

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

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

Часть 1



Могилев 2023

УДК 54: 669
ББК 24:30.3
Х46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «24» октября 2022 г.,
протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. А. И. Хабибуллин

Рецензент канд. техн. наук О. В. Благодарная

Содержатся основные теоретические положения и методические указания к выполнению лабораторных работ по технологии обработки материалов по курсу «Химия и материаловедение» для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика» очной формы обучения.

Учебное издание

ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Часть 1

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

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

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.....	4
Введение.....	5
1 Лабораторная работа № 1. Определение твердости металлов и сплавов	6
2 Лабораторная работа № 2. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы.....	10
3 Лабораторная работа № 3. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией.....	17
4 Лабораторная работа № 4. Обработка заготовок на токарных станках.....	21
5 Лабораторная работа № 5. Обработка заготовок на фрезерных станках.....	26
6 Лабораторная работа № 6. Ручная дуговая сварка.....	32
7 Лабораторная работа № 7. Дуговая сварка в защитном газе.....	38
8 Лабораторная работа № 8. Сварка давлением.....	41
Список литературы.....	45

Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

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

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

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

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

5 Запрещается самостоятельно устранять неисправности оборудования.

6 В лаборатории необходимо соблюдать правила внутреннего распорядка.

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

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

9 Обеспечить свободный доступ к используемому оборудованию.

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

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

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

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

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

15 Убрать рабочее место.

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

Введение

Задачей подготовки современного инженера является не только накопление необходимых знаний о строении и свойствах сплавов, но и формирование инженерного мышления, позволяющего решать любые производственные задачи. За время освоения дисциплины «Химия и материаловедение» студент изучает основные способы обработки металлов и сплавов.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся:

– ознакомится с технологиями литья и обработки давлением и резанием, а также способами сварки;

– научится выбирать рациональные методы обработки металлов на производстве, использовать справочную литературу по выбору материалов, обеспечивающих необходимые показатели свойств;

– овладеет практическими навыками по обработке давлением, резанием и сварочным работам.

Целью изучения дисциплины является усвоение студентами знаний, умений и навыков по различным видам обработки металлов и сплавов.

1 Лабораторная работа № 1. Определение твердости металлов и сплавов

Цель работы: ознакомление с основными методами измерения твердости и приобретение навыков в работе с соответствующими приборами.

Оборудование и инструмент: твердомер Бринелля (ТБ-3000); твердомер Роквелла (ТР 5014); твердомер Виккерса (ИТ 5010-01).

Порядок проведения работы

- 1 Изучить методы определения твердости и их области применения.
- 2 Описать их сущность и зарисовать схемы их реализации.
- 3 Записать формулы определения твердости и условные записи твердости для разных методов.
- 4 Произвести измерения твердости различных изделий (по заданию преподавателя).
- 5 Вычертить таблицу 1.1.
- 6 Сделать заключение о соответствии твердости измеренных изделий типовым изделиям согласно данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Твердость типовых изделий из углеродистых сталей

Изделие	Рекомендуемая твердость, HRC
Ответственные детали машин (валы, оси, шатуны, тяги, ...)	25
Упругие элементы (пружины, рессоры)	40
Инструменты, подвергаемые ударным нагрузкам (зубила, топоры, молотки, ...)	50
Ножи общего назначения	52...58
Металлорежущий инструмент (сверла, фрезы, метчики, резцы, пилы)	60...65
Алмаз (эталон)	100

Твердостью называют свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при контактном воздействии в поверхностном слое.

Измерение твердости вследствие быстроты и простоты процесса и возможности без разрушения изделия судить о его свойствах получило широкое применение для контроля качества изделий. Наибольшее применение нашли методы по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу, схема реализации которых приведена на рисунке 1.1.

Определение твердости по Бринеллю. Сущность метода заключается во вдавливании стального шарика диаметром D в изделие под действием нагрузки P и измерении диаметра отпечатка d после снятия нагрузки (см. рисунок 1.1, а).

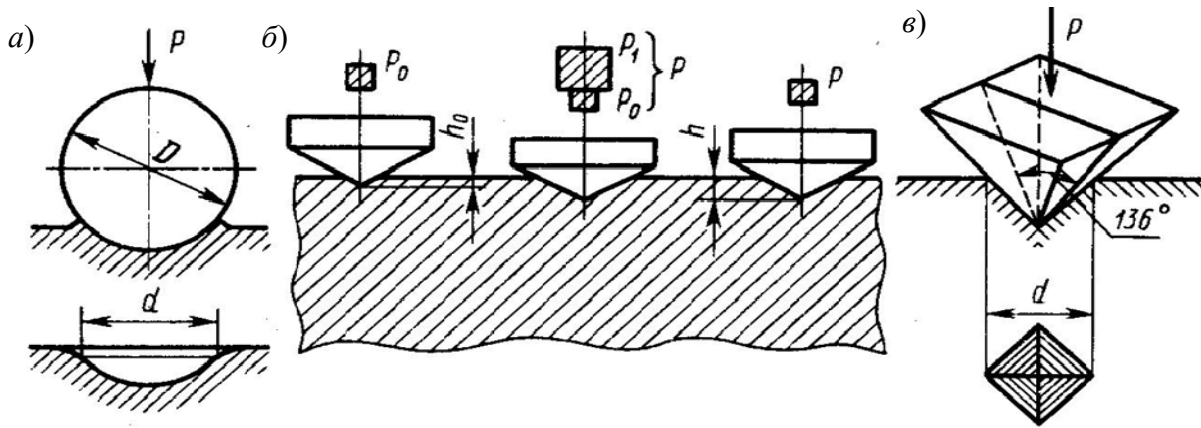


Рисунок 1.1 – Схема определения твердости по Бринеллю (а), Роквеллу (б), Виккерсу (в)

Твердость определяют как отношение приложенной нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка по формуле

$$HB = \frac{0,102 \cdot 2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

где F – прилагаемая нагрузка, Н;

D – диаметр шарика, мм;

d – диаметр отпечатка, мм.

Чем меньше толщина испытуемого изделия, тем меньший диаметр шарика можно использовать, но в любом случае толщина образца должна превышать глубину отпечатка в 10 раз.

Минимальная толщина испытуемого образца – 0,1 мм. При этом испытания проводятся шариком диаметром 1,0 мм при нагрузке 49,03 Н.

Обычно определение твердости осуществляется шариком диаметром 10,0 мм при нагрузке 29420 Н и продолжительностью выдержки под нагрузкой 10 с. В этом случае твердость обозначается цифрами, характеризующими ее величину, и буквами HB, например: 170 HB (H-hard – твердость, В – метод Бринелля). При нестандартных условиях испытаний после букв HB указываются условия испытания в следующем порядке: D , F и время выдержки под нагрузкой (в секундах), например: 190 HB 5/7350/20.

Между временным сопротивлением σ_s и числом твердости HB существует зависимость для стали и алюминиевых сплавов $\sigma_s \approx 0,33 HB$, для медных сплавов $\sigma_s \approx 0,45 HB$.

Метод Бринелля не рекомендуется применять для стали с твердостью более 450 HB, а для цветных металлов – более 200 HB. При использовании вместо стального шарика твердосплавного предельное значение твердости не должно превышать 650 ед. В этом случае в обозначение твердости вводится дополнительно буква W, например: 570 HBW.

