЛЛОМ

Цель работы: изучение технологии и приобретение практических навыков получения отливок в песчаных формах, изготовленных ручной формовкой в двух опоках.

Краткие теоретические сведения. *Литьё* – технологический процесс получения заготовок путём заливки расплавленного и нагретого до определённой температуры металла в литейную форму, внутренняя полость которой максимально приближена по конфигурации и размерам к заданной детали, дальнейшего охлаждения металла в форме, затвердевания отливки, выбивки её из формы и очистки. Литейные формы подразделяют на разовые и многоразовые, или постоянные. Разовую форму (песчано-глинистую, оболочковую) после получения отливки разрушают, а постоянную (металлическую) используют многократно.

Основными способами получения литьих заготовок являются: литьё в песчано-глинистые формы; литьё в металлические формы (кокильное литьё); литьё под давлением; литьё по выплавляемым моделям; литьё в оболочковые формы; центробежное литьё и др. Выбор способа литья зависит от типа производства, требований к геометрической точности и шероховатости поверхности отливки и экономической целесообразности. Основными характеристиками способов получения отливок являются их точность и шероховатость поверхности. Так, литьё в песчано-глинистые формы позволяет получать отливки с шероховатостью поверхности R_z 40...320 мкм и с точностью, соответствующей 14 – 17 квалитетам (IT14 – IT17) и грубее; кокильное литьё – с шероховатостью поверхности R_a 2,5...20,0 мкм и точностью, соответствующей 12 – 15 квалитетам; литьё под давлением – с шероховатостью поверхности R_a 0,63...5,0 мкм и точностью, соответствующей 8 – 12 квалитетам; литьё по выплавляемым моделям - с шероховатостью поверхности R_a 1,25...2,50 мкм и точностью, соответствующей 11 – 13 квалитетам; оболочковое литьё – с шероховатостью поверхности R_a 2,5...10,0 мкм и точностью, соответствующей 11 – 12 квалитетам.

До 80% отливок изготавливается в разовых песчано-глиняных формах. Основное преимущество данного литья – простота и дешевизна изготовления отливок. Различают ручную и машинную фор-

мовки. Ручная формовка применяется в мелкосерийном и ремонтном производстве. Для образования рабочей полости формы при формовке применяют модельный комплект и другие приспособления, а также формовочный инструмент. Основными элементами литейного модельного комплекта являются модель или шаблон отливки, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы, модельные и подмодельные плиты.

Модель – приспособление, при помощи которого в формовочной смеси получают наружный контур будущей отливки и знаки для установки стержней. В зависимости от типа производства её изготавливают из металла (чугун или сплавы алюминия), пласти масс или дерева влажностью менее 10% (сосна, липа, берёза, бук, клён, ясень). По конструкции модели бывают цельные, разъёмные (рис. 3.1), с отъёмными частями и специальные.

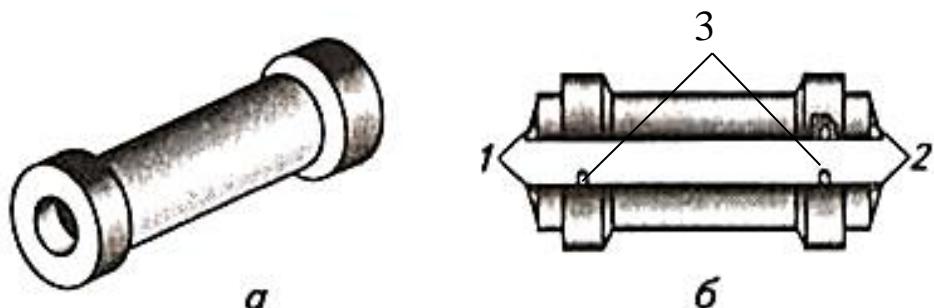


Рисунок 3.1 – Втулка (а) и её модель (б): 1, 2 – стержневые знаки; 3 – шипы

Цельные модели с плоским основанием используют для простых по конфигурации отливок. Они по форме представляют точные копии отливаемых изделий. Разъёмные модели используют для более сложных отливок, боковые стенки которых имеют наклоны в разных направлениях. Линия разъёма модели должна проходить в плоскости разъёма формы.

Все размеры модели делают несколько больше размеров отливки на величину литейной усадки заливаемого сплава при его охлаждении (0,9...2,5%) и на величину припуска на механическую обработку. Припуск зависит от размеров отливки, класса точности и шероховатости поверхности. Кроме того, для удобства извлечения моделей из формы без её разрушения поверхности перпендикулярные плоскости разъёма делают с небольшим уклоном 1-3°.

Деревянные модели отличаются простотой изготовления, относительно малой массой и невысокой стоимостью. Для предохранения

от влаги и уменьшения прилипания к ним формовочной смеси их покрывают нитролаком. Кроме того, в зависимости от заливаемого в форму сплава, модели окрашивают красками: красной – для чугуна, синей – стали, жёлтой – цветных сплавов. Стержневые знаки окрашивают в чёрный цвет.

Модели элементов литниковой системы служат для образования в форме каналов, по которым расплав подходит к полости формы и питает отливку в процессе её кристаллизации: питатели, шлакоуловители, стояк, выпоры.

Модельная плита – гладкая металлическая с закреплёнными на ней моделями отливки и элементами литниковой системы. Применяется при машинной формовке.

Подмодельная плита – гладкая деревянная или металлическая плита, служащая для установки на ней опок, модели отливки и элементов литниковой системы при ручной формовке.

Опоки – прочные металлические рамки различной конфигурации, предназначенные для изготовления литьевых форм и удерживания формовочной смеси при изготовлении формы, транспортировке, заливке расплавом и охлаждении отливки. Их изготавливают из серого чугуна, стали или алюминиевых сплавов. Центрируют опоки с помощью штырей, устанавливаемых в специальные отверстия опок. Для скрепления опок применяют скобы и другие приспособления. Для удержания уплотнённой смеси в опоке имеются внутренние ребра.



Рисунок 3.2 – Формовочные опоки: 1 – крепёжные ушки; 2 – крепёжный штырь; 3 – опока нижняя; 4 – опока верхняя

Стержневые ящики используются для изготовления стержней. Стержни устанавливаются в форму для образования как внутренних, так и наружных сложных поверхностей отливки. Размеры стержней выполняют также с учётом литейной усадки сплава. Материал для

изготовления стержневых ящиков выбирают так же, как и для моделей, в зависимости от типа производства.

Технология ручной формовки стержня

Технологический процесс изготовления небольшого стержня состоит из нижеследующих операций (рис. 3.5).

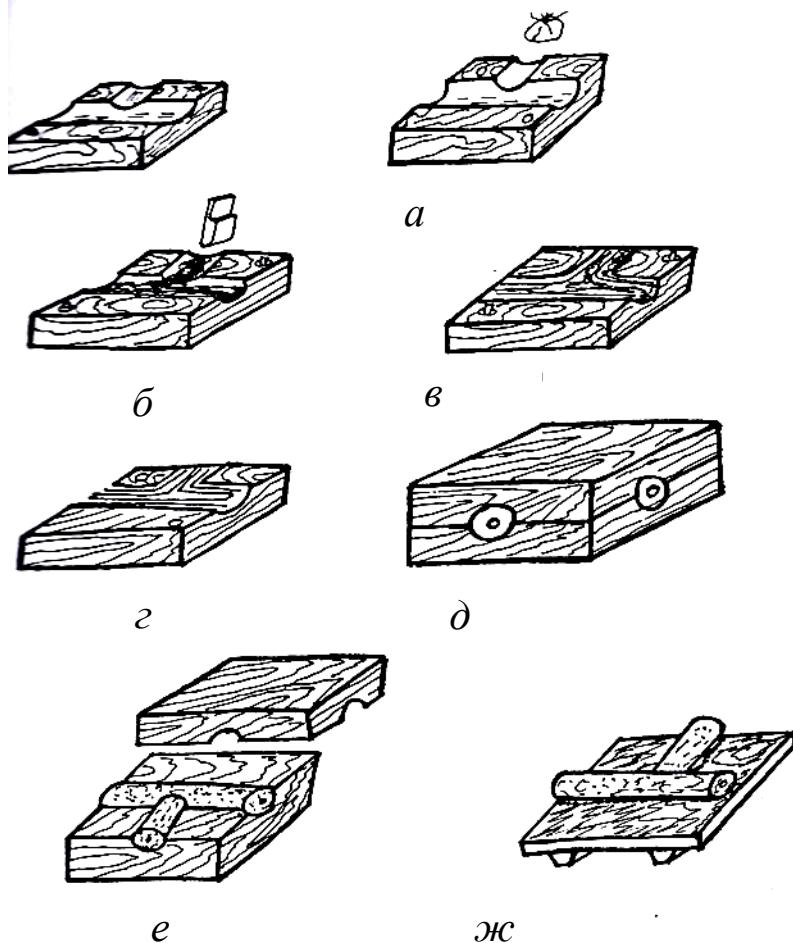


Рисунок 3.5 – Схема технологического процесса изготовления стержня: а – ж – этапы изготовления

1. Стержневой ящик очищают от пыли и остатков стержневой смеси и припыливают графитом (поз. а).
2. Половинки ящика наполняют стержневой смесью, которую уплотняют трамбовкой. При этом особое внимание обращают на равномерное уплотнение смеси у выступов, в углублениях и у узких рёбер (поз. б).
3. В стержневую смесь укладывают и углубляют несколько ниже разъёма каркасы из проволоки (поз. в).
4. В стержне ланцетом прорезают каналы для выхода газов, которые выходят в знаки (поз. г).

5. Поверхность разъёма половинок стержня смазывают жидкой глиной и спаривают половинки ящика (поз. *д*).

6. По ящику наносят несколько лёгких ударов деревянным молотком для лучшего отделения стержня от стенок ящика. Ящик переворачивают и снова обстукивают. Верхнюю половинку ящика осторожно снимают. Чтобы легче отделить стержень от стенок ящика, рабочую поверхность последнего через каждые 10...15 формовок протирают керосином, а через две-три формовки припывают графитом (поз. *е*).

7. На нижнюю половинку ящика накладывают рамку, засыпают сухой песок, накладывают сушильную плиту, поворачивают и снимают ящик. В результате стержень окажется на земляной постели. Отделывают поверхность стержня и отправляют его на сушку. Сушку стержней из песчано-глинистых смесей проводят при температуре 250...300 °С. После сушки стержня проверяют качество его поверхности, точность соблюдения размеров и наличие газовых каналов в знаках. Для улучшения качества поверхности отливок стержни окрашивают. Глиняные стержни окрашивают до и после сушки в горячем состоянии (поз. *ж*).

Технология изготовления литейной формы по разъёмной модели ручной формовкой в двух опоках

При ручной формовке в двух опоках применяют инструменты для наполнения опок формовочной смесью, просеивания её и уплотнения, выравнивания смеси в опоке и изготовления вентиляционных каналов, извлечения моделей литниковой системы из формы и исправления формы (рис. 3.3).

При изготовлении литейной формы операции выполняют в нижеследующей последовательности (рис. 3.4).

1. На подмодельную плиту устанавливают нижнюю опоку, укладывают половину модели разъёмом вниз, питатели; свободное пространство посыпают кварцевым песком во избежание прилипания формовочной смеси к подмодельной плите. При необходимости покрывают (припывают) модель графитовым порошком (поз. *а*).

2. На поверхность модели наносят просеянную через сито формовочную смесь (облицовочную смесь) толщиной 20...30 мм и прижимают её руками к модели (поз. *б*).

3. Свободное пространство опоки заполняют наполнительной смесью и трамбуют остроконечными трамбовками в направлении по

спирали от стенок к середине опоки, а затем плоскими трамбовками. При необходимости смесь досыпают и утрамбовывают. Лишнюю формовочную смесь срезают заподлицо с кромками опоки металлической линейкой (поз. в).

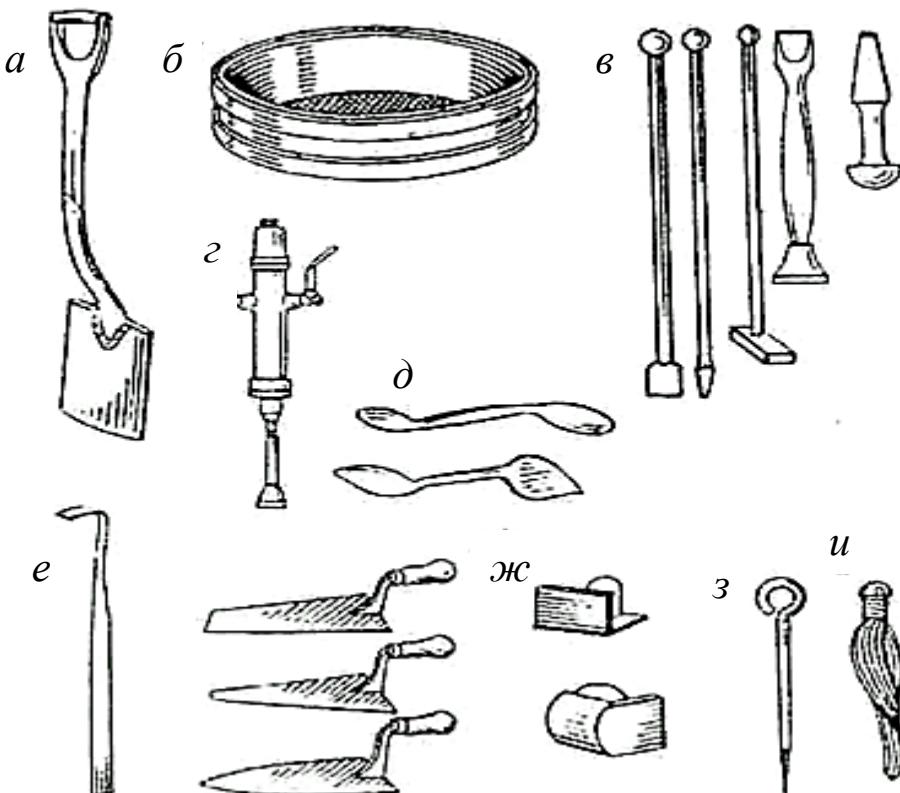


Рисунок 3.3 – Инструмент, применяемый при ручной формовке:
а – лопата; б – сито; в – трамбовки ручные;
г – трамбовка механическая; д – ланцеты; е – крючок;
жс – гладилки; з – игла (душник); и – кисть

4. При необходимости для увеличения газопроницаемости формы накалывают иглой вентиляционные каналы, которые не должны доходить до модели на 10 мм (поз. г).

5. Переворачивают опоку на 180° . На нижнюю опоку устанавливают верхнюю и фиксируют их штырями, входящими в отверстия специальных приливов (ушки); плоскость разъёма формы посыпают кварцевым песком, устанавливают вторую половину модели, при необходимости припыливая её графитовым порошком; на питатели устанавливают модель шлакоуловителя, на шлакоуловитель модель стояка и на самые высокие точки модели – выпоры (поз. д).

6. В верхнюю опоку, как и в нижнюю, насыпают сначала облицовочную формовочную смесь, которую прижимают руками к модели, а затем наполнительную смесь и осуществляют трамбовку. Лиш-

нюю формовочную смесь срезают линейкой, извлекают модели стояка и выпоров, формируют литниковую чашу. Для повышения газопроницаемости накалывают отверстия, которые не должны доходить до модели на 10 мм (поз. *e*).

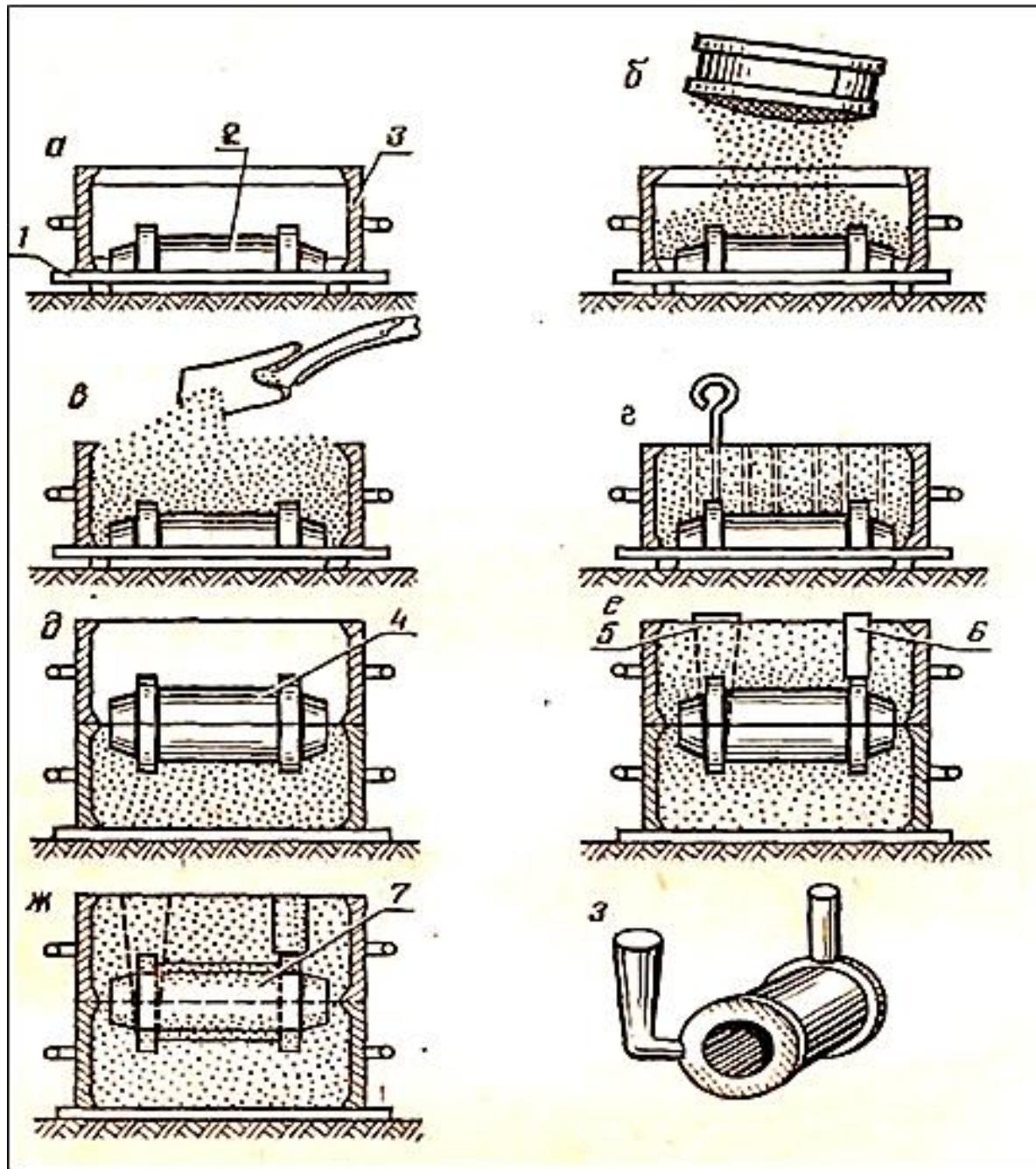


Рисунок 3.4 – Схема изготовления литьевой формы ручной формовкой в двух опоках: 1 – подмодельная доска; 2 – половина модели отливки; 3 – опока нижняя; 4 – вторая половина модели; 5 – стояк; 6 – выпор; 7 – стержень; а – ж – изготовление литьевой формы; з – отливка с элементами литниковой системы

Затем снимают верхнюю опоку, переворачивают её на 180 градусов и укладывают рядом с нижней опокой. Извлекают половины модели, модели питателей и шлакоуловителя и проводят отделку каналов и полуформ.

7. В нижнюю полуформу укладывают стержень стержневыми знаками в специальные гнёзда. Затем на нижнюю опоку устанавливают верхнюю, фиксируют их штырями и подают форму на заливку (поз. ж). Для того, чтобы давлением жидкого металла не была поднята верхняя полуформа, на неё устанавливают грузы.

Жидкий металл из ковша заливается в чашу, поступает в стояк и заполняет полость формы, образуя после затвердевания и охлаждения отливку.

Заливка литейной формы жидким металлом

Расплав заливают в форму с помощью ковша, конструкция которого зависит от размеров отливки и свойств заливаемого металла. Носок ковша при заливке формы должен находиться на минимальном по высоте расстоянии от литниковой чаши. Лить металл необходимо без перерыва струи. Ковш необходимо очищать от застывшего металла на носке, краях, боках и дне. Перед заливкой ковши сушат и подогревают.

Материальное и техническое обеспечение

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Подмодельные доски. | 9. Ланцеты. |
| 2. Опоки. | 10. Крючки. |
| 3. Соединительные штыри. | 11. Подъемы. |
| 4. Модели. | 12. Формовочная смесь. |
| 5. Набойки. | 13. Припыл. |
| 6. Трамбовки. | 14. Печь для плавления металла. |
| 7. Душники. | 15. Разливочный ковш. |
| 8. Линейки. | |

Порядок выполнения работы

1. Под руководством учебного мастера изготовить форму для получения отливки.
2. Ознакомиться с технологией заливки формы расплавом. Наблюдать за действиями учебного мастера при заливке формы расплавом.
3. Выбрать полученную отливку, очистить её от формовочной смеси.

4. Оценить качество отливки. При наличии брака в отливке объяснить причины его образования.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Основные способы получения отливок и их основные характеристики;

2. Инструмент, применяемый при ручной формовке;

3. Технологию ручной формовки стержня;

4. Технологию ручной формовки в двух опоках по разъёмной модели;

5. Эскиз полученной отливки.

Выводы (оценить качество полученной отливки и, в случае брака, объяснить причины его образования).

Контрольные вопросы

1. Какой процент отливок изготавливается литьём в песчано-глиняные формы?

2. Приведите характеристики основных способов литья.

3. При каком способе литья проводится минимальный объём механической обработки отливок?

4. Что относится к модельному комплекту при ручной формовке в двух опоках?

5. На какую величину отличаются размеры модели отливки от размеров самой отливки?

6. Из какого материала изготавливают модели отливки и стержневые ящики?

7. Приведите основные операции изготовления стержней.

8. Назовите инструмент, применяемый при ручной формовке.

9. Что представляют собой опоки?

10. В какой опоке устанавливают питатели?

11. Для чего модель припиливают или натирают графитом?

12. Как повышают газопроницаемость литейной формы?

Лабораторная работа № 4

ПАЙКА МЯГКИМИ И ТВЁРДЫМИ ПРИПОЯМИ

Цель работы: изучение технологии и приобретение практических навыков пайки мягким и твёрдым припоем.

Краткие теоретические сведения. Пайка – это процесс соединения металлов и сплавов в твердом состоянии посредством расплавленного припоя, температура плавления которого ниже температуры плавления соединяемых металлов, который смачивает соединяемые поверхности, затекает в зазор и в последующем кристаллизуется. Основной металл и припой, взаимно растворяясь друг в друге, обеспечивают достаточно высокую прочность соединения. В зависимости от температуры плавления припоев пайку подразделяют на низкотемпературную (мягкую) и высокотемпературную (твёрдую). При низкотемпературной пайке припои имеют температуру плавления не выше 450 °C, а высокотемпературной – выше 450 °C. Предел прочности соединений составляет соответственно 50...70 МПа и 300...350 МПа, а иногда и более.

Прочность соединения, незначительный нагрев основного металла, не приводящий к изменению структуры и механических свойств металла, чистота соединения, что не требует в большинстве случаев последующей обработки, сохранение форм и размеров деталей способствуют широкому применению пайки в машиностроении и ремонтном производстве. В машиностроении пайка применяется при изготовлении лопаток и дисков турбин, трубопроводов, радиаторов, ребер двигателей воздушного охлаждения, рам велосипедов, сосудов промышленного назначения, газовой аппаратуры и др. В электротехнической промышленности пайка в ряде случаев является единственным возможным методом соединения деталей. В ремонтном производстве она применяется при восстановлении радиаторов, топливных баков и трубопроводов, карбюраторов, кабин и др.

Пайка включает в себя следующие процессы: нагрев основного металла до температуры чуть выше расплавления припоя; плавление припоя; взаимную диффузию припоя и паяемого металла; химическое взаимодействие припоя с паяемым металлом; кристаллизацию жидкой прослойки припоя.

Качество, прочность и эксплуатационная надёжность паяного соединения во многом зависит от правильного выбора припоев, которые должны обладать следующими свойствами:

- иметь температуру плавления ниже температуры плавления основного металла;
- в расплавленном состоянии хорошо смачивать паяемый материал и легко растекаться по его поверхности;
- обеспечивать достаточно высокую сцепляемость с основным материалом, прочность, пластичность, герметичность и коррозионную стойкость паяного соединения;
- иметь коэффициент термического расширения, близкий к коэффициенту паяемого материала, хорошую электро- и теплопроводность.