Определение твердости по Роквеллу. Сущность метода заключается во вдавливании наконечника с алмазным конусом с углом у вершины 120°

(шкалы «А» и «С») или со *стальным шариком* диаметром 1,58 мм (шкала «В») в испытуемый образец под действием последовательно прилагаемых предварительной P_0 и основной P_1 нагрузок и измерений остаточного увеличения глубины внедрения наконечника e ($e = (h - h_0) / 0,002$) после снятия основной нагрузки в единицах измерения 0,002 мм. При испытании с использованием шкалы «А» нагрузка составляет 588 Н, шкалы «С» – 1470 Н, шкалы «В» – 980 Н.

Схема определения твердости по Роквеллу приведена на рисунке 1.1, б. Под предварительной нагрузкой P_0 индикатор прибора вдавливаются в образец на глубину h_0 . Затем на испытуемый образец подается полная нагрузка $P = P_0 + P_1$, и глубина погружения наконечника возрастает. После снятия нагрузки прибор показывает число твердости по Роквеллу HR (H-hard – твердость, R – метод Роквелла). Твердость является величиной, обратной глубине вдавливания. Единица твердости по Роквеллу – безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индикатора на 0,002 мм.

Числа твердости определяются по формулам

$$\text{HRC (A)} = 100 - e; \text{HRB} = 180 - e.$$

Шкала «А» используется для измерения твердости очень твердых материалов (> 67 HRC), а также для тонких и твердых поверхностных слоев (0,5...1,0 мм). По шкале В определяют твердость сравнительно мягких (незакаленных) материалов (< 400 HB). Шкала «С» используется для испытания материалов, имеющих высокую твердость (после закалки) (> 450 HB).

Пределы измерения твердости по шкале «А» – 70...85 ед., шкале «В» – 25...100 ед., шкале «С» – 22...65 ед. Условная запись твердости для разных шкал – HRA, HRB, HRC. Например, 60 HRC (твердость 60 ед. по шкале «С»). В настоящее время применяется обозначение HRCэ – это твердость, воспроизводимая государственным специальным эталоном.

Твердость по Виккерсу. Метод заключается во вдавливании алмазного наконечника, имеющего форму правильной четырехгранной пирамиды (угол при вершине 136°), в образец под действием нагрузки P и измерении диагонали отпечатка d (в миллиметрах), оставшегося после снятия нагрузки (см. рисунок 1.1, в). Нагрузка может изменяться в пределах 9,8...980 Н.

Твердость по Виккерсу определяется по формуле

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2} .$$

Метод используют для определения твердости деталей малой толщины и тонких поверхностных слоев, имеющих высокую твердость. Чем тоньше материал, тем меньше должна быть нагрузка.

В стандартных условиях испытаний (при нагрузке 294 Н, времени выдержки 15 с) обозначение твердости по Виккерсу выглядит как, например, 430 HV. При других условиях испытаний указывается нагрузка и продолжительность выдержки под нагрузкой (например, 250 HV 10/40).

Метод Роквелла, по сравнению с другими методами, имеет преимущество,

которое заключается в том, что значение твердости по методу Роквелла фиксируется индикатором, при этом отпадает необходимость в измерении размеров отпечатка и расчетах.

Вместе с тем необходимо запомнить следующие приближенные соотношения: $1 \text{ HRC} \approx 10 \text{ HB}$ и $1 \text{ HB} \approx 1 \text{ HV}$, которые позволяют оперативно определять пределы прочности для типовых изделий. Например, требуется определить σ_s стали вала редуктора после его улучшения, т. е. с твердостью $\approx 30 \text{ HRC}$. Если учесть, что $30 \text{ HRC} \approx 300 \text{ HB}$, то $\sigma_s \approx 300/3 \approx 100 \text{ кгс/мм}^2$.

Методы HB и HRV применяются для мягких материалов, HRC – для твердых, HRA – для сверхтвердых материалов (например, изделий из карбида вольфрама) и тонких твердых покрытий. Метод Виккерса является универсальным.

Твердость типовых изделий из углеродистых сталей указана в таблице 1.1. Если твердость указанных изделий не соответствует рекомендуемым значениям, можно сделать вывод о браке термической обработки или особых условиях их эксплуатации.

Содержание отчета

- 1 Основные методы измерения твердости.
- 2 Схемы определения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
- 3 Формулы определения твердости и условные записи твердости для разных методов.
- 4 Области применения различных методов.
- 5 Значения твердостей типовых изделий из углеродистых сталей.

Контрольные вопросы

- 1 Укажите области применения различных методов.
- 2 Какие твердости у типовых изделий?
- 3 По какой формуле производится расчет твердости по Бринеллю и другим методам?
- 4 На каком приборе следует определять твердость материала, из которого изготовлены консервные банки (гаечные ключи, ножи, лезвия безопасных бритв, медная фольга)?

2 Лабораторная работа № 2. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы

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

Оборудование и инструмент: печь для плавки металла; формовочный инструмент; модель; формовочная смесь; опоки; шихта для выплавки металла.

Порядок проведения работы

- 1 Начертить эскиз детали.
- 2 Выбрать положение отливки в форме и назначить плоскость разъема модели.
- 3 Нанести припуски и уклоны на эскиз детали.
- 4 Определить конфигурацию стержней и знаковые части стержня.
- 5 Начертить эскизы модели и литейной формы в сборе.
- 6 По модельному комплекту отливки заданной детали произвести формовку литейной формы и стержня.
- 7 Получить отливку посредством заполнения формы расплавленным металлом.

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

Технологическая схема изготовления отливки приведена на рисунке 2.1.

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

Опока – металлическая рамка для удержания формовочной смеси.

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

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

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

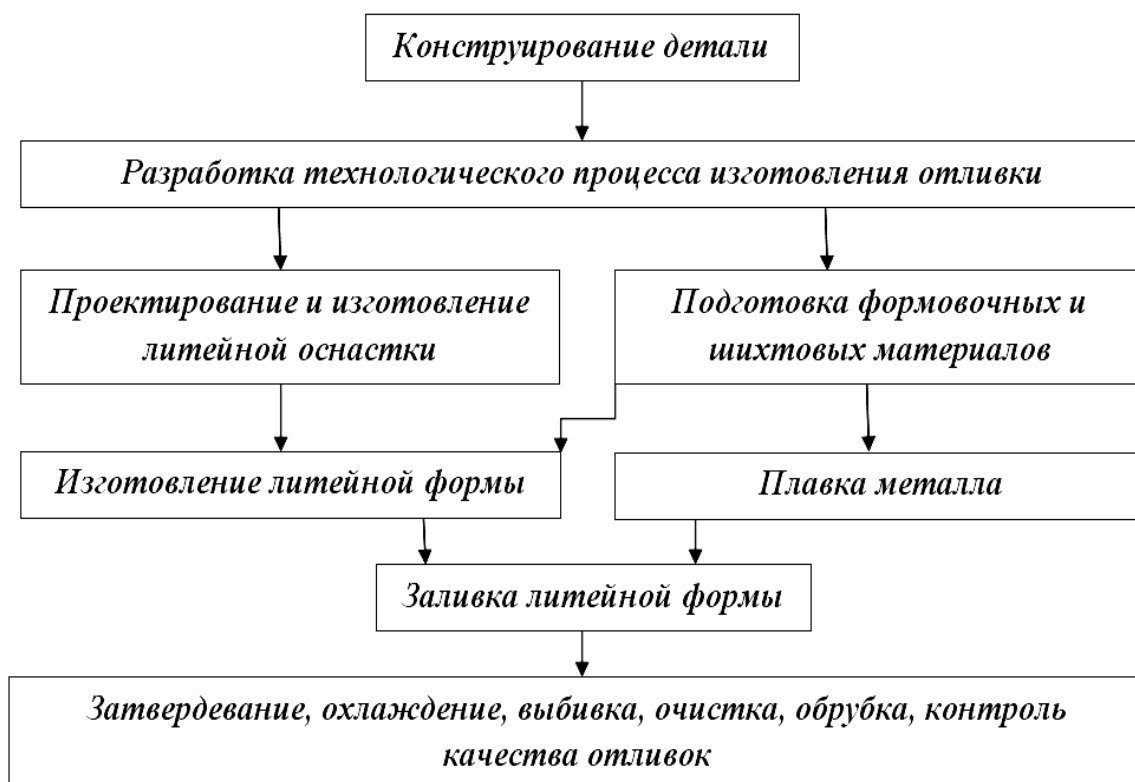


Рисунок 2.1 – Технологическая схема изготовления отливок

Модельный комплект – это совокупность технологической оснастки, необходимой для образования в форме полости, соответствующей контурам отливки. В модельный комплект включают модельные плиты, модели, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы и другие приспособления.

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

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

Литниковая система – это совокупность каналов, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы. Основными ее элементами являются:

- *литниковая чаша* – служит для приема расплавленного металла и подачи его в стояк;
- *стояк* – вертикальный канал для подачи металла из литниковой чаши в шлакоуловитель;
- *шлакоуловитель* – служит для удержания шлака и других неметаллических включений;
- *питатель* – служит для подвода расплавленного металла в полость литейной формы;
- *выпор* – служит для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом.

дели в форме обозначают соответственно В и Н.

Отверстия в заготовках диаметром менее 12 мм (см. рисунок 2.2, б, поз. 2) обычно получают сверлением, поэтому их тоже заштриховывают, как припуск на механическую обработку. Крупные отверстия в отливках получают с помощью стержней 3. Основное тело стержня повторяет конфигурацию полости отливки. Для точной фиксации стержня в форме используют стержневые знаки 4, выполняемые заодно с самим основным телом стержня. При горизонтальном положении стержня, имеющего форму тела вращения, знаки делают цилиндрическими, а при вертикальном – в виде усеченного конуса. Форму и размеры знаковых частей назначают по ГОСТ 3606–85. На чертеже стержень изображается синим цветом со штриховкой у контурных линий.

Для облегчения извлечения модели из уплотненной смеси на всех ее поверхностях, расположенных перпендикулярно по отношению к плоскости разъема PM , наносят *литейные уклоны* 5. Уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы. Их величина определяется по ГОСТ 3212–92 и зависит от размеров и места расположения поверхности. В местах сопряжений поверхностей моделей вводят *радиусы скруглений (галтели)* 6. При наличии галтелей литейная форма в таких скругленных углах после извлечения модели не осыпается, а отливка не приобретает склонности к появлению трещин, т. к. устраняются концентраторы напряжений.

После нанесения на чертеж (см. рисунок 2.2, б) всех указаний приступают к изготовлению модели и стержневого ящика. Размеры модели и ее очертания (рисунок 2.3, а) соответствуют чертежу (см. рисунок 2.2, б). Для точного совмещения половинок моделей на одной из них имеются шипы, а на другой – впадины (рисунок 2.3, б).

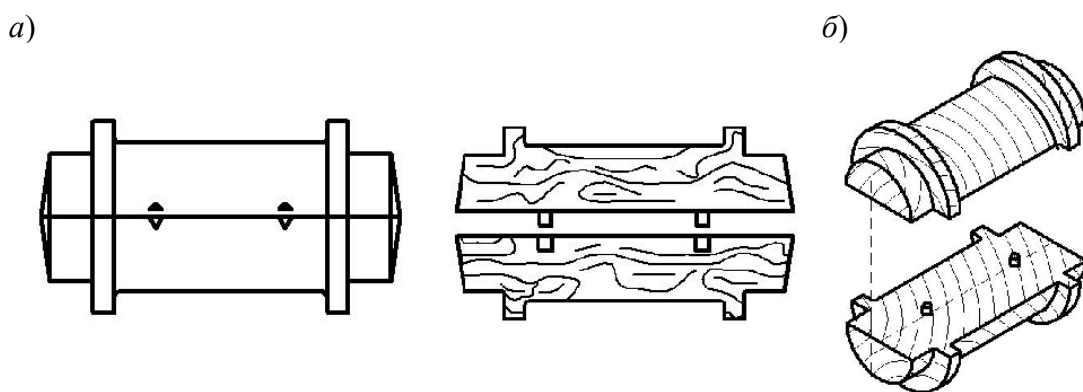


Рисунок 2.3 – Эскизы модели с поперечным сечением (а) и трехмерным изображением (б)

Размеры и очертания рабочей полости стержневого ящика соответствуют размерам и очертаниям стержня со знаками (см. рисунок 2.2, б, поз. 3 и 4). Для удобства извлечения стержня ящик делают разъемным (рисунок 2.4).

В стержневом ящике изготавливают стержень путем уплотнения смеси в рабочей полости ящика, затем для придания прочности стержень сушат.

В разработку литейной технологии входят конструирование и расчет *литниковой системы*, которая служит для заполнения литейной формы металлом.

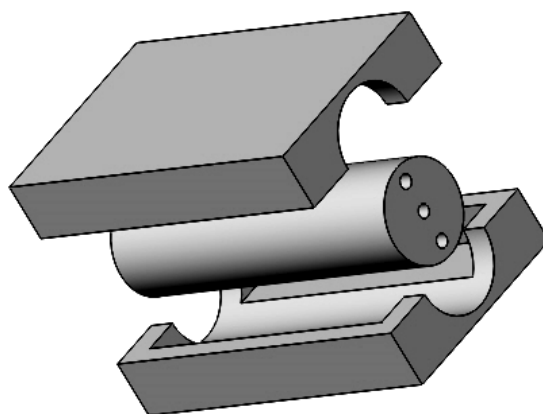


Рисунок 2.4 – Разъемный стержневой ящик

Последовательности операций формовки и сборки формы

Последовательность изготовления сырой песчано-глинистой формы в опоках ручным способом показана на рисунке 2.5.