Низкотемпературные припои

Низкотемпературные припои представляют собой сплав олова со свинцом. Их применяют для пайки деталей из стали, серого чугуна, алюминия, керамики, стекла, меди, цинка, свинца, олова, их сплавов и др. Соединения, полученные низкотемпературной пайкой, достаточно герметичны, но имеют невысокую прочность. Для получения специальных свойств к оловянно-свинцовым припоям добавляют сурьму, кадмий, индий и другие металлы.

Низкотемпературные припои изготавливают в виде проволоки (1), чушек (2), литых прутков (3), трубок (заполняются флюсом), зерен, лент фольги, а также в виде порошков и паст из порошка с флюсом (рис. 4.1)

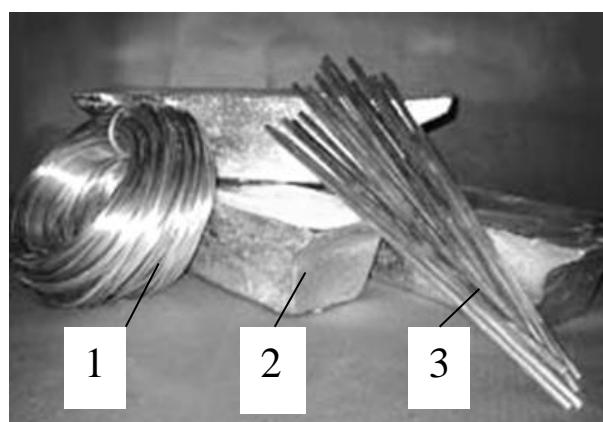


Рисунок 4.1 – Виды низкотемпературного припоя

Оловянно-свинцовые припои изготавливают следующих марок (ГОСТ 21930-76):

бессурьмянистые – ПОС 90, ПОС 61, ПОС 40, ПОС 61М, ПОС 1 ПОССУ 61 – 0,5, ПОСК 50 – 18 и др.;

малосурьмянистые – ПОССу 61 – 0,5, ПОССу 50 – 0,5, ПОССу 40 – 0,5, ПОССу 30 – 0,5 и др.;

сурьмянистые – ПОССу 40 – 2, ПОССу 35 – 2, ПОССу 30 – 2, ПОССу 15 – 2 и др.

В обозначении марки буквы указывают: П – припой; О – олово; С – свинец; К – кадмий; М – медь; Су – сурьма; числа: первое – среднее содержание олова, (%), последующие – среднее содержание кадмия, %, максимальное содержание сурьмы, (%); при отсутствии числа – содержание элемента около 1%; остальное – содержание свинца, (%). Например, ПОСК 50 – 18: припой со средним содержанием олова – 50% и кадмия – 18%, остальное (32%) – свинец; ПОССу 40 – 2: припой со средним содержанием олова – 40%, максимальным содержанием сурьмы – 2%, остальное (58%) – свинец.

Припой марки ПОС 40 применяют для пайки электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами; припои марок ПОССу 30 – 0,5 и ПОСу 25 – 0,5 применяют для пайки радиаторов, а припои марок ПОССу 18 – 2, ПОССу 15 – 2 и другие для пайки деталей в автомобилестроении.

Высокотемпературные припои

Высокотемпературные припои – это медно-цинковые и серебряные припои. В соответствии с ГОСТ 21137-78, выпускаются медно-цинковые припои марок ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54. В обозначении марки буквы указывают: П – припой; М – медь; Ц – цинк; число – среднее содержание меди, (%). Припои содержат значительное количества цинка (64...46%), что придаёт паяным швам хрупкость. Припой ПМЦ-36 плавится в интервале температур 800...825 °С и применяется для пайки латуни, содержащей до 68% меди; припой ПМЦ-48 плавится в интервале температур 850...865 °С и применяется для пайки медных сплавов, содержащих более 68% меди; припой ПМЦ-54 плавится в интервале температур 876...880 °С и применяется для пайки меди, бронзы, томпака (латуни, с содержанием цинка до 10 %), стали. Припои изготавливают в виде зёрен. По величине зерна они делятся на два класса: класс А – зерна величиной от 0,2 до 3,0 мм, класс Б – зерна величиной от 3 до 5 мм.

Часто в качестве припоя используют чистую медь или латунь Л62 (62% меди, остальное цинк) и Л68 (68% меди, остальное цинк).

Серебряные припои применяют для лужения и пайки меди, медно-никелевых сплавов, никеля, латуней и бронз, титана и титановых

сплавов с нержавеющей сталью и др. Основными компонентами припоев являются серебро, медь, цинк. Для придания необходимых свойств добавляют кадмий, олово, сурьму, фосфор и свинец. В соответствии с ГОСТ 19738-2015, припои изготавливают в виде полос, проволоки, фольги, штампованных заготовок следующих марок: ПСр72, ПСр71, ПСр70, ПСр50Кд и др. Всего 32 марки. В обозначении марки буквы указывают: П – припой; Ср – серебро; Кд – кадмий; М – медь; О – олово; С – свинец; Су – сурьма; Ф – фосфор; Ц – цинк. Числа и цифры означают номинальное (среднее) содержание серебра в припое в процентах, а иногда и других компонентов. Полный химический состав припоя можно узнать только в ГОСТ. Например, ПСр72 – припой, со средним содержанием серебра 72%, остальное – медь. ПСр70 – припой, со средним содержанием серебра 70%, меди – 26%, остальное цинк. Интервал температур плавления припоя зависит от его химического состава. Например, припой ПСр70 плавится в интервале температур 715...770 °C, а припой ПСр10 – в интервале температур 822...850 °C.

Флюсы

Для растворения и удаления окислов с поверхности соединяемых деталей, а также для улучшения смачиваемости и растекания припоя применяют флюсы. Они должны удовлетворять нижеследующим требованиям.

1. Температура плавления флюса, должна быть ниже температуры плавления припоя.
2. К моменту начала плавления припоя флюс должен смачивать поверхность основного материала.
3. При температуре пайки расплавленный флюс должен обеспечивать полное удаление окислов и защиту от окисления основного металла и припоя.
4. Флюс не должен терять активности и защитных свойств при длительном нагреве.
5. Продукты флюсования не должны способствовать активному развитию коррозии паяных соединений.
6. При нагревании флюсы не должны выделять токсичных веществ и химически взаимодействовать с припоеем.

Различают флюсы для низкотемпературной пайки и высокотемпературной, а также для пайки алюминиевых сплавов, нержавеющих сталей и чугуна.

Для низкотемпературной пайки используют канифоль, хлористый цинк, нашатырь и различные пасты.

Канифоль – хрупкое, стекловидное, аморфное вещество, с характерным роговистым изломом и стеклянным блеском от тёмно-красного до светло-жёлтого цвета, получают при перегонке сосновой смолы. В сырой смоле хвойного дерева обычное соотношение между канифолью и скипидаром 3:1. Применяется в виде палочек, порошка или раствора в этиловом спирте. Канифоль не растворима в воде. Температура плавления от 50 до 130 °C.

Хлористый цинк ($ZnCl_2$) получают растворением одной части мелко раздробленного цинка в пяти частях соляной кислоты. Для уменьшения коррозионной активности раствора в него добавляют нашатырный спирт до исчезновения молочного цвета.

Нашатырь (хлористый аммоний NH_4Cl) применяется в виде белого порошка и кристаллов. При нагревании он разлагается с выделением вредного для здоровья человека белого газа. Поэтому при пайке рекомендуется пользоваться раствором нашатыря: 100 г нашатыря растворяют в 0,5 литра воды и добавляют небольшое количество хлористого цинка.

Паяльные пасты представляют собой жидкость, состоящую из хлористого цинка и нашатыря или хлористого цинка и крахмала.

Канифоль преимущественно применяют для пайки электро- и радиоаппаратуры, поскольку она не вызывает коррозии паяных швов и не требуется последующая обработка. Хлористый цинк обеспечивает хорошее качество при пайке чёрных и цветных металлов, кроме алюминия и его сплавов, цинковых и оцинкованных деталей.

Для высокотемпературной пайки в качестве флюсов используют буру, борную кислоту и другие вещества.

Бура ($Na_2B_4O_7$) применяется в виде порошка. Рекомендуется применять безводную буру, для чего её прокаливают и затем хранят в банке с плотно закрытой крышкой. Бура, содержащая воду, снижает качество пайки.

Борная кислота (H_3BO_3) представляет собой белые, на ощупь жирные чешуйки. По флюсующим свойствам борная кислота лучше буры, но она и дороже.

В последнее время на практике применяют высокотемпературные флюсы марок ПВ200, ПВ201, ПВ209, ПВ209Х и др. В состав флюса ПВ201 входят: бура, окись бора, фтористый кальций и лигату-

ра (алюминий – медь – магний). В состав ПВ209Х входят: борная кислота, гидрат окиси калия, фтористоводородная кислота.

Для пайки алюминия используют многокомпонентные флюсы, одним из которых является флюс 34А, состоящий из 10% фтористого натрия, 8% хлористого цинка, 32% хлористого лития и 50% хлористого калия.

Для пайки нержавеющей стали используют пастообразную смесь буры и борной кислоты в отношении 1:1, замешанной в насыщенном растворе хлористого цинка, а флюсом для пайки чугуна служит бура (60%) с добавкой хлористого цинка (38%) и марганцовокислого калия (2%).

Средства нагрева и инструмент для пайки

Для нагрева деталей перед пайкой применяют следующие способы: паяльными лампами, газовыми горелками, в электролитических ваннах, токами высокой частоты и промышленной частоты в индукторах, газовых печах, кузнечном горне, контактных машинах, паяльниками и др.

В ремонтном производстве при пайке низкотемпературными припоями нагрев в основном осуществляют паяльниками. Паяльник выполняет нагрев припоя до расплавленного состояния, накапливание расплавленного припоя и нанесение его на соединяемые поверхности заготовок, прогрев металла по месту пайки и удаление излишков расплавленного припоя. По способу нагрева паяльники разделяют на три группы: периодического подогрева, с непрерывным подогревом газом или топливом и электрические.

Паяльники периодического подогрева по форме бывают молотковые (а) и торцовые (б) (рис. 4.2). Они состоят из деревянной рукоятки (3), металлического стержня (2) и рабочей части (1), выполненной из красной меди. Рабочую часть паяльников нагревают различными источниками теплоты: электрическими или газовыми плитами, паяльными лампами, газовыми горелками и др.

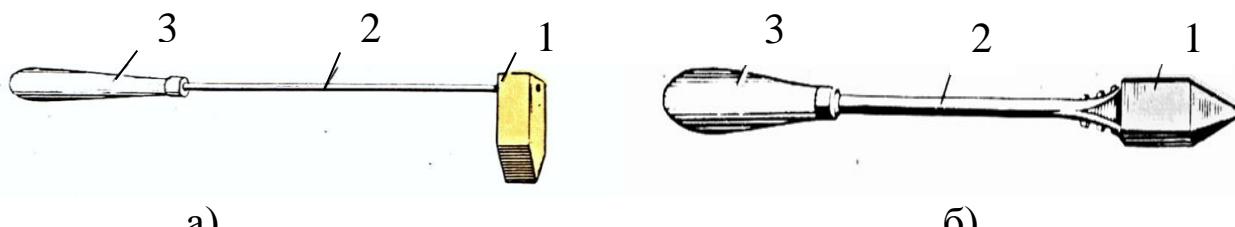


Рисунок 4.2 – Конструкции паяльников периодического подогрева

К паяльникам непрерывного подогрева относят паяльники, постоянно подогреваемые пламенем, получаемым от горения бензина или газа. Так, газовый паяльник состоит из газовой горелки и обычного паяльника периодического действия (рис. 4.3).

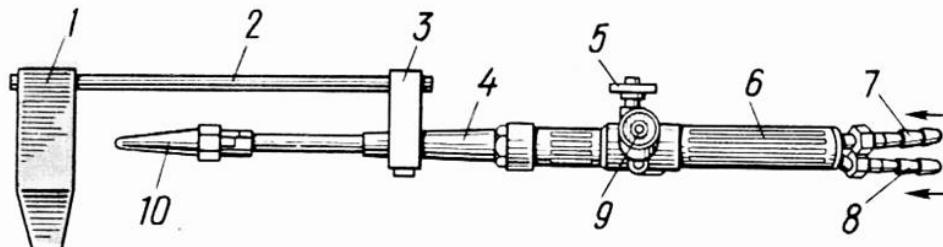


Рисунок 4.3 – Конструкция газового паяльника: 1 – рабочая часть; 2 – стержень металлический; 3 – хомут; 4 – камера смесительная; 5 и 9 – вентили регулировочные для подачи кислорода и газа; 6 – рукоятка; 7 и 8 – ниппели для кислорода и газа; 10 – сопло

Чаще применяют электрические паяльники, так как они проще в конструктивном плане и в обращении. Они бывают прямые и угловые (рис. 4.4).

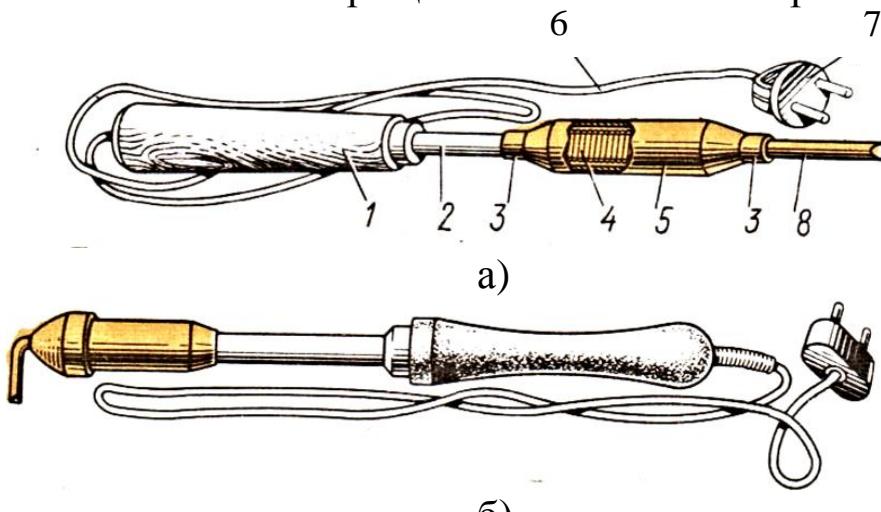


Рисунок 4.4 – Паяльники электрические: а – прямой; б – угловой; 1 – ручка; 2 – пробка стальная; 3 – хомутики; 4 – элемент нагревательный; 5 – боковины накладные; 6 – провод; 7 – вилка электрическая; 8 – рабочая часть (жало)

Паяльник состоит из ручки, провода с электрической вилкой, нагревательного элемента, рабочей части и других деталей. Нагревательный элемент – это никромовая нить, которая нагревается при протекании электрического тока и передаёт тепло рабочей части инструмента. Жало изготавливают из прутка меди, конец имеет клиновидную форму.

Электрические паяльники для пайки низкотемпературными припоями изготавливают мощностью от 10 до 250 Вт и маркируют буквами ПЦН и числами. Например, ПЦН-250 обозначает: П – паяльник электрический, Ц – несменный паяльный стержень (жало), Н – непрерывный режим нагрева, 250 – мощность, Вт.

Виды паяных соединений

Широко применяют три основные формы паяных соединений: стыковое, внахлестку и соединение «в ус» (рис. 4.5). Наиболее распространенным является соединение внахлестку, удобное для выполнения и весьма прочное. Увеличивая перекрытие соединения, можно повышать его прочность. Стыковое соединение имеет лучший внешний вид и применяется в тех случаях, когда удвоение толщины металла нежелательно. Соединение «в ус», требующее усложненной подготовки кромок, совмещает преимущества стыкового соединения и внахлестку, обеспечивает хороший внешний вид и отсутствие выступающих кромок. Соединение «в ус» дает возможность достичь достаточно высокой прочности за счет увеличения рабочей площади соединения.

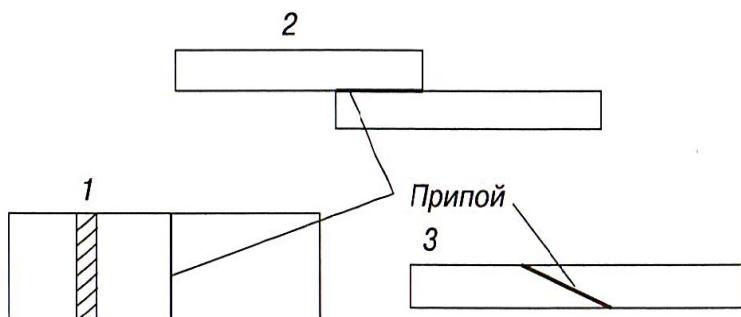


Рисунок 4.5 – Основные соединения при пайке: 1 – стыковое; 2 – внахлестку; 3 – «в ус»

Технологический процесс пайки низкотемпературным припоеем

Для получения качественного соединения технологический процесс при пайке низкотемпературными припоями состоит из нижеследующих операций.

1. Механическая обработка и очистка поверхностей деталей, подлежащих пайке, от загрязнений, жиров и окисных пленок.

Механическая обработка необходима для очистки поверхностей от ржавчины, окалины, окислов и обеспечения требуемых зазоров от 0,05 до 0,20 мм. Она проводится металлическими щётками, напиль-

никами, шлифовальной бумагой, шлифовальными кругами и другими средствами.

Очистка от загрязнений и жиров (обезжиривание) проводится органическими растворителями, такими как ацетон, бензин, метиловый и этиловый спирты и др. Эффективно и химическое обезжиривание в щелочной среде – венской извести, состоящей из смеси окислов кальция и магния в соотношении 1:1, доведённой до кашицеобразного состояния. Венскую известь кисточкой наносят на поверхность и после некоторой выдержки смывают струёй проточной воды.

Удаление окисных плёнок проводят травлением, погружая детали в растворы серной, соляной, фосфорной и других кислот или нанося кислоту кисточкой.

2. Подготовка паяльника заключается в его заправке, очистке от окалины и облучивании (рис. 4.6).

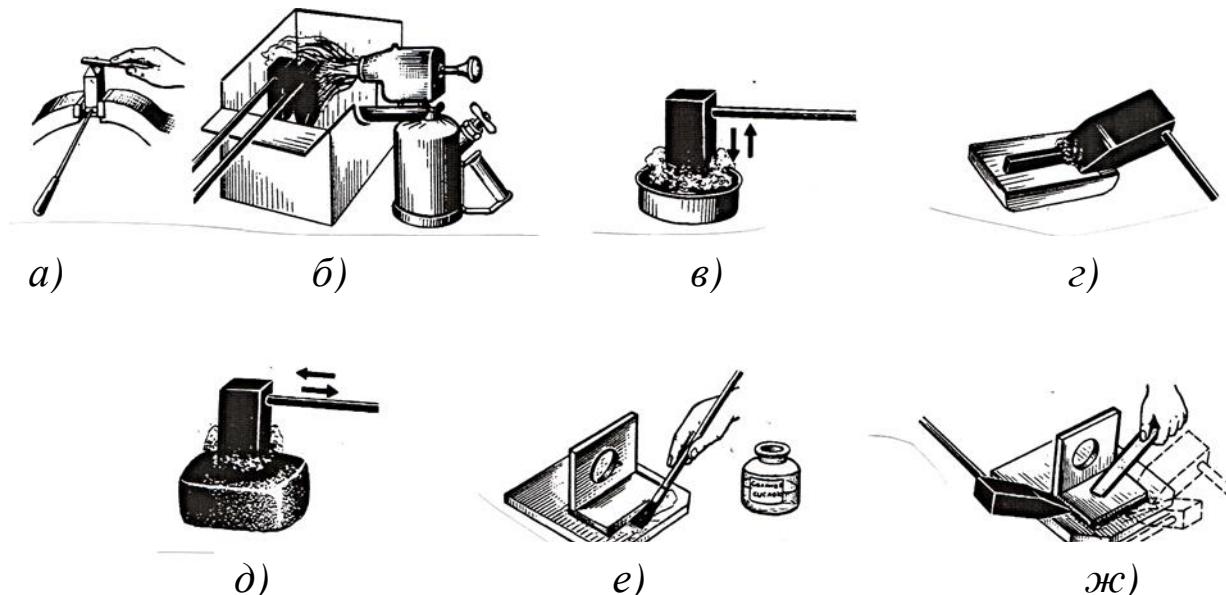


Рисунок 4.6 – Операции пайки низкотемпературными припоями паяльниками периодического подогрева: а – заправка паяльника; б – нагрев паяльника паяльной лампой; в – очистка рабочей части от окалины в хлористом цинке; г – захват припоя; д – облучживание на нашатыре; е – пропротравливание места паяния; жс – нанесение припоя

Заправка заключается в формировании рабочей части паяльника с углом при вершине 30-40 град. Операция проводится с применением напильника.

3. Облучживание участков пайки, то есть нанесение припоя. Чаще это делают с помощью паяльника.

4. Сборка деталей с таким расчётом, чтобы зазоры между ними были не более 0,2 мм, и фиксация соединяемых деталей.

5. Пайка деталей. Вначале на места пайки наносят флюс, а затем паяльником нагревают место спая, при этом расплавленный припой стекает с паяльника и заполняет зазоры.

6. Зачистка, промывка и сушка шва. Зачистка проводится с целью удаления остатков кислотного флюса (хлористый цинк или др.). После зачистки шва проводят промывку водой. Если применяется некислотный флюс (канифоль), то зачистка после пайки необязательна.

7. Контроль паяного соединения.

Технологический процесс пайки высокотемпературным припоем

Пайку высокотемпературными припоями применяют для получения прочных термостойких швов. Рассмотрим операции технологического процесса пайки данным припоем на примере составного режущего инструмента. При изготовлении такого инструмента пластины из твёрдых сплавов ВК, ТВК или ТТВК, выполняющие роль лезвия, крепятся к телу резца пайкой.

1. Механическая обработка и очистка сопрягаемых поверхностей деталей, подлежащих пайке, от загрязнений, жиров и окисных пленок. Пластины шлифуют по опорным плоскостям абразивными кругами. Обработку гнезд (пазов) на теле инструмента ведут вручную напильником или механически на фрезерном станке до тех пор, пока пластина не будет хорошо ложиться на основную грань паза и не качаться при нажатии. При необходимости проводится обезжикивание сопрягаемых поверхностей.

2. Сборка. В гнездо корпуса насыпают флюс (бура) слоем в 0,3...0,5 мм и укладывают припой на основе меди. На припой насыпают флюс слоем в 0,3...0,5 мм и устанавливают пластину. При необходимости в зазоры также насыпают флюс. Проводят крепление пластины и резца одним из методов, приведённых на рисунке 4.7.

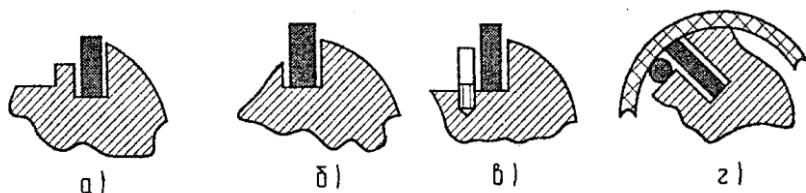


Рисунок 4.7 – Методы крепления пластин твёрдого сплава в корпусе инструмента при пайке: а – технологическая стенка; б – кернение; в – технологический штифт; г – обвязка асбестовым шнуром (наиболее удобный)

3. Пайка. Нагрев инструмента при пайке осуществляется на установках тока высокой частоты (ТВЧ), при этом индуктор должен располагаться таким образом, чтобы нагрев пластин проводился теплом от державки, а не непосредственно от индуктора (рис. 4.8).

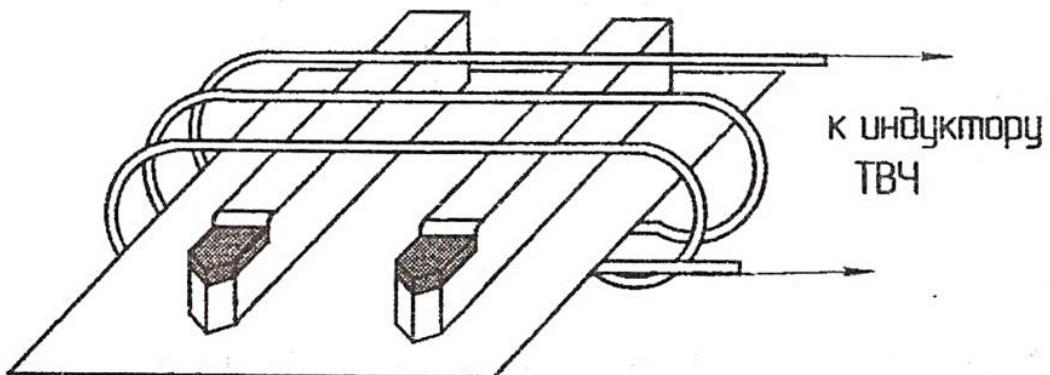


Рисунок 4.8 – Схема нагрева резцов при пайке пластин

Нагрев следует проводить с такой скоростью, чтобы обеспечить равномерный нагрев пластины и корпуса инструмента и получить минимальные напряжения в твёрдом сплаве. После расплавления припоя и выдержки в течение 5...10 секунд следует вывести инструмент из индуктора, поправить пластину, поджать её прижимом, зафиксировать в пазу корпуса и держать до полной кристаллизации припоя.