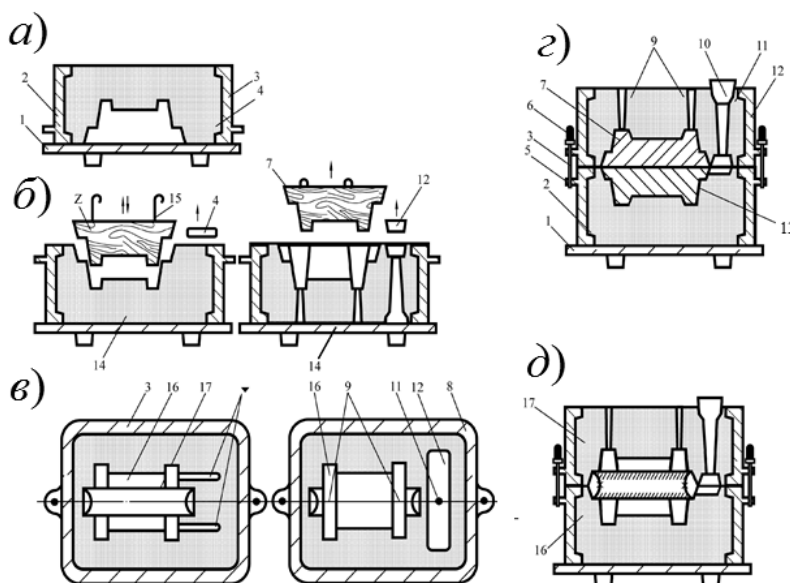


Рисунок 2.5 – Последовательность процесса изготовления сырой песчано-глинистой формы ручным способом

Вначале изготавливают нижнюю полуформу (см. рисунок 2.5, *a*). На подмодельную плиту *1* укладывают модель низа *2*, затем на эту же плиту устанавливают опоку *3*. Модель располагают в опоке таким образом, чтобы оставалось место для размещения литниковой системы. К модели подводят модель элемента литниковой системы – питатель *4*.

На предварительно протертую разделительным покрытием поверхность модели насыпают тонкий слой формовочной смеси *13*, которую тщательно уплотняют на поверхности модели. Затем слои последовательно насыпают и уплотняют, пока уровень ее несколько не превысит край опоки *3*.

Излишки уплотненной смеси линейкой срезают вровень с краем опоки. Нижнюю полуформу поворачивают на 180° (вверх плоскостью разъема модели) и на модель низа 2 устанавливают верхнюю полумоделю 7, совмещая шипы и впадины (см. рисунок 2.5, б). На опоку 3 нижней полуформы устанавливают верхнюю опоку 8 и взаимно их фиксируют при помощи штырей 6, которые входят во втулки боковых проушин опок 5. Поверхность нижней полуформы посыпают тонким слоем разделительного песка для предотвращения соединения двух полуформ в процессе уплотнения смеси. На самую высокую поверхность модели устанавливают выпор 9, который обеспечит отвод газов из формы. Над моделью питателя 4 устанавливают модель шлакоуловителя 12 и стояка 11 с литниковой чашей 10. После этого формируют верхнюю полуформу, уплотняя формовочную смесь 13 в опоке 8. Затем из уплотненной смеси извлекают модель выпора 9 и стояка 11. Для образования дополнительных газоотводящих каналов полуформы многократно прокалывают иглообразной спицей.

Верхнюю полуформу снимают с нижней и помещают рядом на щитке (см. рисунок 2.5, в). Из нижней и верхней полуформ с предварительной раскочкой удаляют полумоделю и элементы литниковой системы при помощи крючков или шпилек 15. После извлечения моделей в знаковые части нижней полуформы помещают стержень 14, изготовленный ранее (см. рисунок 2.5, г). Нижнюю полуформу накрывают верхней (см. рисунок 2.5, д). Таким образом, получается литейная форма, внутри которой имеется полость 16, по конфигурации соответствующая конфигурации модели, а внутри полости расположен стержень 14, образующий отверстие в отливке.

Технология заливки, выбивка, обрубка и очистка литья

Заливку форм расплавленным металлом производят из ковшей, футерованных огнеупорным материалом. Температура заливаемого металла зависит от рода сплава, толщины стенок отливки, их конфигурации и т. п. Заливку форм ведут непрерывно до полного заполнения литниковой чаши и появления металла в выпорах.

Выбивку отливок из форм осуществляют на вибрационных решетках. От вибрации форма разрушается, смесь просыпается сквозь решетку, а опоки с отливкой остаются на решетке (рисунок 2.6).

Удаление стержней производится пневматическими вибрационными машинами или размытием мощной струей воды. Обрубку и зачистку отливок от остатков питателей, заусенцев и заливок производят шлифовальными кругами, дисковыми пилами, кислородной резкой или на обрезных прессах.

Очистка отливок от пригара осуществляется в очистных вращающихся барабанах или дробеметных установках.

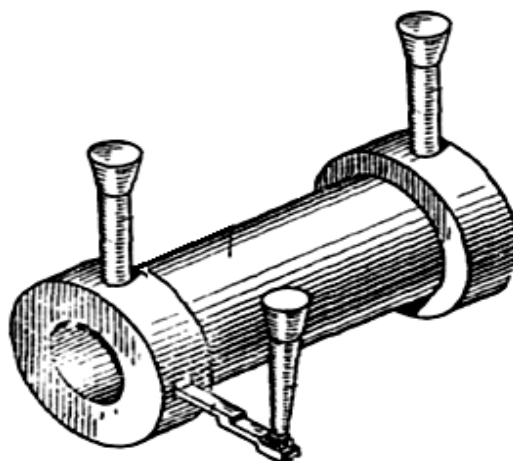


Рисунок 2.6 – Отливка с элементами литниковой системы после выбивки

Контроль качества отливок

Контроль качества производят с целью обнаружения брака отливок.

Основные виды брака и причины его возникновения:

- газовые раковины и пористость в отливках. Причины: повышенная влажность или малая газопроницаемость формовочной смеси (из-за чрезмерного уплотнения);
- песчаные и шлаковые раковины (полости в теле отливки, заполненные формовочной смесью или шлаком). Причины: слабое уплотнение формы или плохая конструкция шлакоуловителя;
- усадочные раковины (или поры) в отливках. Причины: неправильный подвод жидкого металла в форму; слишком высокая температура заливаемого металла;
- холодные трещины. Причина: неодинаковая скорость охлаждения различных сечений отливки, что приводит к возникновению внутренних напряжений;
- горячие трещины (имеют темную окисленную поверхность). Причины: малая податливость стержней и формы при усадке отливки; резкие переходы от тонкой части отливки к толстой;
- коробление (изменение формы и размеров отливки под влиянием внутренних напряжений, возникающих при неравномерном охлаждении разных частей отливки). Причины: высокая скорость охлаждения; недостаточная податливость формы; нерациональная конструкция отливки;
- заливы (тонкие выступы вдоль разъема формы). Причина: неплотное смыкание полуформ;
- недолив (неполная отливка). Причины: плохая жидкотекучесть сплава; низкая температура расплава; малое сечение питателей; утечка расплава из формы.

Порядок выполнения работы

- 1 Начертить эскиз детали (по заданию преподавателя).
- 2 Разработать технологический чертеж отливки:

- выбрав положение отливки в форме и плоскость разъема модели;
- отметив припуски на механическую обработку отливки;
- определив конфигурацию стержней и знаковые части стержня;
- назначив формовочные уклоны и радиусы скруглений;
- прорисовав элементы литниковой системы.

3 Начертить эскиз модели.

4 Начертить эскиз литейной формы в сборе.

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

6 Получить отливку посредством заполнения формы расплавленным металлом.

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

Контрольные вопросы

1 Перечислите основные этапы изготовления отливки.

2 Что входит в состав модельного комплекта?

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

4 Какие основные виды и причины брака при литье?

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

Цель работы: изучение влияния холодной деформации и рекристаллизации на изменение твердости металла.

Оборудование и инструмент: гидравлический пресс «Титан НД-50»; твердомер ТК-2; электропечь; измеритель температуры; стальная заготовка диаметром 5...8 мм и высотой 6...10 мм; измерительный инструмент; клещи.

Работа включает в себя следующие этапы.

1 Осадка заготовки с различной степенью деформации на гидравлическом прессе, определение изменений твердости и высоты заготовки, установление зависимости твердости заготовки от степени ее деформации.

2 Снятие наклепа рекристаллизацией.

При пластическом деформировании металлов и сплавов в холодном состоянии, наряду с изменением формы и структуры, происходит изменение их механических и физико-химических свойств. Увеличиваются предел прочности, твердость, понижаются характеристики пластичности (ударная вязкость, относительное удлинение), уменьшаются электропроводность, теплопроводность,

сопротивление коррозии. Совокупность изменений механических и физико-химических свойств в результате холодной пластической деформации называется *упрочнением* или *наклепом*.

Упрочнение металла в процессе пластической деформации (наклеп) объясняется увеличением числа дефектов кристаллического строения (дислокаций, вакансий, межузельных атомов). Все дефекты кристаллического строения затрудняют движение дислокаций, а следовательно, повышают сопротивление деформации и уменьшают пластичность.

Наклеп зачастую является нежелательным и подлежит устранению или снятию. Снимают наклеп посредством рекристаллизации. При повышении температуры подвижность атомов возрастает, и при достижении определенной температуры вместо вытянутых зерен образуются новые равноосные зерна.

Рекристаллизация – это процесс, при котором в результате нагрева происходит перестройка кристаллов холоднодеформированного металла, зарождение и рост новых кристаллов с неискаженной решеткой и значительно меньшей плотностью дефектов. При этом материал после рекристаллизации имеет равновесную структуру, близкую к структуре металла до пластической деформации. Этот процесс начинается при температуре выше температуры рекристаллизации, определяемой для чистых металлов по формуле Бочвара

$$T_{рек} = 0,4T_{пл},$$

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

По шкале Цельсия формула Бочвара имеет вид:

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

В результате рекристаллизации холоднодеформированного металла наклеп снимается, металл разупрочняется.

Работа на оборудовании

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

Для выполнения этой работы на приборе установлен наконечник 1 со стальным шариком. Практика определения твердости на приборе состоит в следующем:

- включить прибор в электросеть;
- включить тумблер 2 (на приборе загорится лампочка);

– испытываемый образец установить на опорный столик 3 против наконечника;

– вращением маховика 5 поджимать образец к наконечнику до тех пор, пока малая стрелка индикатора не станет против красной точки, а большая при этом займет вертикальное положение с допустимым отклонением от вертикали до пяти делений шкалы;

– вращением барабана 8 установить «30» шкалы «В» против конца большой стрелки;

– легким кратковременным нажатием (нажать и сразу отпустить) вниз клавиши 6 включить механизм нагружения и ждать полного успокоения стрелок индикатора;

– отсчитать по красной шкале индикатора значение твердости.

2 Гидравлический пресс «Титан НД-50» (см. фото на рабочем столе) применяется для деформирования образцов с различной степенью обжата.

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

Деформирование повторяется при усилиях 100, 150 и 200 кН.

3 Печь применяется в работе для проведения рекристаллизации. Образец ставить в печь и доставать из нее нужно специальными щипцами, печь при этом должна быть выключена, а температура в ней – 600 °С...700 °С.

4 Измеритель температуры применяется для определения температуры в печи.

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

Ход работы

1 Включить печь в электросеть.

2 Вычертить таблицу 3.1.

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

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

5 Образец подвергнуть деформации, доведя усилие пресса до 200 кН.

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

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

Таблица 3.1 – Результаты экспериментов

Результат измерений							Результат вычислений	
Усилие деформирования, кН	Высота до деформации H	Высота после деформации h	Твердость до деформации, HRB	Твердость после деформации, HRB	Твердость после рекристаллизации, HRB	Реальная температура рекристаллизации t , °C	Степень обжатия образца, ε	Рассчитанная температура рекристаллизации t , °C
50								
100								
150								
200								

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

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

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

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

где H – высота образца до деформации, мм;

h – высота образца после деформации, мм.

По потенциометру снять значение действительной температуры рекристаллизации.

11 Убрать рабочее место.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Оборудование:

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

3 Основные формулы и результаты экспериментов:

- формула для определения степени обжатия;
- формула для определения температуры рекристаллизации $t_{рек}$, °C.

4 График зависимости твердости от степени деформации.

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

Контрольные вопросы

- 1 Как изменяется пластичность при увеличении твердости?
- 2 Чем объясняется упрочнение металла в процессе пластической деформации?
- 3 Как изменяется подвижность атомов с повышением температуры?
- 4 Что происходит с металлом в процессе рекристаллизации?
- 5 Чему равна температура рекристаллизации для чистых металлов?

4 Лабораторная работа № 4. Обработка деталей на токарных станках

Цель работы: ознакомление с типами станков токарной группы, назначением основных узлов токарных станков, а также с видами работ, выполняемых на станках токарной группы.

Оборудование и инструмент: станок токарный настольный WM180V; заготовка для обработки; набор необходимого режущего, монтажного и измерительного инструмента.

Обработка заготовок на станках токарной группы

Типы станков токарной группы. Все токарные станки принадлежат к первой группе и подразделяются на следующие подгруппы: полуавтоматы и автоматы одношпиндельные; автоматы и полуавтоматы многошпиндельные; револьверные; сверлильно-отрезные; карусельные; токарные и лобовые; много-резцовые; специализированные; разные.

По степени универсальности станки этой группы подразделяются таким образом:

- универсальные – для обработки различных деталей в единичном производстве;
- специализированные – для обработки группы деталей в серийном производстве;
- специальные – для обработки отдельных деталей.

Устройство токарного станка. Основные части токарного станка (рисунок 4.1): станина 1, передняя бабка 2, задняя бабка 3, суппорт 4.

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

В передней бабке 2 размещен главный вал – шпиндель с закрепленным на нем патроном 7 или другим приспособлением, передающим вращение заготовке, а также коробка скоростей, от которой шпиндель получает вращение с необходимой частотой.

На передней бабке также располагаются защитный кожух 8, кнопка ава-

рийного выключения станка 9, ручка регулировки частоты вращения патрона 10, индуктор частоты вращения патрона 11.