4. Охлаждение инструмента. После пайки инструмент помещают в терmostат с температурой 200...180 °С или в ящик с песком, подогретым до этой температуры, и выдерживают в нём в течение 2...4 ч.

5. Термическая обработка. Для повышения твёрдости стального корпуса проводят закалку с охлаждением в воде, масле или на воздухе, в зависимости от марки стали. После пайки и закалки резцов рекомендуется проводить низкий отпуск до твёрдости HRC_Э 37-46.

6. Очистка и заточка.

Материальное и техническое обеспечение

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. Паяльники. | 6. Флюсы. |
| 2. Муфельные печи. | 7. Припои. |
| 3. Кузнечный горн. | 8. Соляная кислота. |
| 4. Напильники. | 9. Заготовки для пайки. |
| 5. Шлифовальная бумага. | |

Порядок выполнения работы

1. Изучить оборудование и инструмент для пайки.
2. Для заданного изделия подобрать материалы для пайки его мягким припоем. Установить основные переходы, выбрать оборудование, инструмент и режимные параметры.
3. Для заданного изделия подобрать материалы для пайки его твёрдым припоем. Установить основные переходы, выбрать оборудование, инструмент и режимные параметры.
4. Произвести пайку изделий и оценить качество соединений.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Определение процесса пайки;
2. Основные характеристики и области применения пайки мягкими и твёрдыми припоями;
3. Технологический процесс пайки мягкими припоями с указанием и характеристикой флюсов и припоев;
4. Технологический процесс пайки твёрдыми припоями с указанием и характеристикой флюсов и припоев;
5. Описание изделия, основных переходов с указанием режимных параметров и материалов для пайки его мягким припоем;
6. Описание изделия, основных переходов с указанием режимных параметров и материалов для пайки его твёрдым припоем.

Выводы (какие условия необходимо соблюдать при пайке, чтобы получить качественное соединение).

Контрольные вопросы

1. Какова роль флюсов при пайке?
2. Какие флюсы применяют при пайке мягким припоем?
3. Какие флюсы применяют при пайке твёрдым припоем?
4. Каким требованиям должны отвечать флюсы?
5. Что представляет собой канифоль?
6. Что такое припой?
7. По каким признакам делятся припои на мягкие и твёрдые?
8. Какова технология подготовки поверхностей деталей к пайке?
9. Какие способы нагрева деталей используют при пайке?
10. Что представляет собой рабочая часть паяльника?

11. Какой предварительной обработке подвергают рабочую кромку паяльника?
12. Какие основные типы соединений деталей применяют при пайке?
13. В чём преимущества пайки перед сваркой?

Лабораторная работа № 5

КУЗНЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И КУЗНЕЧНЫЕ РАБОТЫ

Цель работы: изучение технологии обработки металлов свободной ковкой.

Краткие теоретические сведения. *Обработка металлов давлением* – это технологические процессы, в результате которых под действием внешних сил происходит изменение формы, размеров и физико-механических свойств заготовок без разрушения их целостности. Около 90% всей выплавляемой стали и 60% цветных сплавов подвергают тем или иным способам обработки давлением – прокатке, прессованию, волочению, объёмной или листовой штамповке, ковке. В то же время в машиностроении около 20% всех деталей получают из поковок. Поэтому почти каждый машиностроительный завод имеет кузнечные или кузнечно-штамповочные цехи, в которых изготавливают поковки горячей объёмной штамповкой или ковкой. При этом в штучном, мелкосерийном, а также в ремонтном производстве предпочтение отдают ковке.

Ковка – это обработка нагретого металла с помощью универсального кузнечного инструмента и бойков с целью получения поковок заданной формы, размеров и механических свойств. Мелкие поковки (массой до 10 кг) изготавливают ручной, а средние и крупные – машинной ковкой.

Ковка бывает свободной и несвободной. Для свободной ковки характерно свободное течение металла в направлениях, не ограниченных поверхностями инструмента. Исходный материал для свободной ковки – слитки, сортовой прокат различных размеров, блюмы (заготовки квадратного сечения). Основные операции свободной ковки – это осадка, высадка, протяжка, разгонка, рубка, прошивка, раскатка, протяжка на оправке, передача, гибка, скручивание и кузнецкая сварка.

Осадка (рис. 5.1, а) – это увеличение площади поперечного сечения и уменьшение высоты всей заготовки. За счёт сил трения (T), действующих по контактным поверхностям, боковая поверхность заготовки приобретает бочкообразную форму. Применяется для заготовок с высотой не более 2,5 диаметров или толщины.

Высадка (рис. 5.1, б) – это осаживание части заготовки. При этом ограничение деформации осуществляется путём нагрева определённого участка заготовки, или применяют подкладные кольца.

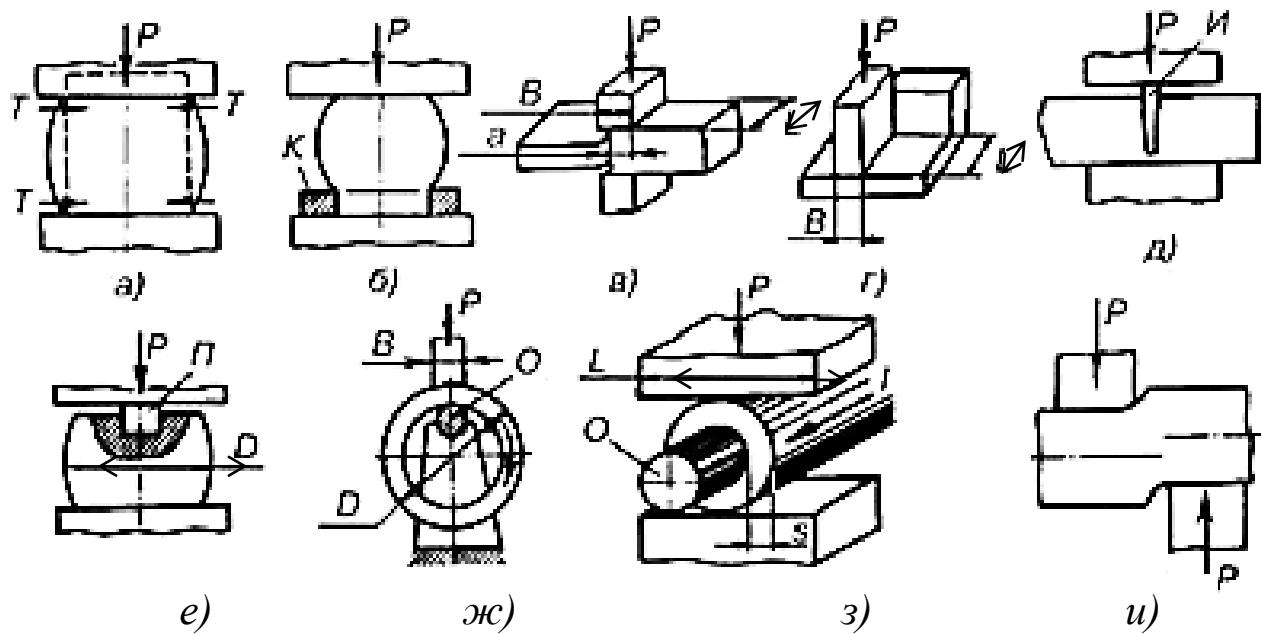


Рисунок 5.1 – Операции свободной ковки: а – осадка; б – высадка; в – протяжка; г – разгонка; д – рубка; е – прошивка; ж – раскатка; з – протяжка на оправке; и – передача; Р – нагрузка; Т – силы трения; К – кольцо; И – инструмент; П – прошивень; О – оправка; В – ширина бойка; L – участок заготовки; с – толщина стенки заготовки

Протяжка (рис. 5.1, в) – это увеличение длины заготовки и уменьшение площади её поперечного сечения. Она осуществляется последовательным обжатием отдельных примыкающих друг к другу участков заготовки при её подаче вдоль оси.

Разгонка (рис. 5.1, г) – это увеличение ширины части заготовки *L* за счёт уменьшения её толщины. Она осуществляется путём обработки отдельных участков заготовки при положении её оси перпендикулярно к ширине бойка *B*.

Рубка (рис. 5.1, д) – разделение заготовки на несколько частей. Инструментом является зубило или топор.

Прошивка (рис. 5.1, е) – получение сквозных и глухих отверстий в заготовке прошивнем *P*.

Раскатка (рис. 5.1, ж) – уменьшение толщины стенки и увеличение наружного и внутреннего диаметра заготовки с помощью бойка и оправки.

Протяжка на оправке (рис. 5.1, з) – это когда заранее прошитая заготовка увеличивается по длине и уменьшается в диаметре за счёт уменьшения толщины стенки (например, ротор турбины).

Передача (рис. 5.1, и) – это смещение одной части заготовки относительно другой. Операция применяется для изготовления коленчатых валов.

Кроме указанных способов применяют гибку, скручивание, кузнечную сварку (рис. 5.2).

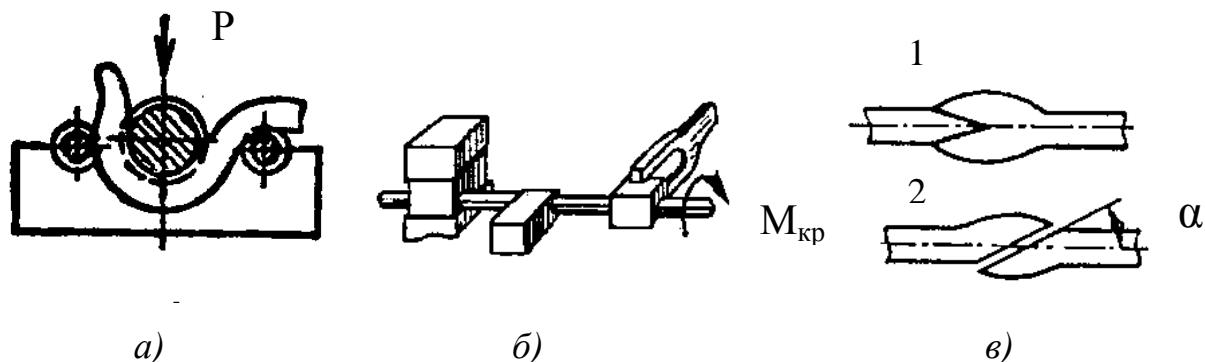


Рисунок 5.2 – Операции свободной ковки: а – гибка, б – скручивание, в – кузнечная сварка (1 – в замок; 2 – внахлестку); Р – сила; M_{kp} – крутящий момент; а – угол скоса кромок

Гибка (рис. 5.2, а) – это получение поковок с изогнутой осью. Её осуществляют с помощью различных опор, приспособлений и в подкладных штампах. Операция применяется для изготовления крюков, скоб и др.

Скручивание (рис. 5.2, б) – это смещение части заготовки вдоль продольной оси на заданный угол.

Кузнечная сварка (рис. 5.2, в) – это создание неразъёмного соединения между предварительно нагретыми заготовками путём их совместного пластического деформирования. Подготовка заготовок к сварке состоит в придании соединяемым концам определённой формы, что способствует увеличению площади соединяемых частей. Такая сварка применяется в ремонтном производстве для соединений заготовок из конструкционных низкоуглеродистых сталей.

Ковке подвергают металлы и сплавы, обладающие пластичностью, которая зависит от химического состава, скорости деформации и температуры нагрева. Чистые металлы обладают большей пластичностью, чем сплавы. Большую пластичность имеют сплавы с мелко-зернистой структурой. При повышении скорости деформации до определённого значения, пластичность уменьшается, а при дальнейшем увеличении – увеличивается. С повышением температуры сплава пластичность увеличивается, а сопротивление деформации уменьшается. Поэтому металлы и сплавы перед ковкой нагревают.

Температурный интервал обработки сплавов ковкой

Металлы и сплавы перед обработкой давлением нагревают до определенной температуры. Эту температуру называют температурой начала горячей обработки давлением. Однако в процессе обработки металл отдаёт тепло инструменту и в окружающую среду и постепенно остывает. Закончить обработку надо при определённой температуре, ниже которой значительно снижается пластичность, что может привести к появлению трещин в заготовке и поломке инструмента. Минимальную температуру, при которой можно производить обработку, называют температурой окончания обработки давлением. Область температур между началом и окончанием обработки, в которой металл или сплав обладает наилучшей пластичностью, наименьшей склонностью к росту зерна и минимальным сопротивлением деформации, называют температурным интервалом горячей обработки давлением.

Температурные интервалы ковки углеродистых сталей и цветных сплавов назначают по диаграммам состояния этих сплавов или же выбирают по справочным данным, составленным на основе этих диаграмм и практического опыта. Углеродистую сталь следует обрабатывать давлением в определённом интервале температур, расположенному на диаграмме состояния выше критической точки A_1 (линия PSK) на $25\dots75$ $^{\circ}\text{C}$ и ниже линии солидус (AE) на $150\dots200$ $^{\circ}\text{C}$ (рис. 5.3). Область горячей обработки сталей давлением заштрихована.

Конкретный интервал температур начала и конца ковки определяют для каждой марки стали по содержанию в ней углерода. Отмечают на оси абсцисс (С, %) содержание углерода, восстанавливают из этой точки перпендикуляр до пересечения с линиями начала и конца ковки. Из точек пересечения с этими линиями проводят линии параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат (T , $^{\circ}\text{C}$) и получают соответственно температуру начала и конца ковки, то есть температурный интервал горячей обработки данной стали давлением (ковкой).

При нагреве стали выше температуры начала ковки происходит интенсивный рост зёрен аустенита. Структура стали становится крупнозернистой, пластичность и другие механические свойства ухудшаются. Это явление называется *перегревом*. Его считают браком, который в большинстве случаев можно устраниć отжигом или нормализацией.

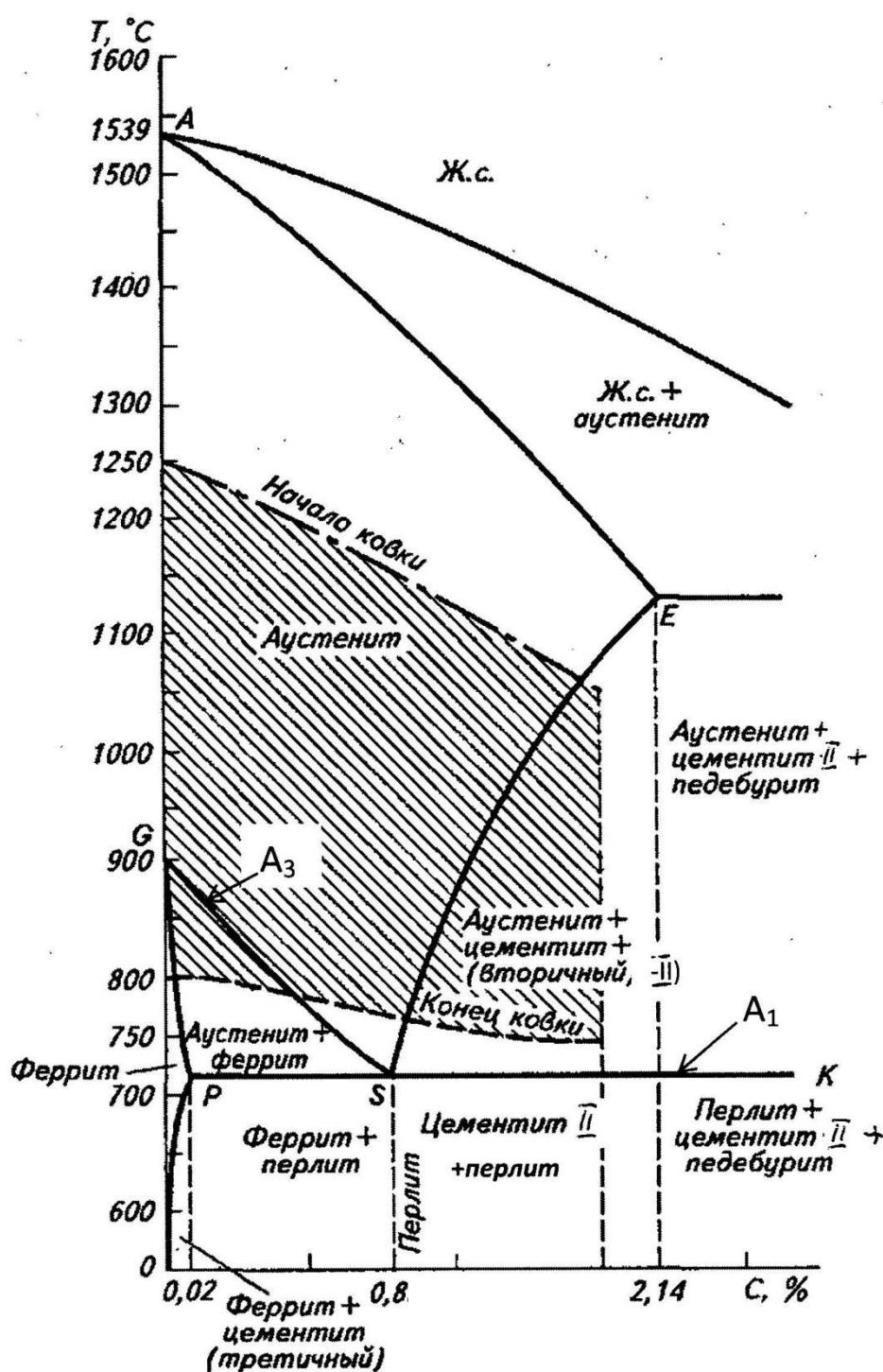


Рисунок 5.3 – Температурный интервал горячей обработки давлением углеродистых сталей

Если сталь нагреть до температуры близкой к температуре плавления (линия AE), то зёरна аустенита становятся очень крупными и происходит окисление границ зёрен кислородом, что приводит к образованию между зёрнами хрупкой оксидной плёнки. В результате связь между зёрнами нарушается, и при приложении усилия металл рассыпается. Это явление называется *пережогом*. Его можно обнаружить по внешнему виду нагретого металла, который имеет ослепитель-

тельно белый, искрящийся цвет. Пережог металла является браком неисправимым и поковка должна идти на переплавку.

Как видно из рисунка 5.3, с увеличением содержания углерода в стали интервал ковочных температур снижается примерно с 500 до 300 °С. Для высоколегированной стали этот интервал ещё меньше. В этой связи определение и соблюдение интервала ковочных температур является важной задачей для получения качественных поковок.

Для точного контроля температуры в печи, нагрева заготовок и поковок применяют устройства и приборы: термопары, милливольтметры, потенциометры, бесконтактные ИК – термометры (пиromетры) и др. На практике опытные кузнецы определяют температуру стали (°С) по цветам каления: 500 – начало свечения; 600 – тёмно-бурый; 650 – буро-красный; 700 – тёмно-красный; 750 – вишнёво-красный; 800 – светло-вишнёво-красный; 850 – красный; 900 – светло-красный; 950 – оранжевый; 1000 – насыщенный жёлтый; 1100 – светло-жёлтый; 1150 – матово-белый; 1250 и более – ярко-белый (белое каление).

Нагревательные устройства

Все устройства для нагрева заготовок для ковки подразделяют на нагревательные печи и электронагревательные устройства.

Нагревательные печи классифицируют по следующим признакам: источнику энергии – *пламенные и электрические*; назначению – *кузнецкие и прокатные*; принципу действия – с *периодической (камерные)* и *непрерывной загрузкой (методические)*. Пламенные печи могут работать на твёрдом, жидким и газообразном топливе. В последнее время печи работают в основном на газе. Схема камерной печи приведена на рисунке 5.4. В печи заготовки укладываются на поду 1 и после их прогрева до заданной температуры извлекают через окно 7, предварительно подняв блоком 6 заслонку 9 с противовесом 10. Рабочее пространство печи нагревается за счёт сжигания топлива с помощью форсунок или горелок 11. Загрузка и выгрузка печи производится периодически.

Электронагревательные устройства применяют для нагрева заготовок в серийном и массовом производстве. В таких устройствах теплота выделяется в заготовке в виде теплоты сопротивления при пропускании через неё тока большой силы либо при возбуждении в ней вихревых токов в специальных индукционных печах (рис. 5.5).

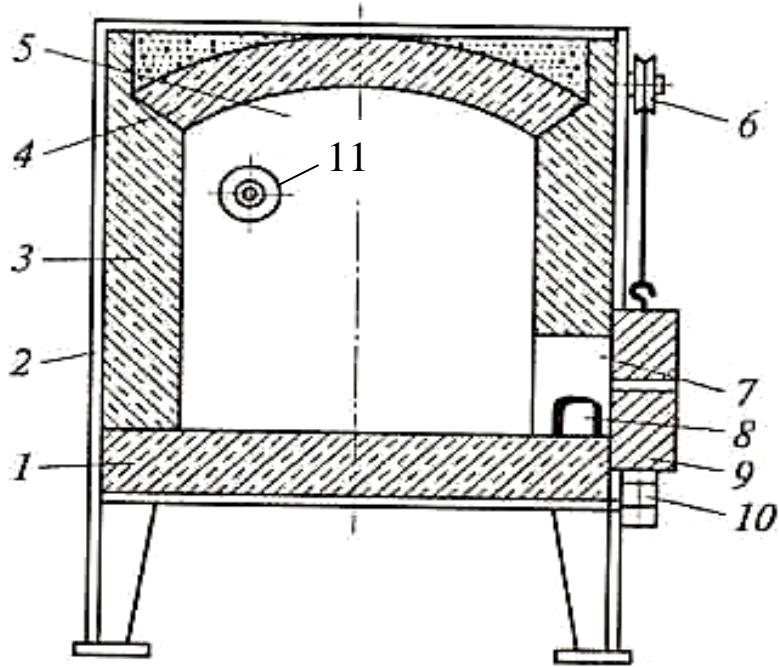


Рисунок 5.4 – Схема камерной нагревательной печи: 1 – под; 2 – каркас; 3 – стена; 4 – свод; 5 – рабочее пространство; 6 – блок; 7 – окно; 8 – газовый канал; 9 – заслонка; 10 – противовес; 11 – горелка

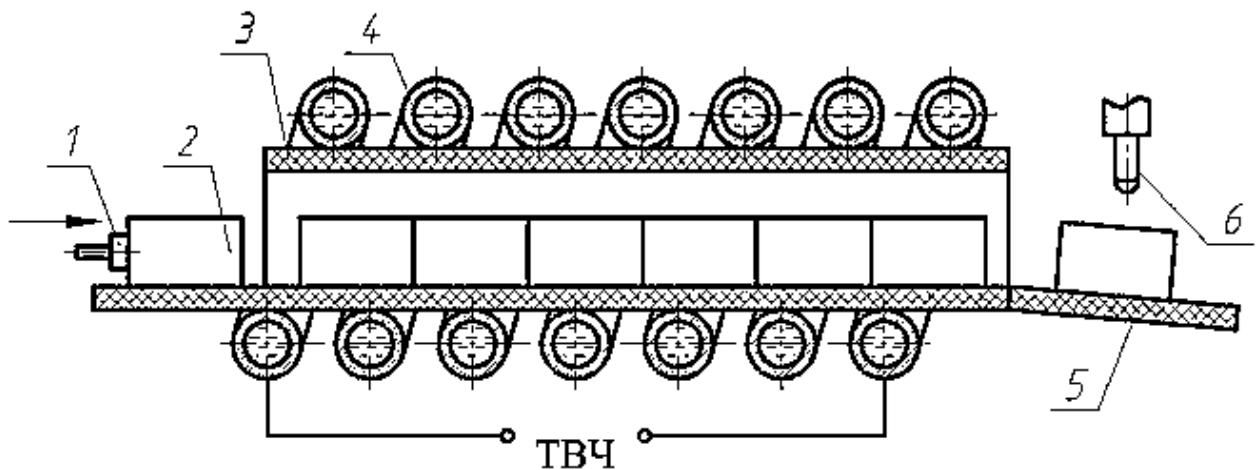


Рисунок 5.5 – Схема печи индукционного нагрева: 1 – толкатель; 2 – заготовка; 3 – каркас; 4 – катушка; 5 – жёлоб наклонный; 6 – устройство для контроля температуры заготовки

С помощью толкателя 1 заготовки 2 помещаются в индуктор, состоящий из каркаса 3 и катушки 4, изготовленной из медной трубы, охлаждаемой водой. При питании катушки 4 током высокой частоты внутри индуктора возникает переменное магнитное поле, которое наводит в заготовке вихревые токи. Протекание вихревых токов в металле сопровождается выделением теплоты. Из индуктора нагре-

тые заготовки выталкиваются и по наклонному желобу поступают в накопитель. На выходе из индуктора ведётся контроль температуры заготовок.