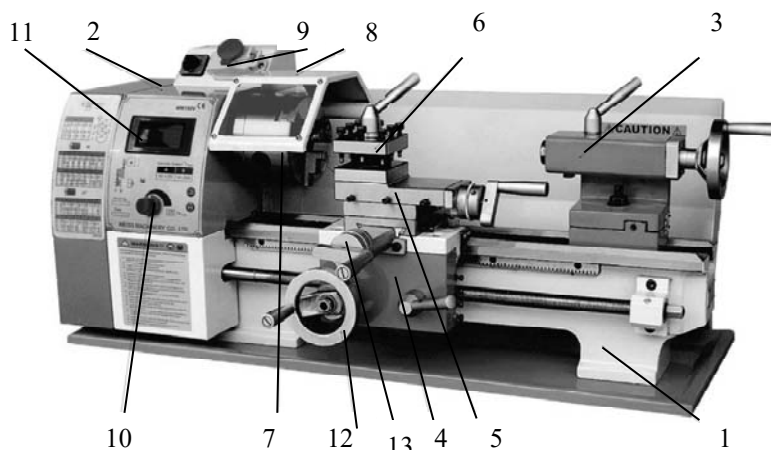


Рисунок 4.1 – Общий вид токарного настольного станка Universal WM180V

Задняя бабка 3 предназначена для поддержания с помощью центра правого конца заготовки, а также для закрепления в коническом отверстии пиноли сверла, зенкера или развертки соответственно при сверлении, зенкеровании или развертывании отверстий в заготовке.

Коробка подач является составной частью механизма подач, получающего движение от шпинделя через гитару сменных зубчатых колес и передающего его ходовому винту или ходовому валу, от которых через механизмы фартука движение передается суппорту 4.

Суппорт служит для закрепления инструментов в установленном на нем четырехгранном резцедержателе 6. Суппорт состоит из продольных и поперечных салазков, которые могут перемещаться по направляющим вручную с помощью маховиков 12 и 13 или автоматически, резцовых салазков (каретки) 5, которые перемещаются по направляющим только вручную.

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

Внешние цилиндрические поверхности обрабатывают проходными прямыми, отогнутыми, упорными, с закругленной вершиной для чистовой обработки резцами соответственно (рисунок 4.2, поз. 7–9, 11).

Плоскости обрабатывают проходными прямыми и отогнутыми, подрезными с поперечной подачей (рисунок 4.2, поз. а–в), упорными при продольной подаче (рисунок 4.2, поз. 11) резцами.

Прорезание канавок и отрезка заготовки выполняются с поперечной подачей канавочными и отрезными резцами (рисунок 4.2, поз. 3, 5 и б).

Растачивают (увеличивают диаметр) цилиндрические отверстия расточными резцами (рисунок 4.2, поз. 12 и 13).

Фасонные (сложной формы) поверхности небольшой длины обрабатывают резцами с поперечной подачей (рисунок 4.2, поз. 15). Профиль режущей кромки фасонного резца должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

Нарезание резьбы. На токарном станке внешнюю резьбу можно нарезать резцом (рисунок 4.2, поз. 10) или плашкой, а внутреннюю – резцом (рисунок 4.2, поз. 14) или метчиком.

Резцы припаиваются к державке или крепятся механическим способом (рисунок 4.2, поз. 16).

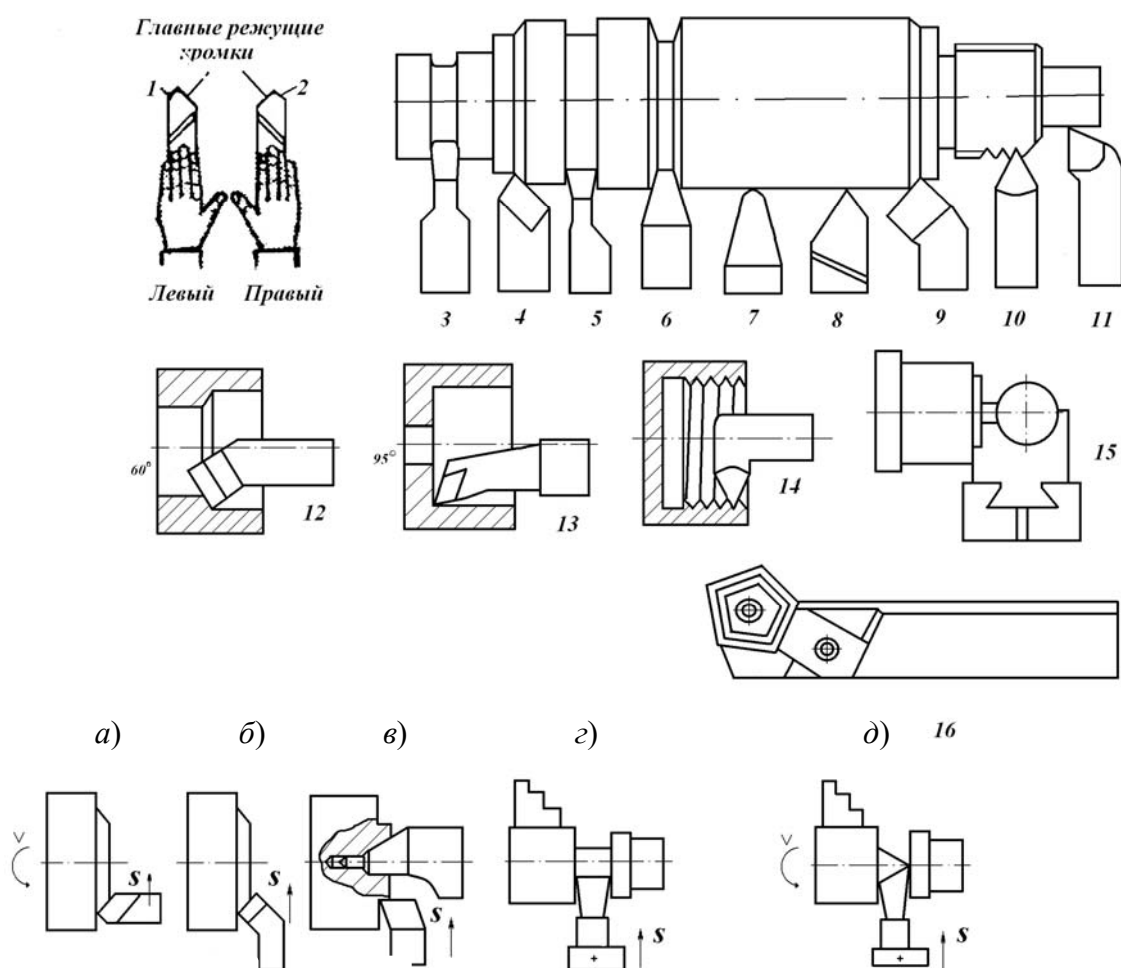


Рисунок 4.2 – Виды работ, выполняемых на токарном станке

Геометрические параметры токарного резца

При станочной обработке заготовки на ней различают поверхности (рисунок 4.4, а): обрабатываемую, обработанную, резания – поверхность, образующуюся при резании непосредственно режущей кромки. Поверхность резания переходная от обрабатываемой к обработанной.

К элементам резца относятся рабочие поверхности, кромки и углы (рисунок 4.4, б). Рабочие поверхности образуются в результате заточки резца.

К рабочим поверхностям относятся:

– передняя, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и

стружкой;

- главная задняя, контактирующая с поверхностью резания;
- вспомогательная задняя поверхность, обращенная к обработанной поверхности.

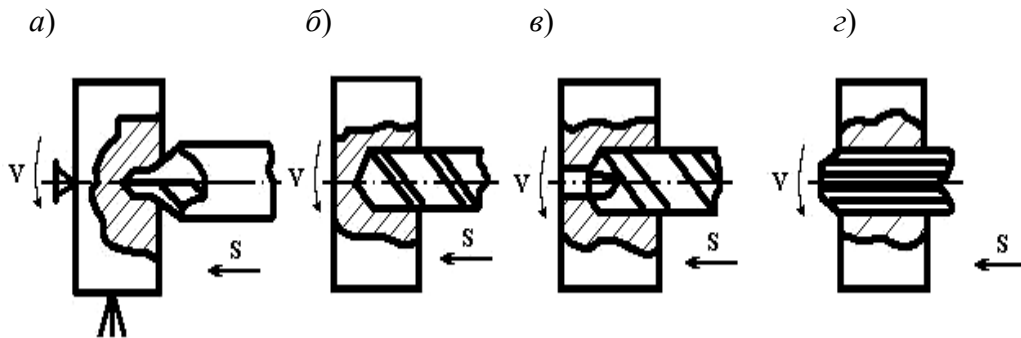


Рисунок 4.3 – Основные виды обработки отверстий

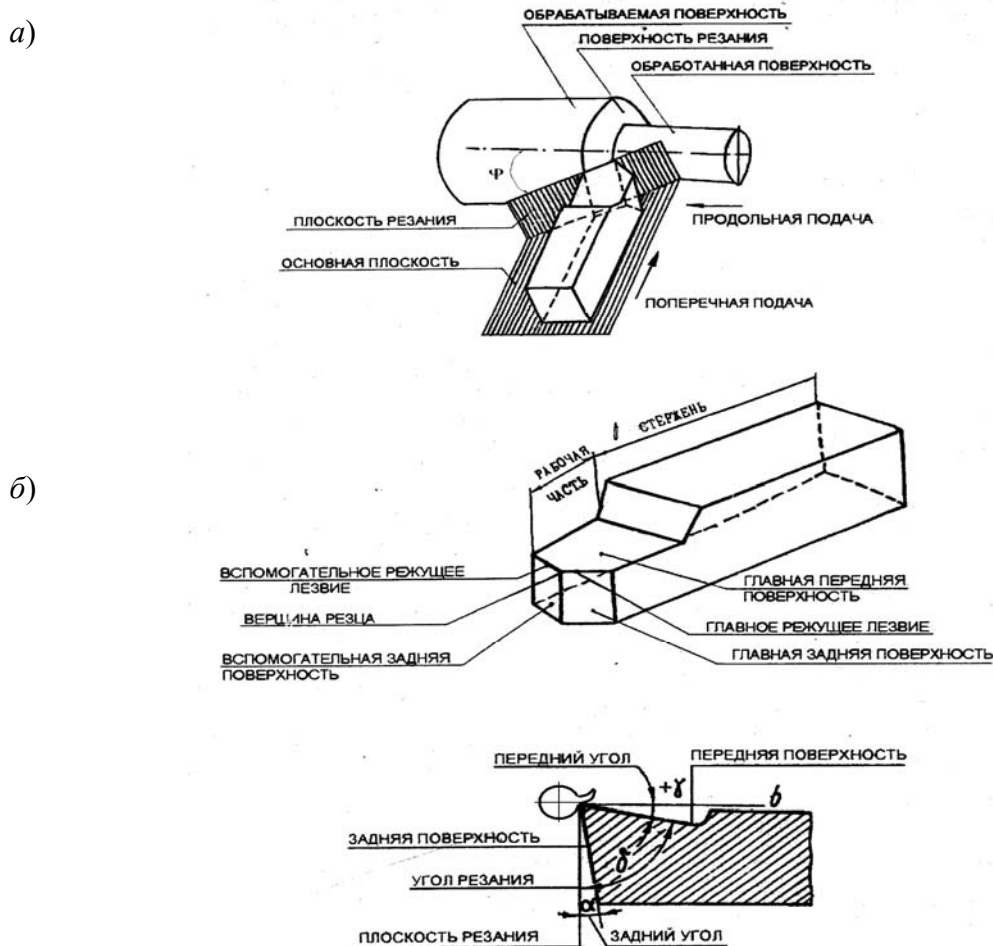


Рисунок 4.4 – Поверхности на обрабатываемой заготовке, координатные плоскости, геометрические параметры реза

Главная режущая кромка образуется пересечением передней и главной задней поверхностей. Она формирует большую сторону сечения срезаемого слоя.

Вспомогательная режущая кромка образуется пересечением передней и задней вспомогательных поверхностей. Она формирует меньшую сторону сечения срезаемого слоя.

Вершина резца – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок.

Для определения углов резца установлены координатные и секущие плоскости: резания и основная, главная и вспомогательная секущая.

Плоскостью резания называют плоскость, касательную к поверхности резания и проходящую через главную режущую кромку резца перпендикулярно основной плоскости.

Основной плоскостью называют плоскость, параллельную направлению продольной и поперечной подач.

Главной секущей плоскостью называют плоскость, перпендикулярную к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Углы резца, измеренные в главной секущей плоскости, называются главными.

Вспомогательной секущей плоскостью называют плоскость, перпендикулярную к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Углы резца, измеренные во вспомогательной секущей плоскости, называются вспомогательными.

К главным углам резца относятся главный задний угол, угол заострения, передний угол и угол резания (см. рисунок 4.4, а, б).

Главный задний угол α – угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания.

Угол заострения β – угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Передний угол γ – угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания.

Угол резания δ – угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Между главными углами резца существуют следующие соотношения:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \alpha + \beta = \delta$$

и, следовательно,

$$\delta + \gamma = 90^\circ.$$

Углы в плане измеряются в основной плоскости.

Главный угол в плане φ – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане φ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением, обратным направлению подачи.

Угол при вершине ε – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение и область применения токарного станка.
- 3 Виды работ, выполняемых на токарных станках, и виды инструментов, применяемых для их исполнения.
- 4 Упрощенные схемы токарного станка и назначение его основных узлов.

Контрольные вопросы

- 1 Инструмент, применяемый для обработки различных поверхностей.
- 2 Подразделение станков по степени универсальности.
- 3 Основные части токарных станков и их назначение.
- 4 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках.
- 5 Виды движений при токарной обработке.

5 Лабораторная работа № 5. Обработка деталей на фрезерных станках

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

Оборудование и инструмент: универсальный фрезерный станок модели Optimum BF20 Vario; заготовки для фрезерования плоскости; набор необходимого монтажного инструмента; измерительный инструмент.

Общие положения

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

Существует большое разнообразие типов фрезерных станков: консольно-фрезерные; продольно-фрезерные; фрезерные станки непрерывного действия; шпоночно-фрезерные; резьбофрезерные; копировально-фрезерные; специальные и др.

Консольно-фрезерные станки подразделяют на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсально-фрезерные и широкоуниверсальные.

Главным движением служит вращение шпинделя (главного вала). По вертикальным направляющим станины может перемещаться консоль, осуществляя вертикальную подачу S_v , а по направляющим консоли – поперечные салазки, обеспечивая поперечную подачу S_n . Заготовку закрепляют на столе станка, который, перемещаясь по направляющим поперечных салазок, реализует продольную подачу S_{np} . Подвеска с подшипником служит для поддержания конца установленной в шпинделе станка длинной оправки с фрезой.