Для нагрева мелких поковок при ручной и машинной ковке в единичном и ремонтном производстве применяют кузнечные горны открытого и закрытого типов. У закрытых горнов камера, в которой нагревают заготовки, закрыта со всех сторон. У открытых горнов камеры нет. Устройство одноместного открытого горна приведено на рисунке 5.6.

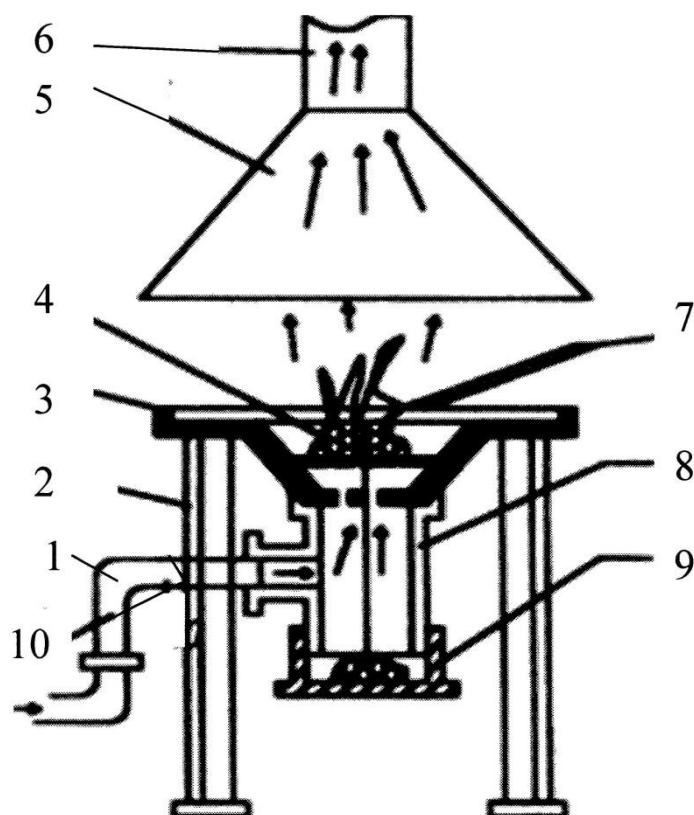


Рисунок 5.6 – Схема устройства кузнечного одноместного открытого горна: 1 – труба воздушная; 2 – подставка; 3 – чаша чугунная; 4 – решётка чугунная; 5 – зонт вытяжной; 6 – труба дымовая; 7 – заготовка; 8 – фурма; 9 – крышка; 10 – заслонка

На подставке 2 установлена горновая чугунная чаша 3 с чугунной решёткой 4. В низу к чаше присоединена фурма 8 и труба 1, через которую от вентилятора поступает воздух для дутья. Уголь загружают на решётку и после его розжига сюда же закладывают заготовку. Дутьё регулируют заслонкой 10. Чем больше открыто отверстие в трубе 1, тем больше проходит воздуха в чашу и тем интенсивнее горит уголь, и тем выше температура. Продукты горения: углекислый

газ, окись углерода, сажа и другие уходят под зонт и затем в дымовую трубу. Продукты горения (шлак и зола), образующиеся при сгорании, собираются в фурме и крышке 9. По мере их накопления крышку снимают и фурму освобождают.

Нагрев металла

Нагрев металла перед ковкой не менее значимая операция, чем сама ковка. Он должен обеспечить необходимую температуру заготовки, равномерно распределённую по её сечению, минимальное окисление и обезуглероживание поверхностного слоя, отсутствие микро- и макротрещин.

Скорость и продолжительность нагрева до заданной температуры зависит от химического состава металла, температуры рабочего пространства печи, толщины и формы сечения нагреваемых заготовок, способа укладки их на поду печи.

При нагреве на поверхности заготовок образуется слой окислов, называемый окалиной, толщина которого зависит от температуры и продолжительности нагрева, состава печной атмосферы, химического состава сплава и расположения заготовок в печи. Нагрев углеродистых сталей приводит к выгоранию углерода поверхностного слоя заготовки (обезуглероживание) на глубину до 2 мм, что приводит к снижению твёрдости и прочности стали. Для уменьшения этого вредного влияния применяют нагрев в защитной атмосфере, скоростной нагрев, защитные обмазки и др.

Химический состав металла определяет его теплопроводность. Например, медные и алюминиевые деформируемые сплавы, имеют высокую теплопроводность и прогреваются быстро по всему сечению. Стали, с небольшим содержанием углерода и легирующих элементов, нагреваются тоже быстро, но медленнее, чем алюминиевые сплавы, поскольку характеризуются меньшей теплопроводностью.

Заготовки из высокоуглеродистых и высоколегированных сталей следует нагревать постепенно во избежание появления в них трещин из-за низкой их теплопроводности. Для них применяют специальные ступенчатые режимы нагрева: двух- или трёхступенчатые. При этом сталь нагревают до определённой температуры, выдерживают в течение определённого промежутка времени для выравнивания температуры по сечению заготовки, затем продолжают нагрев, и вновь выдерживают при определённой температуре и т.д.

Температура рабочего пространства печи должна быть выше на 50...100 °С температуры, до которой должна быть нагрета заготовка, и она непосредственно влияет на продолжительность нагрева: чем она выше, тем быстрее нагревается заготовка.

Форма заготовки и способ укладки на поду печи также влияет на продолжительность нагрева. Например, круглая заготовка нагревается быстрее, чем квадратная. Для ориентировочного определения времени нагрева в пламенных печах стальных заготовок толщиной свыше 100 мм применяют формулу академика Н.Н. Дорохотова

$$\tau = \alpha k d \sqrt{d}, \text{ ч},$$

где τ – время нагрева от 18 до 1200 °С, ч;

d – диаметр (или сторона квадрата) заготовки, м;

α – коэффициент, учитывающий способ укладки заготовок на поду печи: принимается от 1 до 4 (большие значения при плотной укладке);

k – коэффициент, зависящий от марки стали (для углеродистых и малолегированных $k = 10$, высокоуглеродистых и высоколегированных $k=20$).

При нагреве заготовок в кузнечном горне следует соблюдать следующие условия:

1. Поковку закладывать в хорошо разогретый горн;
2. Нагреваемая часть заготовки должна быть закрыта со всех сторон разгоревшимся топливом;
3. Нагрев вести без избытка воздуха во избежание образования большого количества окалины;
4. Контролировать температуру нагрева заготовки во избежание её перегрева и пережога.

Кузнечное оборудование и инструмент для ручной ковки

Для каждого вида ковки применяется соответствующее оборудование.

Ручную ковку ведут на наковальне. Применяют три типа наковален: двурогие, однорогие и безрогие. Все наковальни изготавливают из стали 45Л с последующей обработкой наличников и рогов до твердости НВ 340...477. Наиболее распространена и удобна для ручной ковки однорогая наковальня (рис. 5.7).

Рог предназначен для гибки заготовок под различными углами и ковки поковок в виде колец. Наличник является основной рабочей

или опорной поверхностью наковальни. На опорной поверхности расположены два сквозных отверстия. Квадратное, размером 35×35 мм, предназначено для установки подкладного инструмента и приспособлений, и круглое диаметром 15 мм – для пробивки отверстий в поковках. Хвост в виде выступа с прямыми углами предназначен для гибки заготовок под углом 90° . Лапы 6 используют для крепления наковальни.

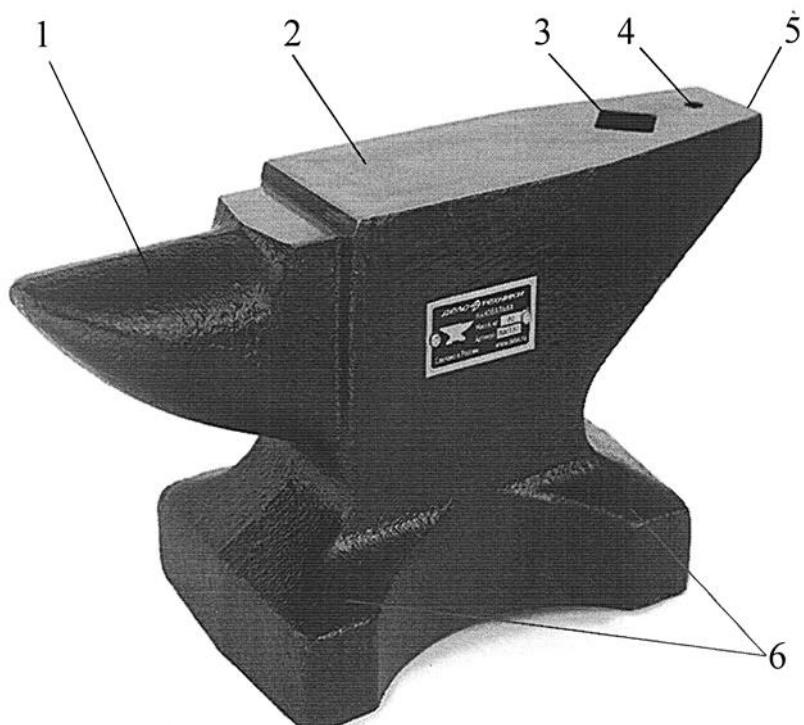


Рисунок 5.7 – Наковальня однорогая: 1 – рог; 2 – наличник (лицо); 3 – отверстие квадратное; 4 – отверстие круглое; 5 – хвост; 6 – лапы

Наковальня устанавливается на массивную чугунную или деревянную опору диаметром не менее 60 мм и высотой 900...1000 мм и закрепляется на этой опоре хомутами и костылями. Нижнюю часть деревянной опоры закапывают в землю на расстоянии 1,0...1,5 м от горна.

Кузнецкий инструмент для ручной ковки делят на основной, вспомогательный и контрольно-измерительный.

Основной инструмент – это кувалды, ручники, кузнецкие зубила, пробойники, прошивни, гладилки, набойки, протяжки, подбойки-верхники и нижники, обжимки-верхники и нижники и др. (рис. 5.8). Его используют для придания заготовке формы и размеров в соответствии с рабочим чертежом поковки.

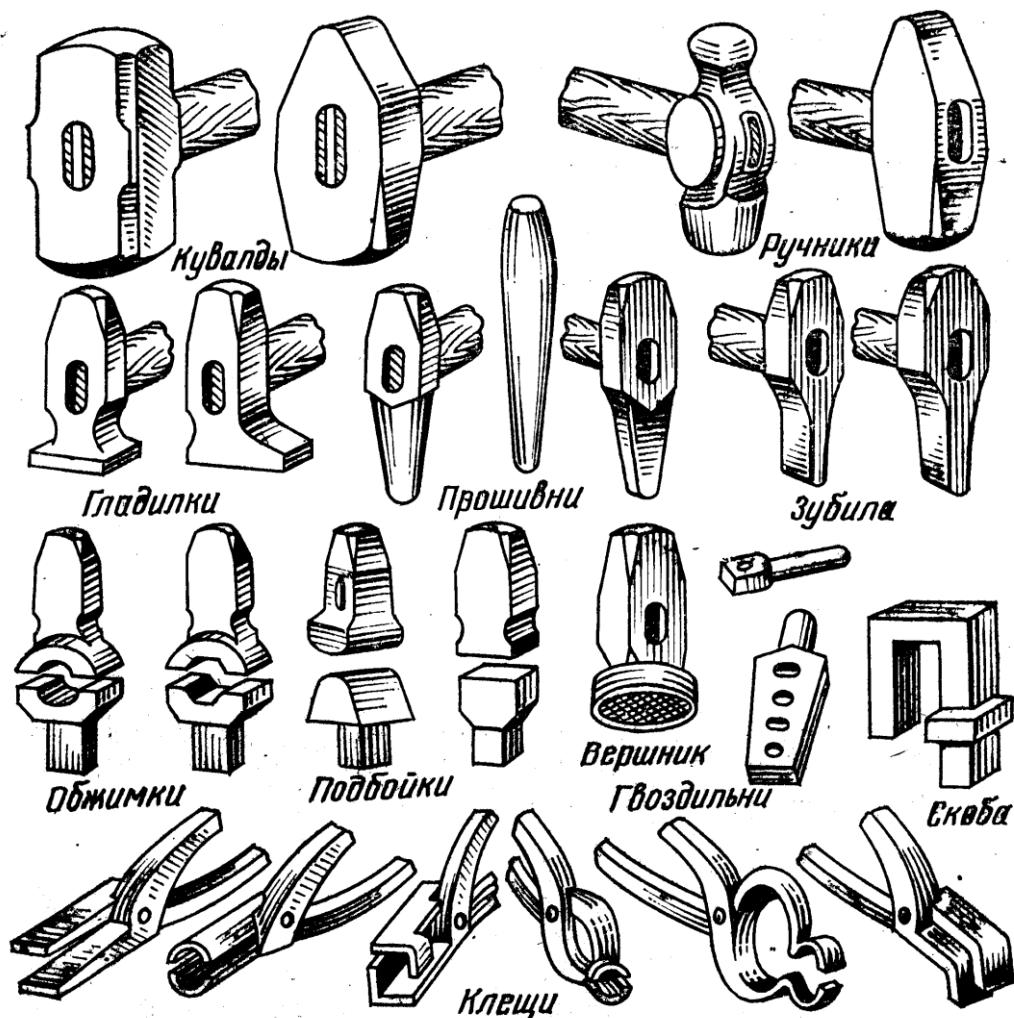


Рисунок 5.8 – Основной и вспомогательный инструмент

Вспомогательный инструмент – это поддерживающий инструмент (клещи разных типов), с помощью которого заготовку фиксируют в нужном положении в процессе ковки, кантуют, укладывают в горн или печь, извлекают из горна или печи, перемещают к наковальне, помещают в закалочную ванну и т.п. (рис. 5.8).

Контрольно-измерительный инструмент служит для разметки заготовки, контроля формы и размеров заготовки по переходам и окончательного контроля. Это линейки, кронциркули, шаблоны и др.

Кузничное оборудование для машинной ковки

Машинную ковку мелких и крупных заготовок проводят соответственно с помощью молотов и прессов. При свободной ковке мелких поковок обычно применяют пневматические ковочные молоты, средних и крупных – паровоздушные молоты и гидравлические прессы, очень крупных – только гидравлические прессы. В условиях ма-

стерских и ремонтных предприятий изготавливают мелкие поковки и поэтому применяют в основном пневматические ковочные молоты.

Основной характеристикой молота является масса падающих частей (бабы), которая для молотов, выпускаемых отечественной промышленностью, составляет 50...1000 кг. Схема устройства пневматического ковочного молота двойного действия модели 4127 приведена на рисунке 5.9.

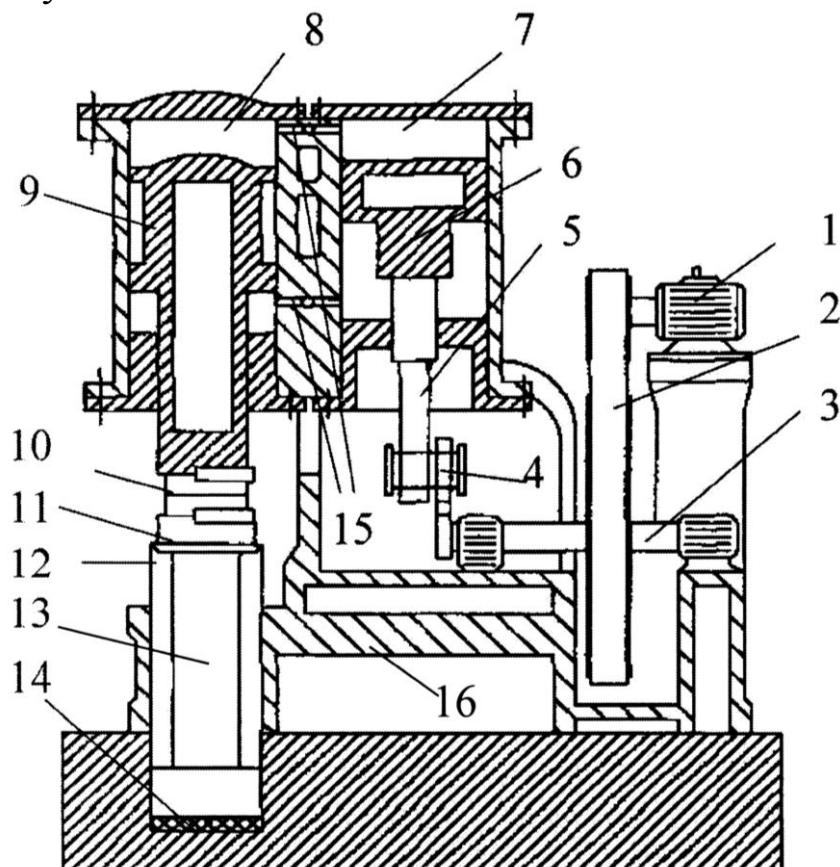


Рисунок 5.9 – Схема пневматического ковочного молота:

- 1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача;
- 3 – вал кривошипный; 4 – палец; 5 – шатун; 6 – поршень;
- 7 – цилиндр компрессорный; 8 – цилиндр рабочий;
- 9 – поршень со штоком; 10 – боек верхний; 11 – боек нижний;
- 12 – клинья деревянные; 13 – шабот;
- 14 – брусья деревянные; 15 – каналы воздушные с золотниками;
- 16 – станина

Пневматический молот имеет станину 16, в верхней части которой расположены компрессорный 7 и рабочий 8 цилиндры. Вращение от вала электродвигателя 1 посредством клиноременной передачи передаётся на кривошипный вал 3, который через палец 4 соединен с поршнем 12. При вращении вала поршень совершает возвратно-поступательное движение и сжимает воздух в компрессорном цилин-

дре. Поскольку оба цилиндра соединены между собой воздухораспределительным устройством, состоящим из золотников с каналами 15, то через них сжимаемый воздух направляется в надпоршневое или подпоршневое пространство рабочего цилиндра, а баба молота (поршень со штоком и верхним бойком) получает движение от сжатого воздуха соответственно вниз и вверх.

Крепление верхнего бойка 10 к штоку молота, а также нижнего бойка 11 к подушке шабота производится специальными клиньями. Шабот 13, масса которого примерно в 12 раз больше массы падающих частей молота – бабы молота, опирается на самостоятельный фундамент через прокладку из деревянных брусков 14 и не связан со станиной молота. Деревянные клинья 12 применяют для выравнивания положения шабота относительно бабы молота.

Управление молотом осуществляется при помощи двух золотников, установленных в воздушных каналах. Золотник представляет собой цилиндр с прорезью в середине. Этот цилиндр вращается во втулке с окнами, совпадающими с каналами цилиндра. Управляя распределением воздуха (рис. 5.10), можно регулировать перемещение падающих частей молота и производить автоматические и единичные удары бойка по заготовке, держать бабу молота на весу или прижимать поковку к нижнему бойку.

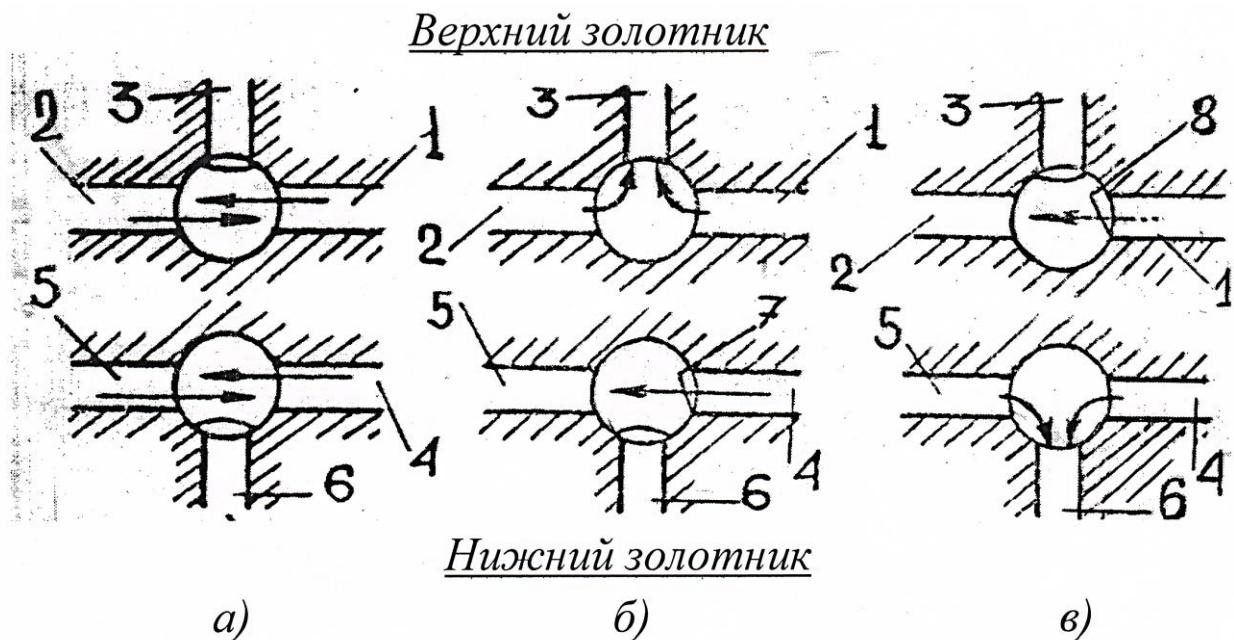


Рисунок 5.10 – Схема движения воздуха в каналах молота: 1, 4 – каналы компрессорного цилиндра; 2, 5 – каналы рабочего цилиндра; 3, 6 – каналы, сообщающиеся с атмосферой; 7, 8 – клапаны

При установке золотников в позицию «а» каналы 1 и 4 компрессорного цилиндра и каналы 2 и 5 рабочего цилиндра будут открыты, а каналы 3 и 6 закрыты. При этом воздух из компрессорного цилиндра будет нагнетаться в рабочий цилиндр и обратно. То есть в таком положении баба будет производить удары по заготовке.

При положении золотников в положении «б» канал 3 компрессорного цилиндра будет открыт, и воздух из цилиндров сможет свободно выходить в атмосферу. В это же время клапаном 7, который может открываться лишь внутрь золотника, закрывают канал 4. При движении поршня компрессорного цилиндра вниз воздух под ним сжимается, открывается клапан 7 и воздух по каналу 5 проходит под поршень рабочего цилиндра. При движении поршня компрессорного цилиндра вверх под ним создаётся разрежение, и клапан 7 плотно закроет канал 4. Таким образом, при данном положении золотников воздух поступает только под поршень рабочего цилиндра, и баба молота будет находиться на весу, то есть в верхнем положении.

Если необходимо с силой прижать заготовку к нижнему бойку, то золотники ставят в положение «в». При этом канал 3 закрыт, а канал 1 закрыт клапаном одностороннего действия 8. При движении поршня компрессорного цилиндра вверх воздух сжимается, открывается клапан 8 и по каналу 2 поступает в рабочий цилиндр. При ходе поршня компрессорного цилиндра вниз под действием сжатого воздуха клапан 8 закрывает канал 1 и воздух из рабочего цилиндра не поступает в компрессорный. В рабочем цилиндре создаётся высокое давление, под действием которого баба будет прижимать заготовку к нижнему бойку.

Управление золотниками производят рукояткой с правой стороны молота или при помощи ножной педали. Силу удара регулируют рукояткой, которая через систему рычагов и тяг открывает каналы, тем самым подавая больше или меньше воздуха в рабочий цилиндр.

Материальное и техническое обеспечение

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. Набор кузнечного инструмента. | 4. Наковальня. |
| 2. Кузнецкий горн. | 5. Заготовки. |
| 3. Пневматический молот. | 6. Измерительный
инструмент |

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструмент, применяемый при свободной ковке.

2. Изучить устройство кузнечного горна.
3. Изучить устройство и работу пневматического молота.
4. Изучить методику выбора оптимального температурного интервала ковки. Определить температурный интервал обработки заготовки из конструкционных сталей.
5. Ознакомиться с методикой определения температуры заготовки по цвету.
6. Ознакомиться с техникой выполнения отдельных кузнечных операций.
7. Выполнить осадку заготовки (рис. 5.11) и данные о размерах заготовки занести в таблицу.

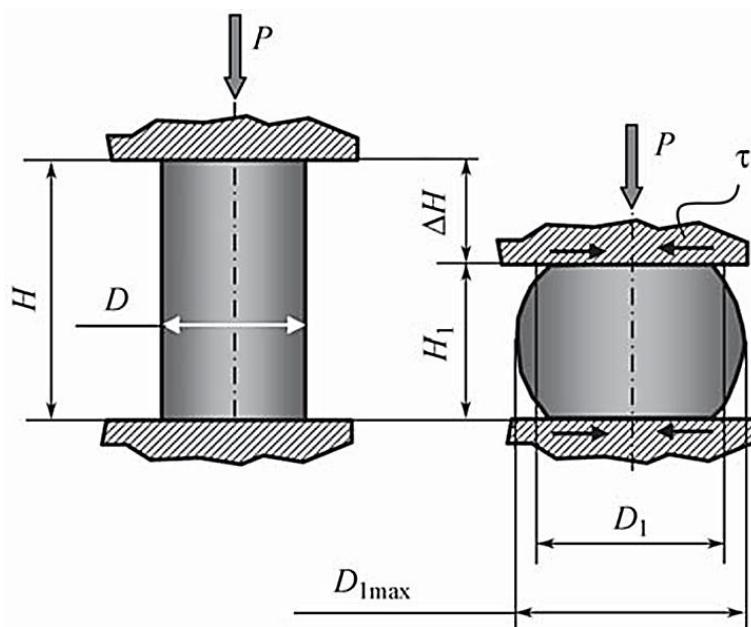


Рисунок 5.11 – Схема осадки заготовки: P – сила; H и H_1 – высота заготовки соответственно до и после обработки; D – диаметр заготовки до обработки; D_1 – средний диаметр заготовки после обработки; $D_{1\max}$ – средний диаметр заготовки после обработки

Таблица – Сведения о заготовке

Вид обработки	Вид и материал заготовки	Размеры заготовки, мм		Размеры поковки, мм	
Осадка	Цилиндр, сталь	H	D	H_1	D_1

8. Определить абсолютные и относительные показатели осадки

заготовки.

8.1 Уменьшение высоты заготовки определяется по формуле

$$\Delta H = H - H_1, \text{ мм.}$$

8.2 Степень осадки определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100\%.$$

8.3 Величина осадки определяется по формуле

$$q = \frac{H}{H_1} = \frac{D_1^2}{D^2}.$$

Средний диаметр поковки определяется по формуле

$$D_1 = D \sqrt{\frac{H}{H_1}}, \text{ мм.}$$

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Классификацию инструмента для ручной ковки;
 2. Основные операции свободной ковки и применяемый инструмент;
 3. Описание устройства кузнечного горна;
 4. Описание устройства и работы пневматического молота;
 5. Методики выбора оптимального температурного интервала ковки в соответствии с диаграммой «железо-углерод» и определения температуры заготовки по цвету;
 6. Схему и показатели выполнения кузнечной операции;
- Выводы (привести область применения свободной ковки и её показатели).

Контрольные вопросы

1. Что такое ковка?
2. Какими свойствами должны обладать металлы, подвергаемые ковке?
3. Что называется ковкостью?
4. В чём преимущество ковки перед другими методами получения заготовок?
5. Что является исходным материалом для ковки?

6. Чем отличается осадка от высадки?
7. В чём заключается сущность определения температуры металла по цветам побежалости?
8. Опишите оборудование и инструмент для выполнения кузнецких работ.
9. Что является основной характеристикой ковочного молота?
10. Что представляет собой наковальня? На какие типы они делятся?
11. Что такое лицо наковальни? Какие требования к нему предъявляются?
12. Как определить температурный интервал обработки заготовки из стали 30?
13. К каким дефектам может привести неправильный выбор температуры металла при ковке?

Лабораторная работа № 6

ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ

Цель работы: изучение технологии электросварочных работ.

Краткие теоретические сведения. Сварка – процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании. В зависимости от вида энергии, применяемой при сварке, различают три класса сварки: термический, термомеханический и механический (ГОСТ 19521-74).

К термическому классу относятся сварки, осуществляемые плавлением, т.е. местным расплавлением соединяемых частей с использованием тепловой энергии. Представителями этого класса являются дуговая, плазменная, электрошлаковая, электроннолучевая, лазерная, газовая и другие сварки.

К термомеханическому классу относятся виды сварки, при которых используется тепловая энергия и давление: контактная, диффузионная, газопрессовая и др.

К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления: холодная, взрывом, ультразвуковая, трением и др.

Наиболее применяемыми в промышленности и ремонтном производстве являются сварки термического класса и, в частности, электродуговая сварка. Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой, и представляющая собой мощный электрический разряд между проводниками в среде ионизированного газа, сопровождающийся большим выделением теплоты и света. В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока, сварочные дуги бывают прямого, косвенного и комбинированного действия (рис. 6.1).

Дуга прямого действия горит между электродом и деталью. При неплавящемся электроде (графитовом или вольфрамовом) соединение выполняется путем расплавления только основного металла 4, или с применением присадочного металла 1. При плавящемся электроде происходит одновременное расплавление основного металла и электрода.

Дуга косвенного действия горит между двумя, как правило, неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплывается теплотой столба дуги.

При сварке трехфазной дугой дуга горит между каждым электродом и основным металлом.

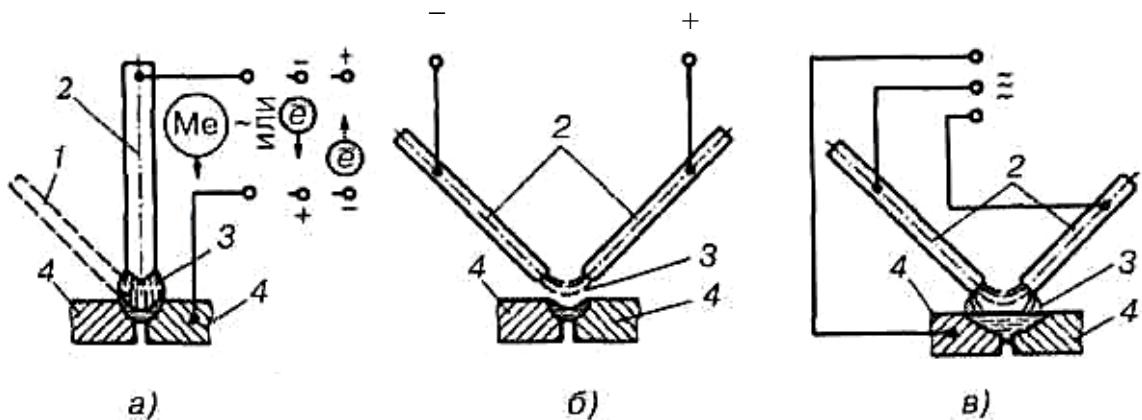


Рисунок 6.1 – Схемы дуговой сварки: а – дуга прямого действия; б – дуга косвенного действия; в – трёхфазная дуга;
1 – присадочный материал; 2 – электрод; 3 – сварочная дуга; 4 – изделие (основной металл); Me – перенос капель металла; е – движение электронов

По роду тока различают сварочные дуги постоянного и переменного тока. В дугах переменного тока происходят непрерывные изменения направления и силы тока с частотой равной частоте тока. Для дуг постоянного тока характерны неизменность направления тока и незначительные колебания его силы.

При сварке на постоянном токе различают прямую и обратную полярность. Прямая полярность – это когда изделие подключено к положительной клемме источника тока, а электрод к отрицательной. Обратная полярность – это когда изделие подключено к отрицательной клемме источника тока, а электрод к положительному.

Род тока и полярность устанавливают в зависимости от вида свариваемого металла и его толщины. При сварке постоянным током обратной полярности на электроде выделяется больше теплоты. Поэтому обратную полярность применяют при сварке тонких деталей с целью предотвращения прожога, при наплавке и при сварке легированных сталей во избежание их перегрева. При сварке углеродистых сталей применяют переменный ток исходя из учета экономичности процесса.

Свойства сварочной дуги

Сварочная дуга постоянного тока состоит из катодного пятна 2, которое образуется на электроде 1, столба дуги 3 и анодного пятна 4, которое образуется на изделии, если оно подключено к положительному клемме источника тока. Самая высокая температура в центре дуги, по её оси – $6000\ldots7000\text{ }^{\circ}\text{C}$, на катоде $3200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на аноде $3900\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при использовании угольных электродов); чуть меньше при использовании металлических электродов, соответственно $2400\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $2600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

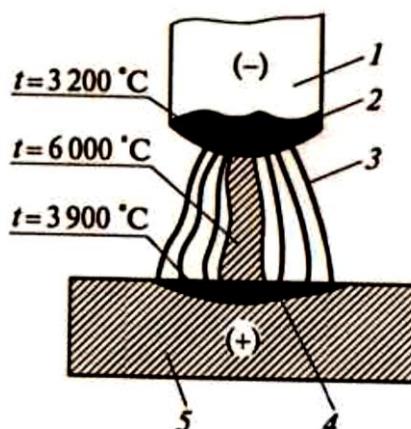


Рисунок 6.2 – Схема сварочной дуги: 1 – электрод; 2 – катодное пятно; 3 – столб дуги; 4 – анодное пятно; 5 – изделие

Высокая температура и большая концентрация теплоты сварочной дуги позволяют практически мгновенно расплавлять небольшие объёмы металла электрода и изделия. При этом на аноде выделяется около 43% теплоты, на катоде 36%, и около 21% выделяется столбом дуги.

При электродуговой сварке на нагревание и расплавление металла расходуется 60…70% теплоты электрической дуги, остальная часть рассеивается в окружающем пространстве.

К основным параметрам, характеризующим свойства сварочной дуги, относятся напряжение, сила тока и длина дуги. Зависимость между напряжением и силой тока при постоянной длине дуги выражается её статической вольт-амперной характеристикой. Она может быть падающей 1, жёсткой 2 и возрастающей 3 (рис. 6.3). Падающую характеристику имеют свободно горячие в воздухе или среде аргона дуги при силе тока до 100 А. Дугу с жёсткой характеристикой при силе тока 100 А и более применяют при ручной дуговой сварке и ав-

томатической под флюсом. Изменение напряжения зависит только от длины дуги и не зависит от силы сварочного тока. Дугу с возрастающей характеристикой используют при газоэлектрической сварке плавящимся электродом и под слоем флюса на повышенных плотностях тока.

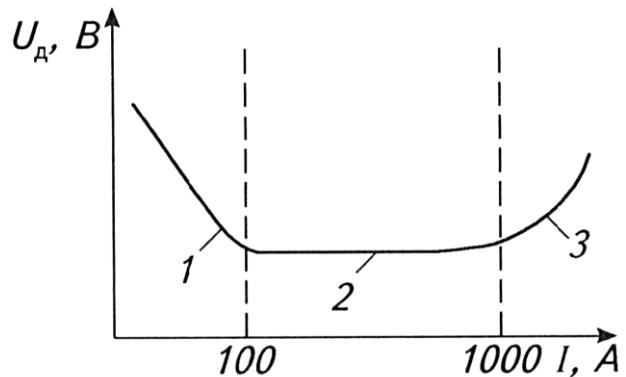


Рисунок 6.3 – Статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги

Источники питания сварочной дуги

Дуговую сварку можно проводить на переменном и постоянном токах. Источниками переменного тока для сварки являются трансформаторы, а постоянного тока выпрямители и генераторы.

Трансформатор — это электрический аппарат, предназначенный для преобразования одного переменного напряжения в другое напряжение той же частоты (рис. 6.4)

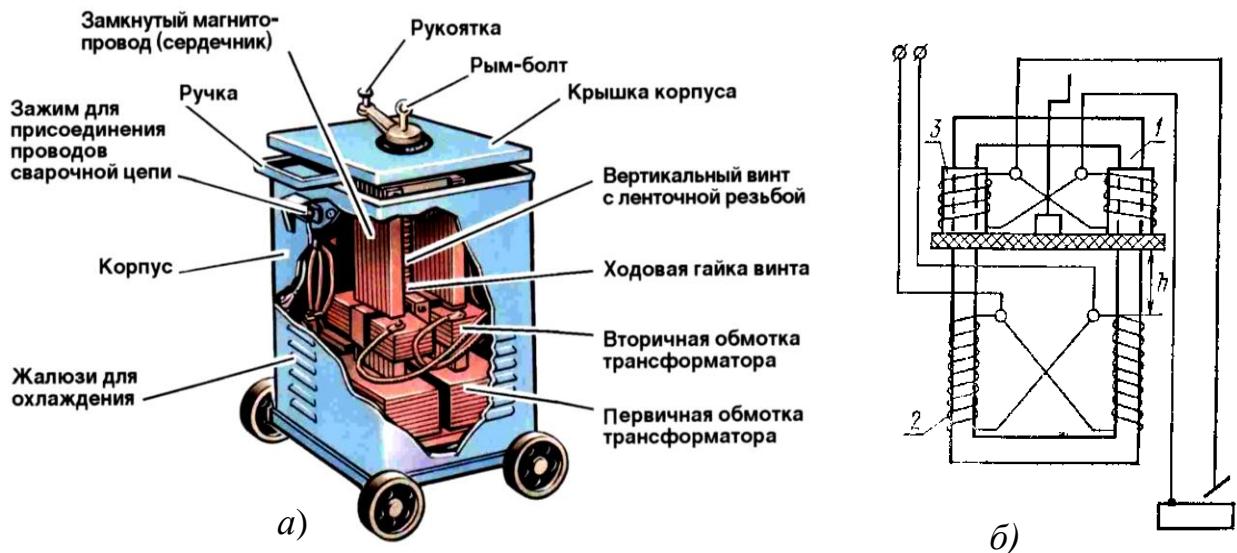


Рисунок 6.8 – Внешний вид и основные сборочные единицы и детали сварочного трансформатора (а) и схема (б): 1 – сердечник; 2 – первичная обмотка; 3 – вторичная обмотка; h – зазор между обмотками

Работа трансформатора основана на электромагнитном взаимодействии двух, не связанных между собой, обмоток провода. На практике широко применяют сварочные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеиванием. Такие трансформаторы состоят из корпуса, внутри которого расположены магнитопровод стержневого типа 1, на обоих стержнях которого расположены по две катушки: одна с первичной обмоткой 2, а вторая с вторичной обмоткой 3. Катушки первичной обмотки закреплены неподвижно в нижней части сердечника, катушки вторичной обмотки перемещаются по стержням с помощью рукоятки и передачи «ходовой винт – гайка». Сварочный ток регулируют изменением расстояния h между первичными и вторичными обмотками. При увеличении этого расстояния магнитный поток рассеяния возрастает, а сварочный ток уменьшается. При уменьшении расстояния между обмотками сварочный ток увеличивается.

Сварочные выпрямители преобразуют переменный ток промышленной частоты в постоянный с напряжением и величиной, необходимой для сварки (рис. 6.5).

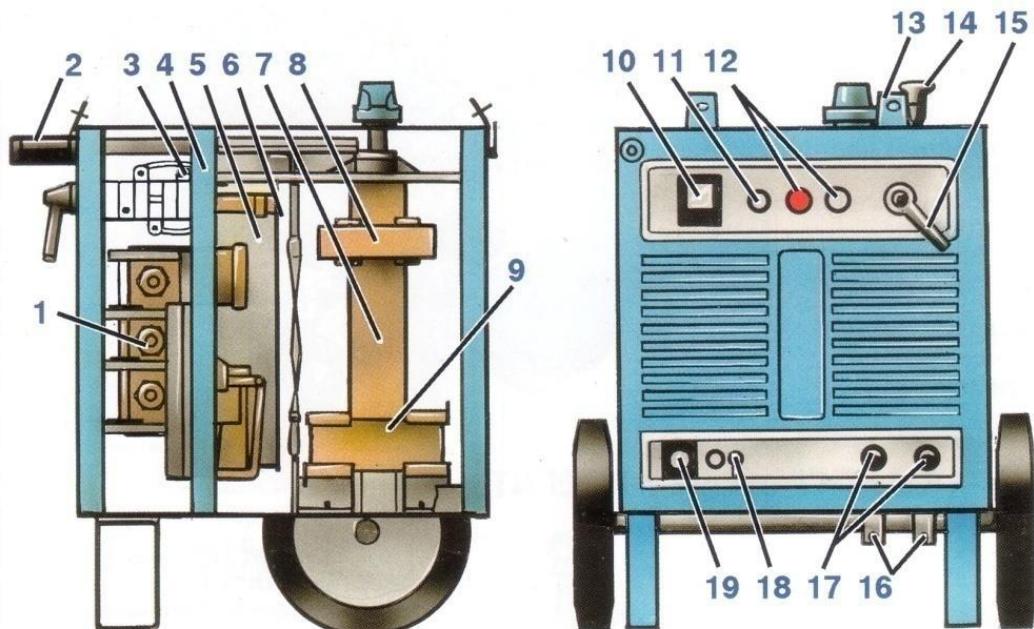


Рисунок 6.5 – Внешний вид и основные сборочные единицы и детали сварочного выпрямителя: 1 – выпрямительный блок; 2 – ручки; 3 – предохранители; 4 – блок аппаратуры; 5 – вентилятор; 6 – реле; 7 – трансформатор; 8 – вторичная обмотка; 9 – первичная обмотка; 10 – амперметр; 11 – лампа; 12 – копки управления; 13 – скобы; 14 – рукоятка; 15 – переключатель; 16 – шины заземления; 17 – токовые разъёмы; 18 – болт заземления; 19 – штепельный разъём

Они состоят из двух основных блоков: понижающего трехфазного трансформатора с устройствами для регулирования напряжения или тока и выпрямительного блока. Кроме того, выпрямитель имеет пускорегулирующее и защитное устройства, обеспечивающие нормальную его эксплуатацию. Выпрямление тока производится с помощью полупроводниковых элементов (сeleniumовых или кремниевых вентилей), которые проводят ток только в одном направлении. Выпрямление тока осуществляется по трехфазной мостовой схеме, состоящей из шести плеч. Выпрямитель имеет два диапазона регулирования сварочных токов. Ступенчатая регулировка тока обычно выполняется путем переключения первичных обмоток трансформатора с «треугольника» на «звезду». Внутри каждого диапазона плавное регулирование сварочного тока производится изменением расстояния между обмотками сварочного трансформатора.

Все источники питания должны обеспечивать возможность короткого замыкания, надёжность зажигания и горения дуги, возможность регулирования сварочного тока и быть безопасными в работе. Зажигание и горение дуги зависят от внешней вольт-амперной характеристики источника питания дуги, представляющей собой графическое изображение зависимости напряжения на его выходных клеммах от тока в электрической цепи. Они могут быть следующих видов (рис. 6.6): крутопадающая 1, пологопадающая 2, жёсткая 3 и возрастающая 4.

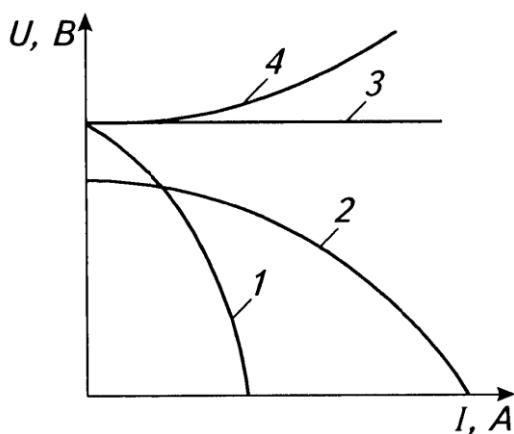


Рисунок 6.6 – Внешние вольт-амперные характеристики источников питания дуги

При выборе источника тока необходимо согласовать его характеристику со статической вольт-амперной характеристикой сварочной дуги. Взаимосвязь статической характеристики дуги 1 и внешней вольт-амперной характеристики источника питания дуги 2 приведена на рисунке 6.7.

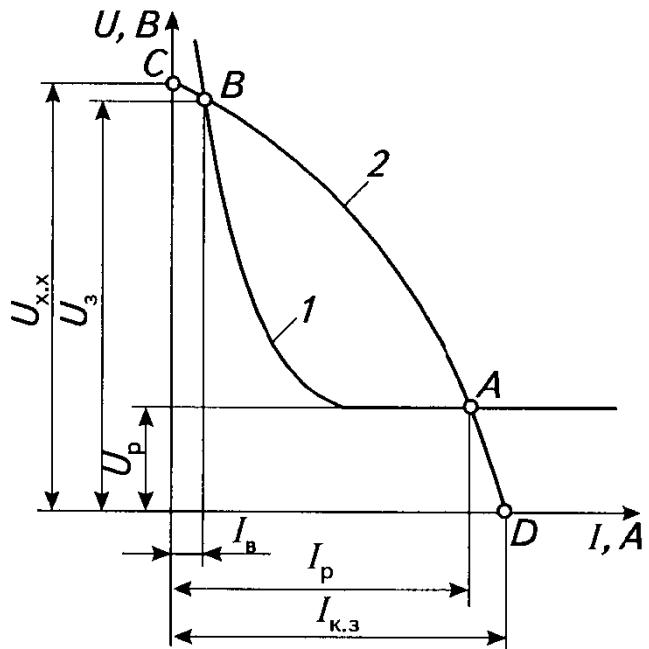


Рисунок 6.7 – Совмещение вольт-амперных характеристик: статической дуги 1 и внешней источника питания 2

Точка А соответствует режиму устойчивого горения дуги (напряжение U_p , сила тока I_p); точка В – напряжению зажиганию дуги (U_3) при силе тока I_B ; точка С – режиму холостого хода ($U_{x.x}$) источника питания в период, когда дуга не горит и сварочная цепь разомкнута ($I = 0$); точка D – режиму короткого замыкания ($I_{k.z.}$) электрода и детали ($U = 0$).

Структура сварного соединения

Неразъёмное соединение, образованное при сварке, называется сварным соединением (рис. 6.8). Оно включает в себя сварной шов и две зоны: сплавления и термического влияния.

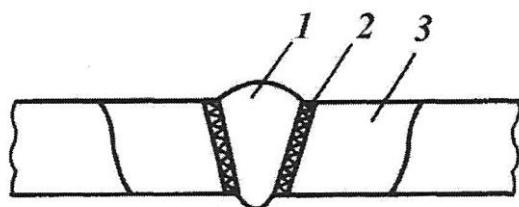


Рисунок 6.8 – Схема строения сварного шва: 1 – сварной шов; 2 – зона сплавления; 3 – зона термического влияния

Металл, находящийся вблизи сварного шва, подвергается плавлению, а также, вследствие температурного воздействия, претерпевает

ет структурные превращения. Наплавленный металл имеет крупнозернистую дендритную структуру. По мере удаления от шва температура уменьшается и образуется более мелкозернистая структура, которая обладает более высокими механическими свойствами. Область термического влияния подразделяется на участки 1–6, характеризующие структурные изменения в основном металле на различном расстоянии от сварного шва, а также распределение температуры в процессе сварки (рис. 6.9).

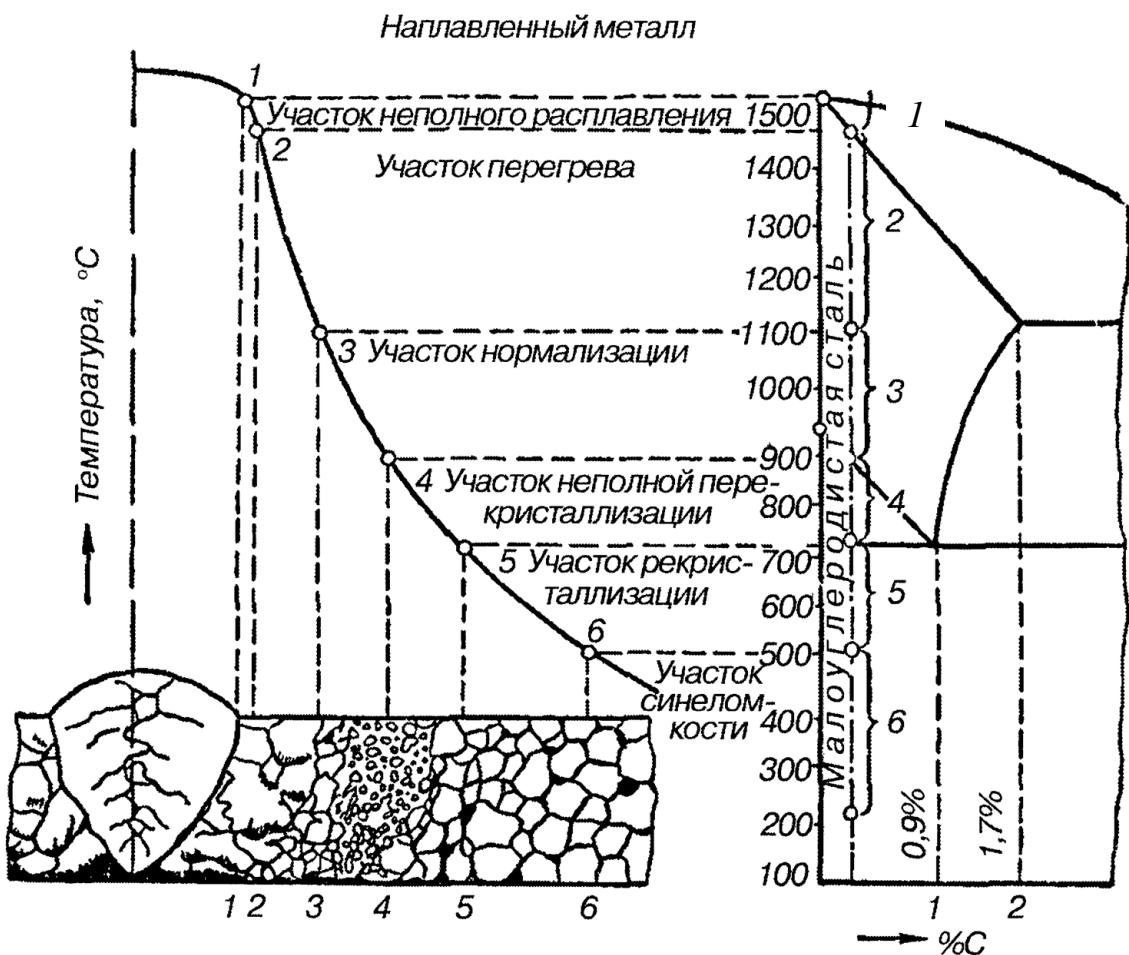


Рисунок 6.9 – Схема структуры сварного шва и структурные превращения в зоне термического влияния при сварке низкоуглеродистой стали

Участок 1 имеет небольшую ширину (0,1...0,4 мм) и состоит из частично оплавленных зёрен основного металла.

При сварке участок 2 сильно перегревается (температура 1500...1100 °C) и называется участком перегрева. Здесь формируется крупнозернистая структура с пониженными механическими свойствами. Ширина участка 1...3 мм

Участок 3 (ширина 1,2...4,0 мм) называют участком нормализации. Температура здесь не превышает 1100 °С, и создаются благоприятные условия для образования структуры нормализованной стали с характерным мелкозернистым строением и повышенными механическими свойствами.

Участок 4 характеризуется неполной перекристаллизацией стали. Здесь наряду с крупными зёренами образуются и мелкие зёрна, что обеспечивает высокие механические свойства.

Участок 5 – участок рекристаллизации, здесь структурные изменения в стали не происходят, если она перед сваркой не подвергалась пластической деформации; если подвергалась – то происходит рекристаллизация (образование равноосных зёрен).

Участок 6 – участок синеломкости. Здесь сталь не претерпевает структурных изменений. Однако в связи с уменьшением пластичности на этом участке могут образовываться трещины.

Типы сварных соединений

В зависимости от взаимного расположения свариваемых деталей, применяютстыковые, нахлесточные, тавровые и угловые соединения.

Стыковыми называют соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями, расположенных в одной плоскости или на одной поверхности (рис. 6.10). Условное обозначение стыковых соединений: С1...С48 (ГОСТ 5364-80. Сварка ручная дуговая).

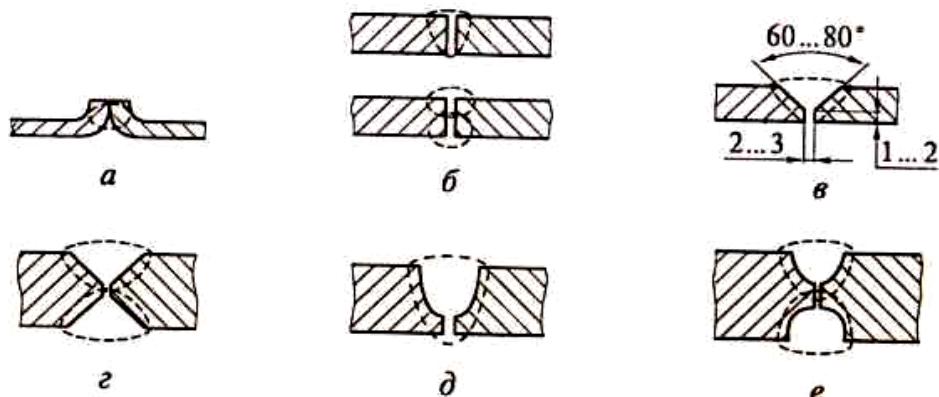


Рисунок 6.10 – Видыстыковых соединений: а – с отбортовкой;
б – без разделки кромок; в, г – с разделкой кромок
V- и X-образная; д, е – с чащебразной разделкой кромок
(одно- и двухсторонняя)

Соединения различаются по виду предварительной подготовки кромок, зависящей от толщины свариваемых листов. При толщине до 3 мм применяют сварку с отбортовкой кромок; при других толщинах применяют сварку без скоса кромок, с V-образным прямолинейным скосом одной или двух кромок, с X-образным прямолинейным или криволинейным скосом двух кромок и др. По выполнению стыковые соединения бывают односторонние и двусторонние.

Нахлесточным называется соединение (рис. 6.11, а), в котором свариваемые элементы расположены параллельно и перекрывают друг друга на величину от двух до пяти толщин свариваемых листов. Условные обозначения сварки Н1...Н2. Для увеличения прочности делают прорези шириной от трёх до восьми толщин, которые проваривают по периметру (рис. 6.11, б). Иногда сверлят отверстия и затем их заваривают, то есть получается электрозаклёпочное соединение (рис. 6.11, в).

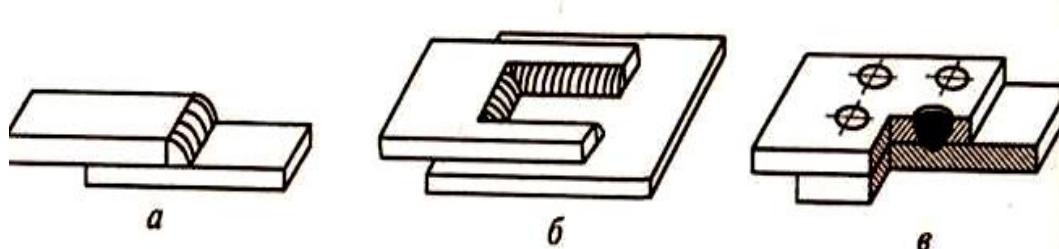


Рисунок 6.11 – Виды нахлесточных соединений

Тавровым называют соединение, в котором торец одного элемента примыкает к боковой поверхности другого элемента и приварен угловыми швами (рис. 6.12). Условные обозначения Т1...Т8. Разделку кромок проводят только у одного элемента. При толщине до 10 мм разделку кромок не проводят, но оставляют зазор 2...4 мм (рис. 6.12, а); при толщине от 10 мм до 20 мм проводят одностороннюю разделку с углом 50...60° (рис. 6.12, б); при толщине более 20 мм проводят двустороннюю разделку с зазором между элементами 2...4 мм (рис. 6.12, в).

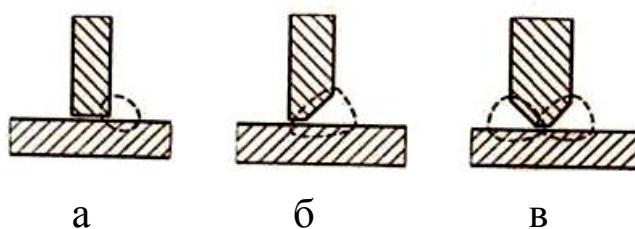


Рисунок 6.12 – Виды тавровых соединений

Угловым называется соединение двух элементов, расположенных под прямым или произвольным углом и сваренных в месте примыкания их краев (рис. 6.13). Условные обозначения У1...У10. Соединения сваривают без обработки при толщине до 10 мм (рис. 6.13, а); при толщине более 10 мм проводят смещение одного элемента на 3...5 мм или проводят разделку кромок на обоих элементах (рис. 6.13, б и в).

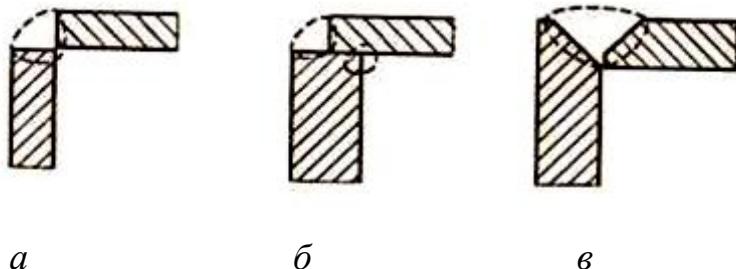


Рисунок 6.13 – Виды угловых соединений

Электроды для дуговой сварки

При проведении электросварочных работ применяют плавящиеся и неплавящиеся электроды. К неплавящимся электродам относятся угольные, графитовые и вольфрамовые электроды. Их применяют для резки металлов, удаления прибылей и дефектов отливок, сварных швов и для сварки металлов. Чаще используют плавящиеся электроды из стали, чугуна и цветных металлов и сплавов. Их изготавливают в виде проволоки, лент, порошковой проволоки, прутков и стержней с покрытием и без покрытия.

Плавящиеся электроды для дуговой сварки изготавливают из сварочной проволоки диаметром 1,6...12,0 мм и длиной 150...450 мм. (рис. 6.14). На проволоку наносят покрытие, в состав которого входят следующие компоненты:

- ионизирующие, повышающие устойчивость горения дуги – мел, полевой шпат, графит и др.;
- газообразующие, создающие газовую оболочку, защищающую расплавленный металл от кислорода и азота воздуха – мрамор, магнезит, древесная мука, целлюлоза и др.;
- шлакообразующие, образующие шлаковые оболочки, защищающие расплавленный металл от кислорода и азота воздуха и частично очищающие его – полевой шпат, мел, кварцевый песок, марганцевая и титановая руда, кремнезём и др.;

- раскисляющие, раскисляют расплавленный металл сварочной ванны – марганец, кремний, титан, алюминий и др.
- легирующие, придающие металлу шва необходимые свойства – ферросплавы, хром, никель, титан, вольфрам, молибден, марганец и др.

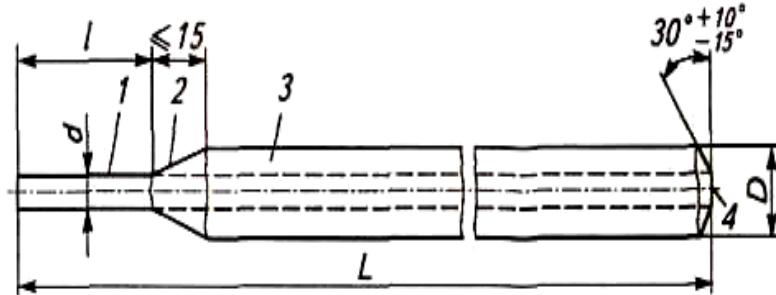


Рисунок 6.14 – Электрод покрытый: 1 – стержень; 2 – участок перехода; 3 – покрытие; 4 – контактный конец без покрытия; d – диаметр стержня (электрода); D – диаметр электрода с покрытием

Электроды классифицируют по назначению, механическим свойствам, толщине и виду покрытия, качеству, положению при сварке, по полярности применяемого тока и др.

По назначению различают электроды: У – для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с $\sigma_b \leq 600$ МПа; Л – для сварки легированных сталей с $\sigma_b > 600$ МПа; Т – для сварки легированных теплоустойчивых сталей; В – для сварки высоколегированных сталей; Н – для наплавки.

По механическим свойствам или химическому составу электроды делят на типы. Покрытые электроды обозначают буквой Э, и далее идут цифры, означающие предел прочности наплавленного металла σ_b в кг/мм². Характеристики наплавленного металла и металла шва указываются группой цифр (предел прочности, относительное удлинение, группа по температуре хрупкости).

По толщине покрытия ($\Pi = D/d$) электроды подразделяются на четыре группы: М – с тонким покрытием ($\Pi \leq 1,2$); С – со средним покрытием ($1,2 < \Pi \leq 1,45$); Д – с толстым покрытием ($1,45 < \Pi \leq 1,8$); Г – с особо толстым покрытием ($\Pi > 1,8$).

По требованиям к точности изготовления электродов и качеству наплавленного металла электроды делятся на три группы: 1, 2 и 3. Чем выше номер группы, тем лучше качество.

Покрытие электродов (вид покрытия) бывает кислое А, основное Б, целлюлозное Ц, рутиловое Р и прочее П.

Допустимое пространственное положение электродов при сварке обозначают цифрами: 1 – для всех положений; 2 – для всех положений, кроме вертикального; 3 – для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх; 4 – для нижнего.

По роду и полярности применяемого тока, а также по напряжению холостого хода источника питания электроды обозначают цифрами от 0 до 9. Например, 0 – для постоянного тока обратной полярности; 4 – для постоянного тока любой полярности.

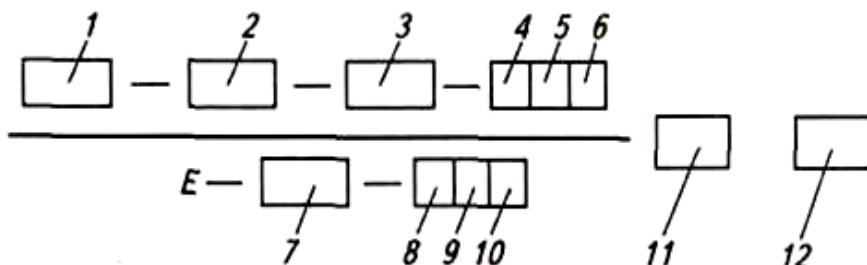


Рисунок 6.15 – Структура условного обозначения электрода: 1 – тип; 2 – марка; 3 – диаметр, мм; 4 – назначение электрода; 5 – толщина покрытия; 6 – группа электродов; 7 – группа знаков, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва; 8 – вид покрытия; 9 – допустимое пространственное положение при сварке или наплавке; 10 – род применяемого тока, полярность постоянного тока и номинальное напряжение холостого хода источника питания; 11, 12 – обозначение стандартов

Например, электрод типа Э46А по ГОСТ 9466-75, марки УОНИИ-13/45, диаметром 3 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей (У), с толстым покрытием (Д), 2-й группы, с установленной по ГОСТ 9467-75 группой знаков 432(5), с основным покрытием (Б), для сварки во всех пространственных положениях (1), на постоянном токе обратной полярности (0):

Э46А–УОНИИ-13/45–3,0–УД2 ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75.
Е–432(5)–Б10

Такое обозначение приводится на этикетках коробок, пачек и ящиков с электродами, а в конструкторской и технологической документации:

электрод УОНИИ-13/45-3,0 ГОСТ 9466-75.

Ручная дуговая сварка

Качество и производительность сварки зависит от режима сварки. При ручной дуговой сварке основными элементами режима сварки является диаметр электрода ($d_{\text{Э}}$), сила сварочного тока ($I_{\text{св}}$), напряжение на дуге ($U_{\text{д}}$) и скорость сварки ($V_{\text{св}}$).

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемых деталей при сварке стыковых соединений (табл. 1) и размера катета шва при сварке угловых и тавровых соединений (табл. 2).

Материал электрода выбирается в зависимости от химического состава свариваемого металла. При выборе типа электрода следует руководствоваться ГОСТ 9467-75. В нем предусмотрено девять типов электродов: Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60. Первые 7 применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей с времененным сопротивлением разрыву до 500 МПа, электроды Э55 и Э60 для сварки сталей с времененным сопротивлением от 500 до 600 МПа. Для сварки легированных сталей с времененным сопротивлением выше 600 МПа используют электроды Э70, Э150. Тип электрода выбирают таким образом, чтобы прочность металла шва и прочность основного металла были примерно равны. Например, если у основного металла $\sigma_e = 480$ МПа, то следует выбирать электрод типа Э50 или Э50А.

Таблица 6.1 – Соотношение между диаметром электрода ($d_{\text{Э}}$) и толщиной свариваемого металла (s)

s , мм	1...2	2...5	5...10	Свыше 10
$d_{\text{Э}}$, мм	2-3	3-4	4-6	6

Таблица 6.2 – Соотношение между диаметром электрода ($d_{\text{Э}}$) и катетом шва (h)

h , мм	3	4...5	6...9
$d_{\text{Э}}$, мм	3	4	5

Сварочный ток в зависимости от диаметра и типа электрода определяется по формуле

$$I_{\text{св}} = \kappa \cdot d_{\text{Э}},$$

где κ – коэффициент, зависящий от диаметра электрода и типа покрытия; $\kappa = 40 \dots 60$ А/мм для электродов из низкоуглеродистой стали и $35 \dots 40$ А/мм – для электродов из высоколегированной стали.

Напряжение на дуге определяется по формуле

$$U_d = \alpha + \beta \cdot L_d,$$

где α – падение напряжения (для стальных электродов 10…12 В);

β – падение напряжения на 1 мм длины дуги (2…3 В/мм дуги);

L_d – длина дуги, мм

Длина дуги определяется по формуле

$$L_d = 0,5(d_{\text{эл}} + 2).$$

Расплавление металла электрода характеризуется коэффициентом расплавления, который определяется по формуле

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I_{\text{св}} \cdot t}, \text{ г/А} \cdot \text{ч},$$

где G_p – масса расплавленного металла, г; t – время горения дуги, ч;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А.

Не весь расплавленный металл электрода переносится в шов. Часть его теряется на разбрызгивание, испарение и угар. Поэтому скорость сварки определяют, исходя из коэффициента наплавки α_h , который меньше коэффициента расплавления на величину потерь электродного металла.

Коэффициент наплавки определяется по формуле

$$\alpha_h = \frac{G_h}{I_{\text{св}} \cdot t}, \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

где G_h – масса наплавленного металла, г (определяется по разности масс элементов изделия до и после сварки).

Коэффициент потерь определяется по формуле

$$\psi = \frac{G_p - G_h}{G_p} \cdot 100\%.$$

Скорость сварки определяется по формуле

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_h \cdot I_{\text{св}} \cdot 10^{-3}}{\gamma \cdot F_{\text{нм}}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{ч}},$$

где – γ плотность металла, г/мм³, для стали $7,85 \cdot 10^{-3}$ г/мм³;

$F_{\text{нм}}$ – площадь сечения наплавленного металла, мм² (приближённо сечение представляет собой равносторонний треугольник).

Материальное и техническое обеспечение

1. Сварочный трансформатор ТС-300.
2. Сварочные выпрямители ВД-301У и ВД502-1УЗ.
3. Сварочные кабели сечением 100 мм².

4. Электрододержатели.
5. Электроды.
6. Защитные очки или маска.
7. Спецодежда.
8. Свариваемые образцы.
9. Секундомер, весы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство сварочного трансформатора.
2. Изучить устройство сварочного выпрямителя.
3. Снять внешнюю характеристику источника питания дуги. Для этого получить три характерные точки, соответствующие режиму холостого хода, короткого замыкания и горению дуги.
4. Освоить методику определения режима ручной дуговой сварки и подготовку деталей к сварке (разделка кромок).
5. Разделать кромки образцов под сварку.
6. Выбрать диаметр и материал электрода.
7. Определить силу сварочного тока, длину дуги и напряжение на дуге.
8. Взвешиванием определить массу электрода и массу образцов до сварки.
9. Изучить методику зажигания сварочной дуги и технологию выполнения простейших сварочных швов.
10. Произвести сварку образцов, фиксируя силу сварочного тока, напряжение, время сварки.
11. Взвешиванием определить массу электрода и полученного соединения.
12. Определить коэффициенты расплавления, наплавки и потерь, скорость сварки. Полученные данные занести в таблицу.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Понятие сущности сварки.
2. Схемы электрических дуг прямого, косвенного действия и трёхфазной дуги и их сущность.
3. Понятия «прямая полярность» и «обратная полярность» и их применение на практике.
4. Краткое описание metallургических процессов при сварке.
5. Основные типы сварных соединений и их характеристика.

6. Классификацию электродов и их покрытий.
7. Устройство и принцип работы сварочного трансформатора и выпрямителя.
8. Внешнюю характеристику источника питания.
9. Методику зажигания сварочной дуги.
10. Расчёт режима сварки.
11. Схему сварного соединения.
12. Результаты расчёта режима ручной дуговой сварки.

Выводы (указать внешнюю характеристику источника питания, привести режим сварки для конкретного соединения и оценку качества шва).

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой сварочная дуга?
2. Приведите схемы дуговой сварки металлов и раскройте их сущность.
3. Назовите источники питания сварочной дуги.
4. Чем отличается сварка на прямой полярности от сварки на обратной полярности?
5. Что включает в себя покрытие электрода?
6. От чего зависит выбор диаметра электрода и его типа и марки?
7. Какова методика зажигания дуги?
8. Какие типы сварных швов применяют на практике?
9. Какой источник тока применяется при сварке переменным током?
10. Когда применяется обратная полярность при сварке постоянным током?
11. Какие бывают сварные швы по расположению в пространстве?
12. Что такое внешняя характеристика источника питания сварочной дуги?
13. Приведите основные типы сварных соединений.

Лабораторная работа № 7

КОНТАКТНАЯ СВАРКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Цель работы: изучение оборудования и технологии контактной сварки и контроля качества сварных швов.

Краткие теоретические сведения.

1. *Контактная сварка* – это образование неразъёмных соединений в результате нагрева металла электрическим током и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающей нагрузки. Количество теплоты, выделяемой при сварке, определяется по формуле

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t, \text{ Дж},$$

где I – сила сварочного тока, А; R – сопротивление сварочной цепи, Ом; t – время прохождения сварочного тока, с.

Количество выделяемой теплоты в большей степени зависит от силы тока. Даже незначительные колебания силы сварочного тока существенно изменяют количество выделяемой теплоты в сварочном контакте. Применение больших сварочных токов позволяет осуществить быстрый нагрев металла и выполнить сварку за десятые и даже сотые доли секунды.

Сопротивление сварочной цепи состоит из сопротивления нагреваемых участков деталей, контактного сопротивления соединяемых деталей и контактного между электродами и деталями. Контактное сопротивление соединяемых деталей является наибольшим, что объясняется двумя причинами: наличием микронеровностей на свариваемых поверхностях и окисных пленок. Вследствие этого в данной зоне металл нагревается быстрее до пластического или расплавленного состояния. При контактной сварке общее сопротивление не превышает 0,005...0,100 Ом. По этой причине большие токи (десятка тысяч ампер) можно получить при напряжении 1...20 В.

Машины для контактной сварки состоят из двух основных частей – электрической и механической. Электрическая часть машин состоит из трансформатора, регулятора тока, регулятора времени, прерывателя тока и токовыводящих проводов и устройств. Механическая часть состоит из станины и механизмов, обеспечивающих точную фиксацию и необходимое давление для

сжатия свариваемых деталей. Основными видами контактной сварки являютсястыковая, точечная и шовная.

Стыковая контактная сварка

Стыковая сварка – это контактная сварка, при которой соединение свариваемых частей происходит по всей поверхностистыкуемых торцов деталей (рис. 7.1).

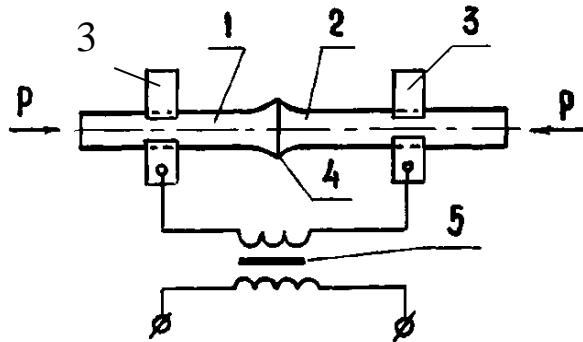


Рисунок 7.1 – Принципиальная схемастыковой сварки: 1, 2 – детали; 3 – зажимы; 4 – сварочный шов; 5 – трансформатор

При сварке детали закрепляются в зажимах сварочной машины, один из которых подвижен, а другой нет. Зажимы подключаются к трансформатору с помощью гибких шин. Различаютстыковую сварку *сопротивлением и оплавлением*. Пристыковой сварке *сопротивлением* вначале приводят в соприкосновение торцы свариваемых деталей с приложением небольшого давления и после этого подают электрический ток. Протекание тока через детали приводит к постепенному нагреву места ихстыка до температуры, приблизительно равной $(0,8\dots0,9) T_{пл}$. Давление в процессе нагрева остается практически без изменения; к концу нагрева его повышают для создания необходимой пластической деформации и сварки. При пластической деформации нагретого металла окисные пленки разрушаются и образуются участки чистого металла, по которым происходит сваривание деталей. Оставшиеся в металле окисные пленки снижают механические свойства металла сварного соединения. Этот способ применяют при изготовлении неответственных изделий.

Стыковая сварка сопротивлением для получения качественного соединения требует точной подготовки, высокой чистоты свариваемых поверхностей и контроля температуры нагрева. Поэтому применяется ограниченно.

Пристыковой сварке оплавлением детали приводят в соприкосновение при включенном токе и очень малом усилии. Детали сопри-

касаются вначале по отдельным небольшим площадкам, через которые проходит ток высокой плотности, вызывающий их оплавление. При дальнейшем соприкосновении оплавляется вся стыкуемая поверхность. Прилегающий к стыку металл нагревается до пластического состояния и происходит его осадка, при которой с торцов выдавливается жидкий металл и вместе с ним удаляются оксиды и загрязнения с кромок. Этим достигается высокое качество сварки. Способ не требует специальной подготовки кромок, имеет высокую производительность и применяется для сварки тонкостенных труб, листов, рельсов, звеньев цепей, тяг, валов, кожухов карданных валов, режущего инструмента (сверла, зенкеры, развёртки).

Точечная контактная сварка

Точечная сварка – это контактная сварка, при которой сварное соединение получается между торцами электродов, подводящих ток и передающих усилие сжатия. При точечной сварке соединяемые заготовки располагаются между электродами, изготовленными из медных сплавов (рис. 7.2). Форма и размеры электродов зависят от вида сварного соединения и свариваемых заготовок. Для повышения стойкости электродов применяют водяное охлаждение.

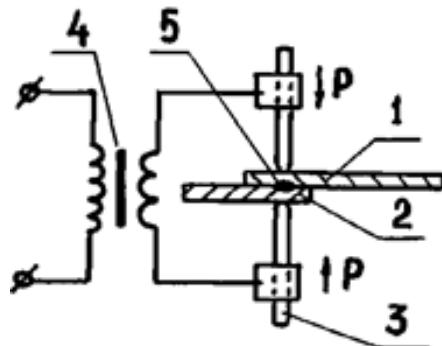


Рисунок 7.2 – Принципиальная схема точечной сварки: 1, 2 – заготовки; 3 – электроды; 4 – трансформатор; 5 – сварочная точка

Подготовка поверхностей к сварке заключается в тщательной очистке их с обеих сторон от грязи, масла и оксидной плёнки. Хорошая очистка и плотное прилегание поверхностей обеспечивают высокое качество сварки.

При точечной сварке заготовки 1 и 2 собирают внахлестку и зажимают некоторым усилием между двумя медными электродами 3, к которым от трансформатора 4 подводится сварочный ток. Нагрев металла происходит при замыкании сварочной цепи. Наибольшее количество теплоты выделяется на участке наибольшего

сопротивления цепи, то есть в зоне контакта электродов и заготовок. После выключения тока и осадки сварочная ванна кристаллизуется и образуется сварочная точка 5.

Точечная сварка в зависимости от расположения электродов по отношению к свариваемым заготовкам может быть двухсторонней и односторонней. При односторонней ток подводится к одной, при двухсторонней – к обеим заготовкам (рис. 7.2).

Параметрами режима точечной сварки являются: усилие сжатия P (МПа), плотность тока I ($\text{А}/\text{мм}^2$) и продолжительностью цикла сварки t (с). Точечную сварку выполняют на мягких и жёстких режимах.

Мягкий режим характеризуется большой продолжительностью цикла сварки ($0,5\dots3,0$ с), малой плотностью тока $70\dots160 \text{ А}/\text{мм}^2$ и небольшим усилием сжатия (15...40 МПа). На этих режимах сваривают углеродистые, низколегированные стали и стали, склонные к закалке.

Жесткий режим характеризуется применением больших плотностей тока ($160\dots350 \text{ А}/\text{мм}^2$), усилий сжатия до 150 МПа и малой длительности цикла сварки ($0,2\dots1,5$ с). Такой режим применяют для сварки сталей, склонных к образованию закалочных структур, цветных металлов и сплавов.

Точечной сварке подвергают заготовки толщиной $0,5\dots5,0$ мм. Применяется для сварки защитных кожухов и других деталей, от которых не требуется герметичность.

Шовная контактная сварка

Шовная (роликовая) контактная сварка – это сварка, при которой соединение элементов выполняется внахлестку в виде непрерывного шва вращающимися дисковыми электродами, к которым подведён ток и приложена сила сжатия (рис. 7.3).

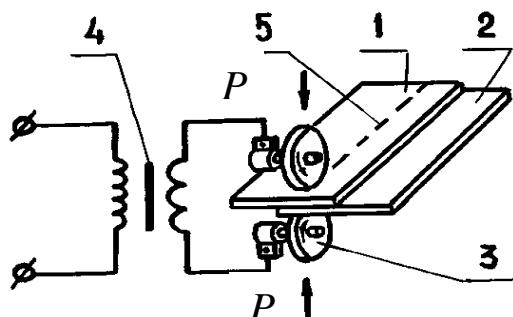


Рисунок 7.3 – Принципиальная схема шовной сварки: 1, 2 – заготовки; 3 – электроды (ролики); 4 – трансформатор; 5 – сварочный шов

Шовную сварку так же, как и точечную, можно выполнять при одно- и двухстороннем расположениях электродов (роликов).

Применяют непрерывную и прерывистую с непрерывным вращением роликов сварку. *Непрерывную* шовную сварку выполняют при постоянном давлении на свариваемые детали и постоянно включенном токе в течение всего процесса сварки.

Прерывистую сварку выполняют при постоянном давлении сжатия, а сварочный ток подают периодически, при этом шов формируется в виде сварных точек в форме отпечатка ролика, перекрывающих друг друга. Шовную сварку применяют в массовом производстве при изготовлении емкостных изделий с толщиной стенки 0,3...3,0 мм, где требуются герметичные швы. Электроды изготавливают из меди и ее сплавов. Для повышения стойкости электродов применяют водяное охлаждение.

2. Контроль качества сварных швов

Все дефекты сварных соединений по расположению подразделяются на внешние (наружные) и внутренние.

Внешние дефекты – это дефекты, которые можно обнаружить внешним осмотром: трещины и неметаллические включения, непровары, подрезы, выходящие на поверхность, кратеры, наплыты и др.

Внутренние дефекты – это дефекты, для обнаружения которых применяют специальные методы неразрушающего и разрушающего контроля: внутренние трещины, поры и неметаллические включения, не выходящие на поверхность, пережог металла и др.

Трещины (рис. 7.4, а) – это дефект в виде разрыва сварного шва или около шва. Они подразделяются на горячие и холодные. Горячие зарождаются в процессе первичной кристаллизации и развиваются при остывании металла. Они бывают продольными и поперечными по отношению к оси шва. Холодные трещины образуются при остывании металла ниже 200 °С в результате образования закалочных структур. Трещины являются очагами разрушения сварных соединений.

Подрезы – это углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом (рис. 7.4, б). Они образуются из-за завышенного сварочного тока и напряжения на дуге, смещения электрода от оси шва и других факторов и являются концентраторами напряжений.

Непровары (рис. 7.4, в) – это местные несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверх-

ностей ранее выполненных валиков сварного шва. Непровар уменьшает рабочее сечение сварного шва и является концентратором напряжений, способствующих зарождению и развитию трещин.

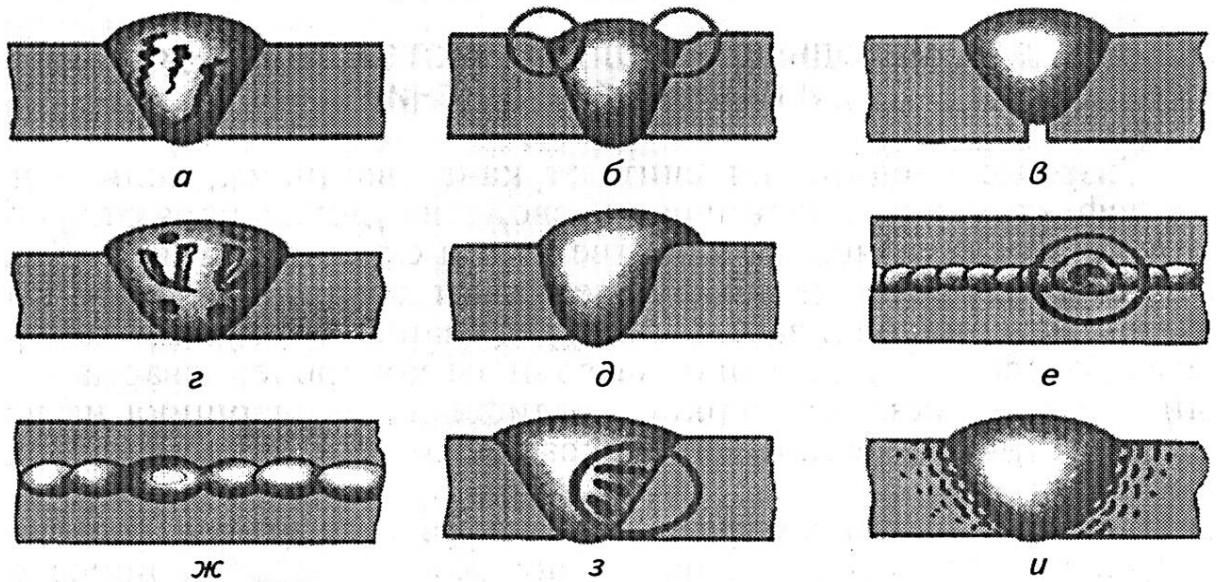


Рисунок 7.4 – Дефекты сварных соединений: а – трещины; б – подрезы; в – непровары; г – поры и раковины; д – наплывы; е – кратеры; ж – прожоги; з – неметаллические включения; и – перегрев

Поры и раковины (рис. 7.4, г) образуются из-за пересыщения расплавленного металла газами.

Наплывы (рис. 7.4, д) – это натекание металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним. Они образуются при неправильном режиме сварки и положении электрода.

Кратеры (рис. 7.4, е) – это углубления, образуемые после обрыва дуги в процессе сварки, в результате недостаточной квалификации рабочего.

Прожоги (рис. 7.4, ж) образуются в результате неправильно выбранного режима сварки (большая сила тока, полярность, диаметр электрода, скорость сварки и др.).

Неметаллические включения (рис. 7.4, з) – это частицы оксидов, нитридов, фосфидов, шлаковых и других включений различных размеров. Этому способствует низкое качество электродных материалов и нарушение режима сварки.

Перегрев (рис. 7.4, и) характеризуется укрупнением зерна, что приводит к снижению механических свойств металла.

При точечной сварке встречаются такие дефекты, как непровар

(отсутствие или малый диаметр ядра), трещины, раковины и пористость, прожог, вмятины (более 20% толщины листа).

При стыковой сварке встречаются такие дефекты: смещение свариваемых деталей, непровар, перегрев и пережог, трещины, неметаллические включения и др. При шовной сварке – негерметичность шва, прожог, подплавление поверхности деталей и роликов.

Контроль качества сварных соединений

Методы контроля бывают двух типов: разрушающие и неразрушающие.

Разрушающие методы – это механические испытания сварных соединений, металлографические исследования. Они проводятся на образцах-свидетелях. Сваривают их при тех же режимах, что и изделия.

Механические испытания предусматривают статические испытания различных участков сварного соединения на растяжение, изгиб, твердость и динамические испытания на ударный изгиб и усталостную прочность.

Металлографические исследования проводят для установления структуры металла сварного соединения и наличия дефектов. При макроструктурном методе определяют характер и расположение видимых дефектов в разных зонах сварных соединений путем изучения макрошлифов и изломов металла невооруженным глазом или с помощью лупы. При микроструктурном анализе исследуют структуру металла на полированных и травленных реактивами шлифах при увеличении в 50...2000 раз. Такие исследования позволяют обнаружить пережог металла, наличие окислов по границам зерен, сульфидных и оксидных включений и т.п.

К неразрушающим методам контроля качества сварных соединений относятся: внешний осмотр, радиационный, ультразвуковой и магнитный контроль, контроль на непроницаемость и ряд других методов.

Внешний осмотр проводят невооруженным глазом или с помощью лупы, используя шаблоны и мерительный инструмент. При этом проверяют геометрические размеры швов, наличие подрезов, трещин, непроваров, кратеров и других наружных дефектов. Такому контролю подлежат 100% всех швов.

Контролю на непроницаемость подвергают трубопроводы и емкости, предназначенные для транспортирования и хранения газов и

жидкостей и, как правило, работающие при избыточном давлении. Пневматические испытания основаны на создании избыточного давления воздуха (10...20 кПа) с одной стороны шва и промазывании его другой стороны мыльной пеной, образующей пузыри под действием проникающего через неплотности сжатого воздуха. Негерметичность можно также оценить по падению давления воздуха в емкости, снабженной манометром.

Многие внутренние дефекты выявляют с помощью акустического контроля, основанного на изменении характера распространения ультразвуковых и звуковых волн. Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых колебаний (механические колебания частотой 16...25 МГц) отражаться от поверхности, разделяющей среды с разными акустическими свойствами. Для получения ультразвуковых колебаний используют свойство титаната бария, кристаллов кварца и некоторых других веществ преобразовывать электрические колебания в механические и наоборот (обратный и прямой пьезоэфекты). Этим методом контролируют около 90% всех сварных соединений толщиной более 4 мм. Основным методом УЗ-контроля является эхо-метод. На рисунке 7.5 приведена структурная схема ультразвукового дефектоскопа ДУК-13ИМ.

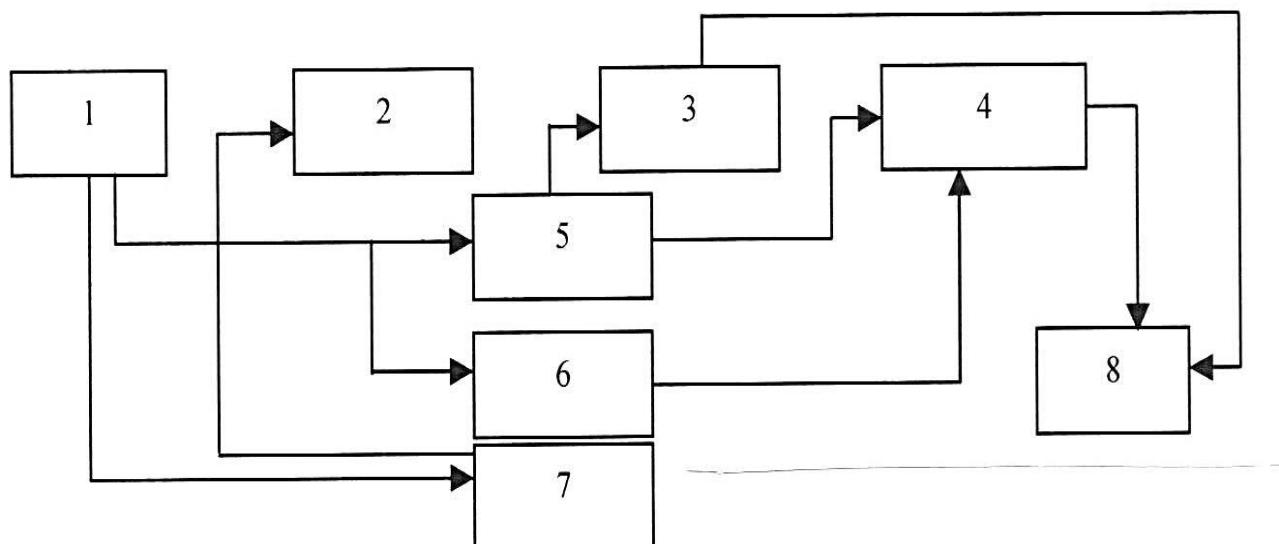


Рисунок 7.5 – Структурная схема ультразвукового дефектоскопа

ДУК-13ИМ: 1 – генератор радиоимпульсов; 2 – усилитель радиочастоты; 3 – видеоусилитель и автоматический сигналлизатор дефектов (АСД); 4 – генератор развёртки и импульсов подсветки; 5 – глубиномер; 6 – линия задержки; 7 – искательная головка; 8 – электронно-лучевая трубка (ЭЛТ)

Генератор радиоимпульсов 1, работающий с частотой около 1000 Гц, возбуждает ультразвуковые колебания (УЗК) в контуре искательной головки 7, состоящем из катушки индуктивности и кристалла титаната бария. УЗК вводятся в контролируемое изделие и, отразившись от дефекта, вновь воздействуют на пластину титаната бария, вызывая появление в нём электрического сигнала. Принятые сигналы усиливаются усилителем высокой частоты 2, видеоусилителем 3 и подаются на пластины электронно-лучевой трубы (ЭЛТ) и АСД. Одновременно отрицательный импульс с генератора радиоимпульсов 1 подаётся через дифференцирующую цепочку на запуск глубиномера 5 через линию задержки 6 на вход генератора развёртки и импульсов подсвета 4. С выхода генератора снимается линейно-изменяющееся напряжение, подаваемое на ЭЛТ и обеспечивающее развёртку изображения, импульс подсвета, длительность которого равна длительности прямого хода напряжения развёртки (рис. 7.6).

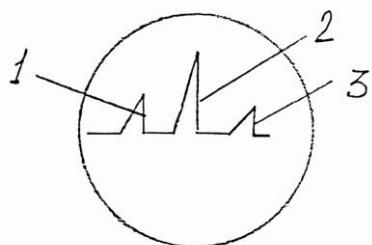


Рисунок 7.5 – Вид сигналов на экране ЭЛТ: 1 – начальный импульс; 2 – импульс от дефекта; 3 – импульс от донной поверхности

Зондирующий импульс генератора 1 размещается в начале развёртки, импульс от донной поверхности 3 – в конце развёртки, а импульс от дефекта 2 – между ними. В процессе контроля сварного соединения искатель перемещается зигзагообразно по основному металлу вдоль шва. Для обеспечения акустического контакта поверхность изделия в месте контроля обильно смазывают маслом (например, компрессорным).

Материальное и техническое обеспечение

1. Машина для стыковой сварки металлов МС-301.
2. Машина для точечной сварки металлов МТ-601.
3. Машина для роликовой сварки.
4. Ультразвуковой дефектоскоп ДУК-13ИМ.
5. Заготовки для контактной сварки и образцы сваренных деталей.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство машины для стыковой сварки металлов МС-301.
2. Изучить устройство машины для точечной сварки металлов МТ-601.
3. Ознакомиться с особенностями устройства машины для роликовой сварки металлов.
4. Ознакомиться по плакатам с дефектами сварных швов и методами контроля качества сварных соединений.
5. Изучить устройство ультразвукового дефектоскопа ДУК-13ИМ.
6. Подготовить и произвести стыковую сварку образцов.
7. Подготовить и произвести точечную сварку образцов.
8. Произвести ультразвуковой контроль качества сварного шва.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Понятие контактной сварки;
2. Схему и описание принципа действия машины для стыковой сварки;
3. Схему и описание принципа действия машины для контактной сварки;
4. Схему и описание принципа действия машины для шовной сварки.
5. Виды дефектов сварных швов и их краткое описание.
6. Разрушающие и неразрушающие методы контроля сварных соединений. Ультразвуковой метод обнаружения дефектов сварного соединения.
7. Структурную схему и принцип работы ультразвукового дефектоскопа ДУК-13ИМ.

Выводы (указать области применения контактной сварки и её преимущества перед электродуговой сваркой; привести дефекты сварных швов, выявленные ультразвуковой дефектоскопией).

Контрольные вопросы

1. В чём заключается сущность контактной сварки?
2. Когда для сварки деталей применяется стыковая сварка?
3. Когда для сварки деталей применяется точечная сварка?

4. Когда для сварки деталей применяется роликовая сварка?
5. Перечислите основные преимущества контактной сварки перед ручной дуговой.
6. Какие из дефектов сварных швов наиболее опасны?
7. В чём заключается сущность ультразвукового метода контроля сварных швов?
8. На какие группы подразделяются дефекты сварных швов?
9. Какие методы применяют на практике для контроля дефектов сварных швов?
10. Как можно устранить дефекты сварных швов?

Лабораторная работа № 8

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Цель работы: изучение оборудования и технологии газовой сварки и резки металлов

Краткие теоретические сведения. Газовая сварка – это технологический процесс получения неразъёмных соединений путём установления межатомных связей, когда расплавление присадочного материала и свариваемых кромок происходит за счёт газокислородного пламени (рис. 8.1).

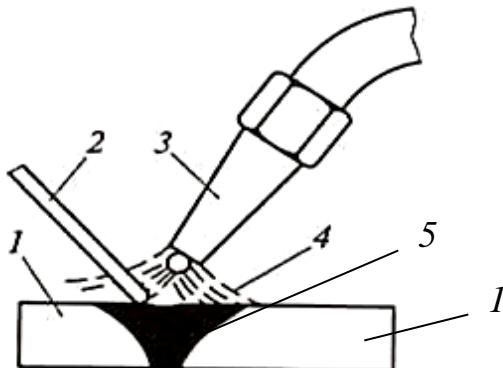


Рисунок 8.1 – Схема газовой сварки: 1 – заготовки; 2 - присадочный материал; 3 – газовая горелка; 4 – газовое пламя; 5 – сварочная ванна

В качестве горючих газов применяют ацетилен (C_2H_2), пропан-бутановые смеси ($C_3H_8 + C_4H_{10}$), природный газ, водород или пары бензина, керосина, бензола.

Кислород – это газ без цвета и запаха с плотностью при 0° С и давлении 100 кПа – 1,43 кг/м³. При температуре -183 °С превращается в жидкость голубоватого цвета. Это свойство используют при получении кислорода из воздуха, сжиженного при глубоком охлаждении, на разделительных установках. Из одного м³ жидкого кислорода получают 790 м³ газообразного кислорода, который хранят и транспортируют в баллонах.

На практике наибольшее применение находит ацетилено-кислородная сварка, поскольку ацетилен дает наиболее высокую температуру пламени и выделяет наибольшее количество теплоты при сгорании. Основным сырьём для получения ацетилена является карбид кальция CaC_2 , который получают в электрических печах путём спекания кокса с негашёной известью. Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах при взаимодействии карбида кальция и воды.



В зависимости от взаимодействия карбида кальция с водой генераторы делятся на следующие группы: карбид на воду; вода на карбид; с вытеснением воды; с погружением карбида; комбинированные.

По производительности генераторы делятся на две группы: переносные (до 3 м³/ч) и стационарные (более 3 м³/ч). По получаемому давлению газа на три группы: низкого (до 0,01 МПа), среднего – (0,01...0,15 МПа) и высокого давления (свыше 0,15 МПа).

Ацетиленовый генератор (рис. 8.2) состоит из металлического цилиндра 1 с крышкой 12, корзины для карбида кальция, предохранительного клапана 7, манометра 6, предохранительного затвора 8 с вентилем 9, контрольной пробки и штуцера 11, сливной пробки 10.

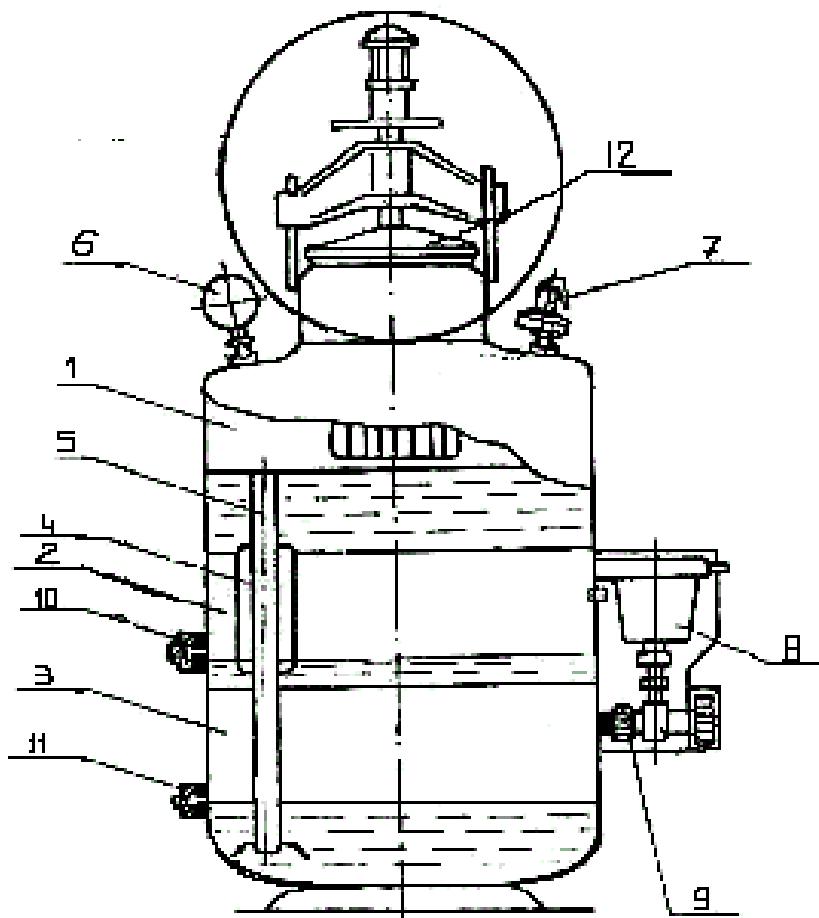


Рисунок 8.2 – Схема устройства ацетиленового генератора АСП-10:

1 – газообразователь; 2 – вытеснитель; 3 – промыватель;
4 – патрубок; 5 – трубка переливная; 6 – манометр;
7 – клапан предохранительный; 8 – предохранительный
затвор; 9 – вентиль; 10 – пробка сливная; 11 – пробка
контрольная и штуцер; 12 – крышка

Генератор заправляют нижеследующим образом. Через горловину заливают необходимое количество воды, которая при достижении уровня переливной трубы поступает в промыватель. Заполнение промывателя контролируют пробкой 11. Карбид кальция загружают в металлическую решётку, закрепляют поддон, устанавливают на место и прижимают крышкой. По мере разложения карбида кальция водой выделяемый газ в газообразователе по трубке поступает в промыватель, проходит сквозь слой воды, где охлаждается и очищается, а далее через вентиль поступает на потребление.

По мере разложения карбида кальция корзина опускается в воду вертикальным движением под действием пружины. Когда давление ацетилена повышается, корзина с карбидом кальция поднимается вверх под действием пружины и мембранны. При этом уровень погружения карбида в воду снижается и, как следствие, снижается количество вырабатываемого ацетилена, что приводит к снижению давления. Если давление падает ниже допустимого, усилием пружины корзина опускается в воду, автоматически увеличивается количество вырабатываемого ацетилена, и давление повышается.

Кроме этого, давление в аппарате регулируется уровнем воды, находящейся в газообразователе. По мере выработки ацетилена, когда давление повышается, вода под его действием переливается в вытеснитель. При этом уровень воды снижается, и количество вырабатываемого ацетилена уменьшается. Если давление ацетилена падает, то вода из вытеснителя поднимается вверх, смачивает карбид кальция, и количество ацетилена вновь возрастает.

Ацетиленовые генераторы взрывоопасны и нуждаются в специальном обслуживании, поэтому чаще используют ацетилен, поставляемый в баллонах. Баллоны для ацетилена и кислорода изготавливают из стали. Кислородные баллоны окрашивают в синий цвет и чёрной краской подписывают «Кислород», а ацетиленовые в белый цвет и красной краской подписывают «Ацетилен». Кислород находится в баллоне под давлением 15...16 МПа, а ацетилен – 1,5...1,6 МПа.

Во избежание взрыва баллоны с ацетиленом наполняют пористой массой (активированным углём), пропитанной ацетоном.

В связи с тем, что рабочее давление кислорода 0,1...0,5 МПа, а ацетилена – 0,10...0,15 МПа, на баллоны устанавливают редукторы для понижения давления (рис. 8.3).

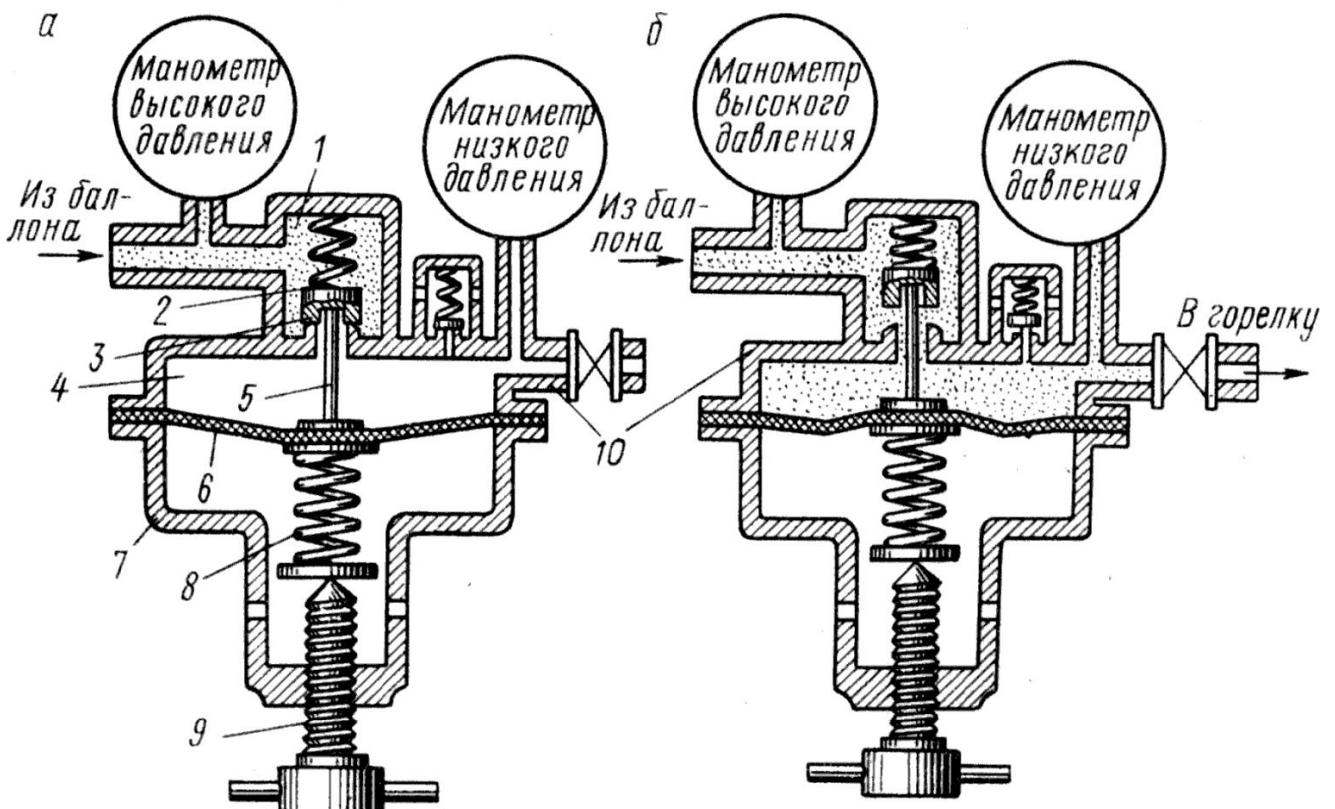


Рисунок 8.3 – Схема однокамерного газового редуктора: а – нерабочее положение; б – рабочее положение; 1 – камера высокого давления; 2 – клапан; 3 – седло; 4 – камера низкого давления; 5 – шток; 6 – мембрана; 7 – крышка; 8 – пружина; 9 – винт регулировочный; 10 – корпус

При нерабочем положении проход газа из камеры высокого давления в камеру низкого давления закрыт клапаном 2, прижатым пружиной к седлу 2. При ввёртывании регулировочного винта 9 в крышку корпуса 7 нажимная пружина 8 сжимается и перемещает вверх резиновую мембрану вместе со штоком 5, который поднимает клапан 2, открывая тем самым сообщение между камерами. Газ поступает в камеру 4 до тех пор, пока давление на мембрану не уравновесит усилие нажимной пружины. В этом положении расход и поступление газа будут равны. Если расход газа уменьшится, то давление в камере 4 повысится и сожмёт пружину 8. Клапан 2 закроет отверстие седла, и поступление газа в камеру 4 прекратится. При увеличении расхода давление в камере 4 понизится, мембрана отожмёт клапан от седла и поступление газа из баллона увеличится. Таким образом, давление газа, подаваемого в горелку, поддерживается автоматически.

Газовое пламя получают с помощью газовых горелок, которые смешивают в нужных количествах кислород и ацетилен. Чаще применяют два типа горелок: инжекторные и безинжекторные. В безин-

жекторных горелках горючий газ и кислород подаются примерно под одинаковым давлением 0,05...0,10 МПа. В инжекторных (рис. 8.4) горючий газ низкого давления подаётся в смесительную камеру за счёт подсоса его струёй кислорода, вытекающего из инжектора.

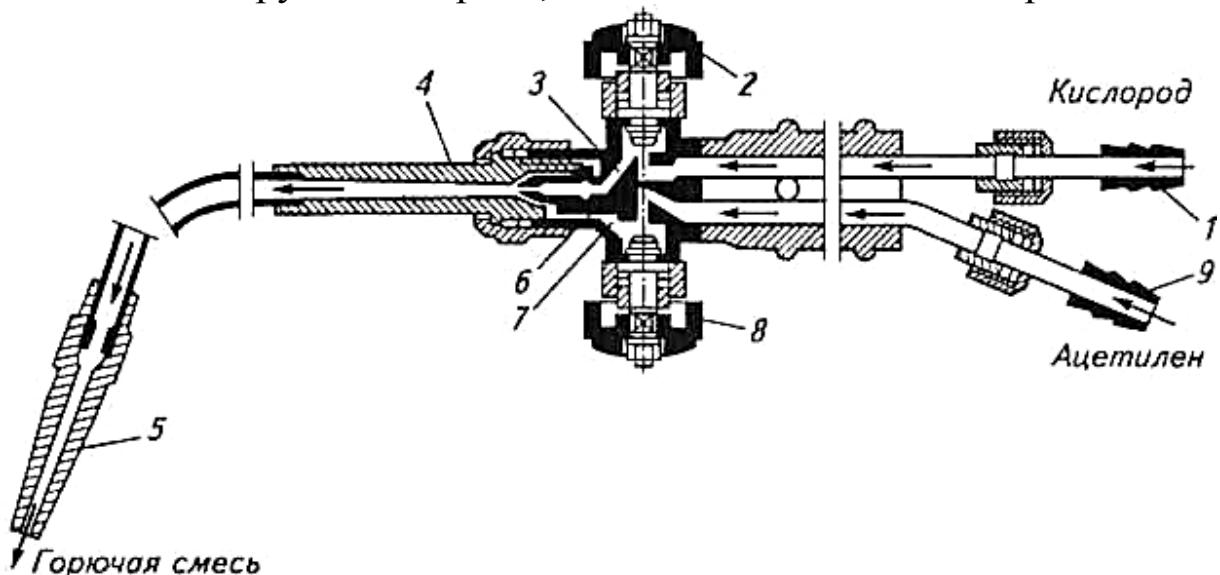


Рисунок 8.4 – Схема инжекторной сварочной горелки: 1, 9 – штуцеры; 2, 8 – вентили; 3, 7 – каналы; 4 – наконечник; 5 – мундштук; 6 – инжектор

Штуцеры 1 и 9 шлангами соединяются с редукторами, установленными соответственно на кислородный и ацетиленовый баллоны. Кислород под давлением через вентиль 2 поступает по каналу 3 в инжектор 6. При выходе кислорода из инжектора с большой скоростью в смесителе наконечника 4 создаётся разрежение и ацетилен, поступающий через вентиль 8 из баллона под меньшим давлением, всасывается через канал 7 в смесительную камеру 4, где образует с кислородом горючую смесь. Полученная смесь проходит через наконечник 4 в мундштук 5 и при выходе из него поджигается.

При газокислородной резке металла применяют резаки (рис. 8.5). Ацетилено-кислородный резак работает следующим образом: подогревающий кислород, проходя через инжектор 8, создаёт в смещающей камере 6 разрежение, благодаря чему происходит подсос горючего газа. Далее смесь по трубке 5 подаётся в головку 3 резака, а из неё поступает в шлицевые каналы, расположенные на внутреннем мундштуке 2. Режущий кислород через вентиль 9 и трубку 4 подаётся в головку 3 и далее во внутренний канал мундштука 1. Таким образом, резак отличается от инжекторной газовой горелки наличием вентиля 9, трубопровода и специального мундштука для подачи режущего кислорода.

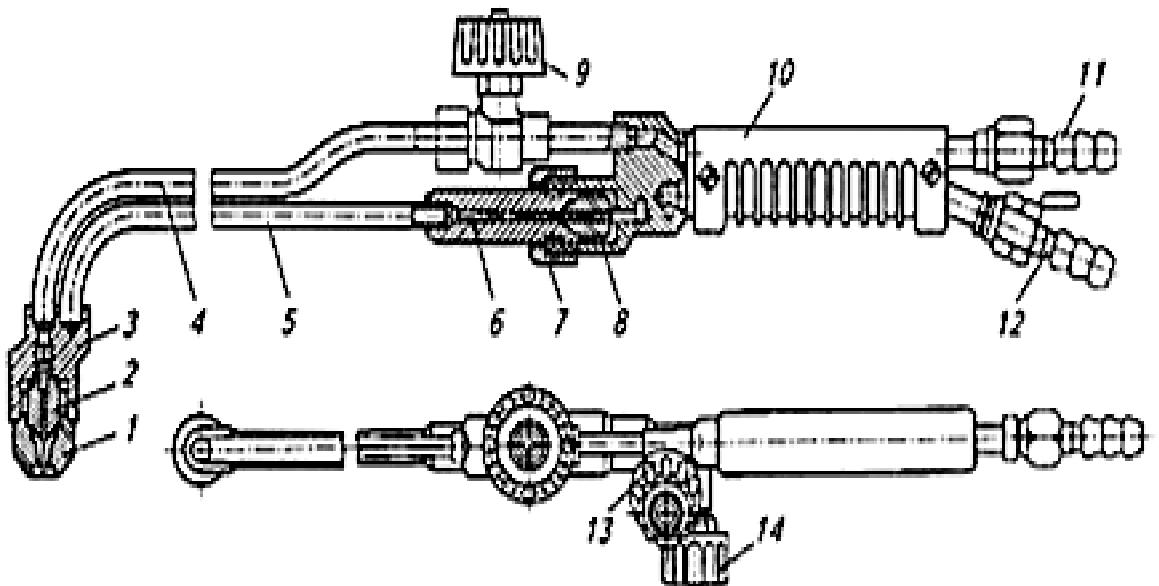


Рисунок 8.5 – Ручной ацетилено-кислородный резак: 1, 2 – мундштук; 3 – головка; 4, 5 – трубы; 6 – камера; 7 – гайка; 8 – инжектор; 9, 13, 14 – вентили; 10 – рукоятка; 11, 12 - штуцеры

Строение ацетилено-кислородного пламени

При сварке объём кислорода, подаваемый в смесь, меньше, чем нужно для полного сгорания. Догорание газа происходит за счёт кислорода воздуха. Поэтому в ацетилено-кислородном пламени различают три зоны (рис. 8.6): ядро 1, сварочную (восстановительную) зону 2 и факел 3.

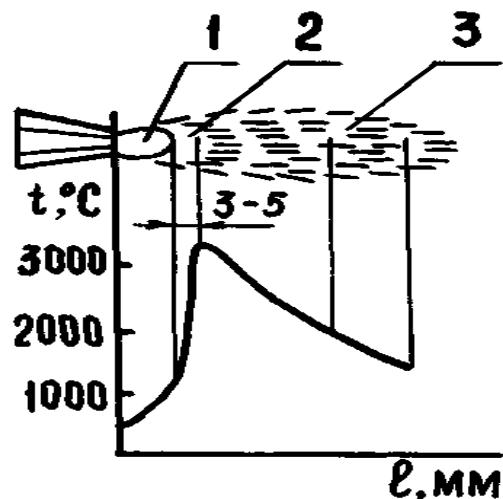
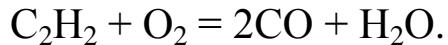


Рисунок 8.6 – Схема строения ацетилено-кислородного пламени и распределение температуры по длине пламени (l): 1 – ядро; 2 – сварочная (восстановительная); 3 – факел

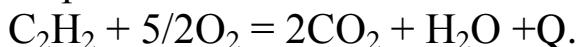
Ядро представляет собой усечённый конус, закруглённый в конце, обладает ослепительно белым свечением раскалённых частиц углерода, выделяющихся при распаде ацетилена.

В зоне 2 происходит первая стадия горения ацетилена за счет кислорода, поступающего вместе с ацетиленом из горелки:



Эта зона имеет самую высокую температуру и обладает восстановительными свойствами, поэтому её называют сварочной или рабочей. Наивысшая температура (около 3200 °С) создаётся на расстоянии 3...5 мм от ядра.

В зоне 3 протекает окончательная стадия горения ацетилена за счет атмосферного кислорода:



Форма и строение пламени зависят от объёмного соотношения компонентов в горючей смеси (кислорода и ацетилена):

$$\beta = \text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2.$$

Характеристика видов ацетилено-кислородного пламени приведена в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Характеристика видов пламени и их применение

Вид пламени	Соотношение, β	Краткая характеристика пламени	Применение
Нормальное (восстановительное)	1,0...1,2	Четко очерченное ядро пламени, восстановительная зона и факел. Длина восстановительной зоны до 20 мм	Сварка стали, меди, бронзы и алюминия
Окислительное	Более 1,2	Укороченное, заостренное ядро с нечетким очертанием	Сварка латуни
Науглероживающее	Менее 1,0	Ядро увеличенное, расплывчатого очертания, на конце его образуется зеленый венчик	Сварка чугуна

Технология газовой сварки

Качество сварного шва при газовой сварке зависит от мощности и вида сварочного пламени, способа сварки, угла наклона горелки, применяемого присадочного материала и флюса.

Мощность сварочного пламени оценивают по расходу ацетилена, определяемому по формуле

$$W_{C_2H_2} = K \cdot S, \text{ л/ч},$$

где K – удельный коэффициент мощности пламени, л/мм·ч: для углеродистых сталей и чугуна $K = 100\dots120$, для легированных (нержавеющих) сталей $K = 70\dots80$, для меди – 160…200; алюминия – 75; S – толщина свариваемых элементов изделия, мм.

По мощности пламени горелки определяют номер её наконечника (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Основные технические данные инжекторной горелки ГС

№ наконечника параметр	1	2	3	4	5
Толщина свариваемых элементов, мм	0,5…1,5	1,0…3,0	2,5…4,0	4,0…7,0	7,0…11,0
Расход ацетилена, л/ч	50…135	130…250	250…400	400…700	700…1100
Расход кислорода, л/ч	50…140	140…260	260…420	420…750	750…1170

Расход кислорода определяется по формуле

$$W_{O_2} = W_{C_2H_2} \cdot \beta, \text{ л/ч}.$$

Значение β выбирается из таблицы 8.1, в зависимости от материала свариваемых элементов.

В зависимости от толщины свариваемых элементов изделия и положения шва в пространстве, применяют левый и правый способ сварки (рис. 8.7).

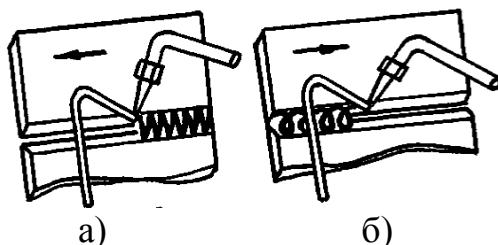


Рисунок 8.7 – Способы сварки: а – левый; б – правый

При левом способе горелку перемещают справа налево. Присадочный пруток располагают слева от горелки и передвигают впереди пламени. Движения горелки и прутка встречно пересекающиеся зигзагообразные. Применяется при сварке изделий с толщиной до 3 мм.

При правом способе сварка производится слева направо, сварочное пламя направляется на сваренный участок шва, а присадочная проволока перемещается вслед за пламенем. При этом способе увеличивается производительность на 20...25%, снижается расход газа на 15...20%. Его целесообразно применять при толщине деталей более 3 мм и при сварке металлов с большей теплопроводностью.

Сварка в нижнем положении возможна как правым, так и левым способом. Вертикальные швы удобнее сваривать левым способом, горизонтальные и потолочные швы – правым.

Угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемого металла определяется в зависимости от толщины металла (табл. 8.3). Увеличение толщины металла требует большей концентрации тепла и соответственно большего угла наклона горелки.

Таблица 8.3 – Зависимость угла наклона горелки от толщины металла

Толщина, мм	До 1	1...3	3...5	5...7	7...10	10...12	12...15	Более 15
Угол наклона, град.	10	20	30	40	50	60	70	80

Для заполнения зазора между свариваемыми кромками применяется присадочный материал в виде проволоки диаметром 0,3...12,0 мм и со свойствами, близкими к свойствам основного материала. При газовой сварке чугуна, высоколегированных сталей и цветных сплавов применяют флюсы в виде порошка или пасты для растворения оксидов и образования легкоплавких шлаков. В качестве флюсов часто используют буру и борную кислоту. Сварку углеродистых сталей осуществляют без флюсов.

Диаметр присадочной проволоки определяется в зависимости от способа сварки и толщины элементов свариваемого изделия по формулам:

для левого способа $d = S/2 + 1$;

для правого способа $d = S/2$.

При сварке элементов изделий с толщиной более 15 мм диаметр присадочного прутка принимают не более 6...8 мм.

Скорость сварки определяется по формуле

$$V = B/S, \text{ м/ч},$$

где В – коэффициент, учитывающий способ сварки: для левого – 14, правого – 18.

Материальное и техническое обеспечение

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Ацетиленовый генератор. | 5. Газовый резак. |
| 2. Кислородный баллон. | 6. Защитные очки. |
| 3. Газовый редуктор. | 7. Газовые шланги. |
| 4. Газовые горелки. | 8. Карбид кальция |
| | 9. Присадочный материал |

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и работу ацетиленового генератора.
2. Изучить устройство и работу газового редуктора.
3. Изучить устройство и работу инжекторной сварочной горелки.
4. Изучить устройство и работу кислородного резака.
5. Для заданного изделия определить режим сварки.

Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен включать:

1. Понятие газовой сварки;
2. Характеристику применяемым газам и присадочным материалам;
3. Классификацию ацетиленовых генераторов по взаимодействию карбида кальция с водой;
4. Схему ацетилено-кислородного пламени и его характеристику;
5. Характеристику правого и левого способов сварки и их применение;
6. Устройство и принцип работы ацетиленового генератора;
7. Устройство и принцип работы газового редуктора;
8. Устройство и принцип работы инжекторной сварочной головки;
9. Устройство и принцип работы газового резака;

10. Расчёт режима газовой сварки для заданного изделия. Технологические параметры режима сварки.

Выводы (области применения газовой сварки и её преимущества перед электродуговой сваркой).

Контрольные вопросы

1. Какие горючие газы применяют для газовой сварки?
2. Что представляет собой баллон для хранения ацетилена или кислорода?
3. Каково назначение газового редуктора?
4. Опишите оборудование и аппаратуру поста для газовой сварки.
5. В какой зоне сварочного пламени максимальная температура?
6. От чего зависит форма и строение сварочного пламени?
7. В какой цвет окрашивают баллоны для хранения ацетилена и кислорода?
8. На каком расстоянии от места выполнения газосварочных работ должны находиться баллоны с ацетиленом и кислородом?
9. Чем отличается правый способ сварки от левого? Когда какой применяется?
10. От чего зависит угол наклона горелки при газовой сварке?
11. Где и как получают ацетилен?
12. Какие устройства применяют для предохранения проникновения ацетилено-кислородной смеси в генератор?
13. От чего зависит марка присадочного материала?
14. Чем конструктивно газовый резак отличается от газовой горелки?

ЛИТЕРАТУРА

1. Оськин, В.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1 / В.А. Оськин, В.В. Евсинов.– Москва: КолосС, 2008. – 447 с.
2. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / Под ред. А.И. Батышева и А.А. Смолькина. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 288 с.
3. Материаловедение и технология металлов: учебник / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; под ред. Г.П. Фетисова.– Москва: Высшая школа, 2002. – 638 с.
4. Технология конструкционных материалов: учебник / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; под общей редакцией А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. – Москва: Машиностроение, 2003. – 512 с.
5. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов / В.А. Оськин, В.Н. Байкарова, В.М. Соколова и др.; под ред. В.А. Оськина, В.Н. Байкаловой. – 2-е изд., дополненное. – Москва: БИБКОМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 400 с.
6. Спицын, И.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Раздел «Горячая обработка металлов»: учебное пособие / И.А. Спицын, Н.И. Потапова. – Пенза, РИО ПГАУ, 2018. – 51 с.
7. Спицын, И.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Раздел: «Горячая обработка металлов»: рабочая тетрадь для лабораторных работ / И.А. Спицын, Н.И. Потапова. – 3-е изд. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 45 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1 Испытание формовочных смесей	4
Лабораторная работа № 2 Расчёт литниковой системы.....	16
Лабораторная работа № 3 Ручная формовка в двух опоках и заливка форм жидким металлом.....	24
Лабораторная работа № 4 Пайка мягкими и твёрдыми припоями.....	33
Лабораторная работа № 5 Кузнечное производство и кузнечные работы.....	46
Лабораторная работа № 6 Электродуговая сварка металлов.....	64
Лабораторная работа № 7 Контактная сварка и контроль качества сварных швов.....	81
Лабораторная работа № 8 Газовая сварка и резка металлов.....	92
Литература.....	103
Содержание.....	104

Иван Алексеевич Спицын

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
Раздел «Горячая обработка металлов»**

Учебное пособие

Редактор И.А. Спицын
Компьютерная верстка И.А. Спицына
Корректор Л.А. Артамонова

Подписано в печать
Бумага SvetоСopy
Усл. печ. л. ,

Формат 60×84 1/16
Опечатано на ризографе
Тираж 100 экз.

Заказ №

**РИО ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30**