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

Универсально-фрезерный станок отличается от горизонтально-фрезерного только тем, что между поперечными салазками и столом расположена поворотная часть, благодаря которой стол может быть повернут в горизонтальной плоскости на необходимый угол. Это дает возможность нарезать на таком станке зубчатые колеса с винтовыми зубьями, винтовые зубья в зенкерах, развертках, фрезах и т. п.

Основные типы фрез. В зависимости от способа крепления фрез на станке различают фрезы концевые (рисунок 5.1, *д–н*) с коническим или цилиндрическим хвостовиком и насадные (рисунок 5.1, *а–з, о–с*), имеющие отверстие и закрепляемые на оправке. Концевые фрезы (см. рисунок 5.1, *д–н*) применяют для обработки пазов, плоскостей, фасонных поверхностей.

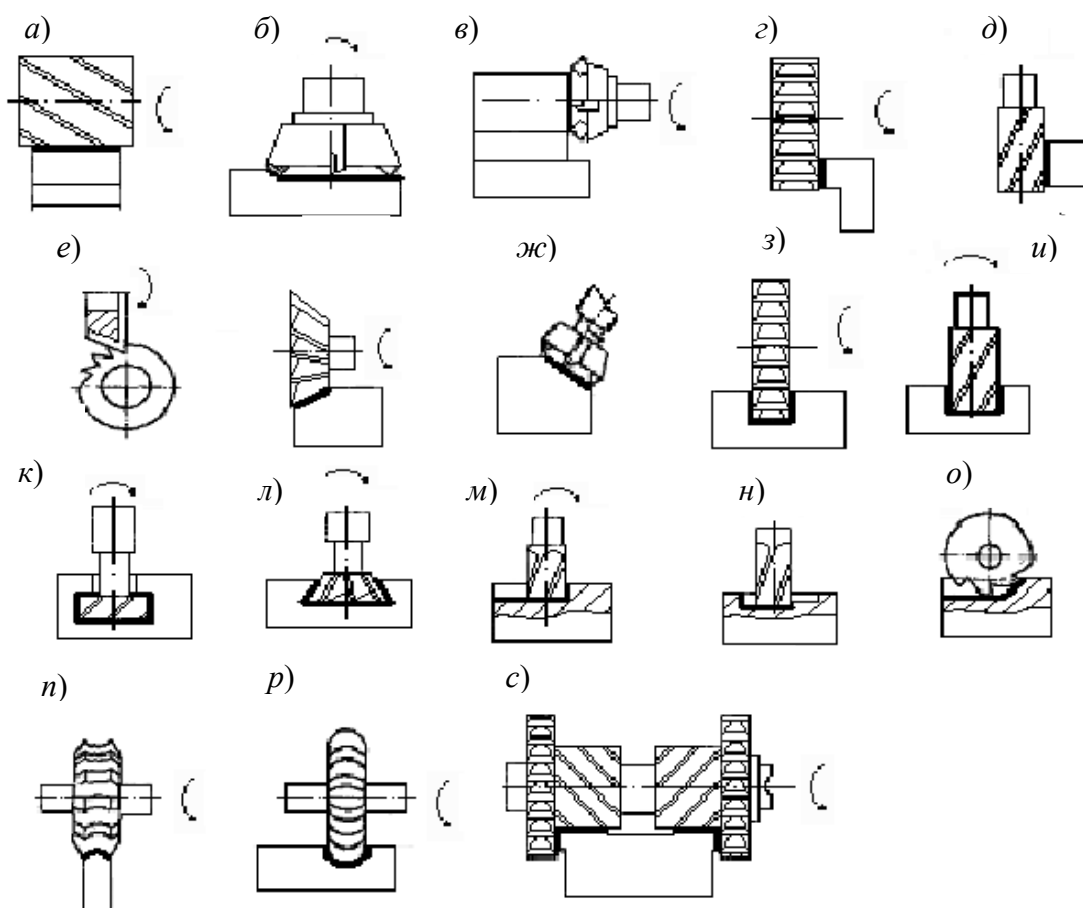


Рисунок 5.1 – Примеры работ, выполняемых на фрезерных станках

Цилиндрические фрезы имеют зубья только на цилиндрической поверхности и используются для обработки поверхностей. На рисунке 5.1, *а* изображена цилиндрическая сплошная фреза с винтовыми зубьями. Крупные цилиндрические фрезы изготавливают со вставными зубьями из быстрорежущей стали

(см. рисунок 5.1, б, в, ж). Для фрезерования широких плоскостей применяют фрезы с разнонаправленными винтовыми зубьями (см. рисунок 5.1, с).

Торцевые фрезы имеют зубья на торце и боковой поверхности (см. рисунок 5.1, г, з, с) и только на торце (см. рисунок 5.1, б, в, ж). Их изготавливают цельными (см. рисунок 5.1, г, з, с) и со вставными зубьями и применяют для обработки поверхностей.

Дисковые фрезы (см. рисунок 5.1, е, з, о–р) применяют при фрезеровании прямолинейных пазов, канавок и плоскостей.

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

Угловые фрезы (см. рисунок 5.1, е, л) с зубьями, расположенными на конической и торцевой поверхностях, используют для прорезания канавок углового профиля.

Фасонные фрезы (см. рисунок 5.1, н, р) находят применение при обработке деталей сложного, чаще криволинейного профиля.

Пальцевой фрезой нарезают зубья крупномодульных зубчатых колес.

Работы, выполняемые на фрезерных станках. Горизонтальные плоскости обрабатывают цилиндрическими фрезами (см. рисунок 5.1, а) на горизонтально-фрезерных станках либо торцевыми (см. рисунок 5.1, б) – на вертикально-фрезерных.

Вертикальные плоскости обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках торцевыми или дисковыми фрезами и на вертикально-фрезерных – концевыми (см. рисунок 5.1, в–д).

Наклонные плоскости и скосы обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках угловыми фрезами (см. рисунок 5.1, е) или на вертикально-фрезерных станках с поворотной головкой – торцевыми (см. рисунок 5.1, ж).

Прямоугольные пазы и уступы фрезеруют дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках или концевыми – на вертикально-фрезерных (см. рисунок 5.1, з, и).

Пазы Т-образные и типа «ласточкин хвост» фрезеруют на вертикально-фрезерном станке в два прохода. Сначала прорезают прямоугольный паз цилиндрической концевой фрезой, а затем фрезой соответствующего профиля (см. рисунок 5.1, к, л).

Шпоночные пазы открытые обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках дисковыми фрезами (см. рисунок 5.1, о), а закрытые – на вертикально-фрезерных станках концевыми (см. рисунок 5.1, м) или специальными шпоночными фрезами.

Фасонные поверхности обрабатывают фасонными фрезами соответствующего профиля (см. рисунок 5.1, н, р).

Сложные поверхности часто фрезеруют набором фрез на горизонтально- и продольно-фрезерных станках (см. рисунок 5.1, с).

Назначение и устройство станка модели Optimum BF20 Vario

Настольный фрезерный станок Optimum BF20 Vario предназначен для вертикального фрезерования торцевыми, концевыми и шпоночными фрезами.

Станок (рисунок 5.2) состоит из чугунного основания 1, стола с пазами для крепления деталей 2, рукоятки вертикального перемещения фрезерной головки 3, переключателя диапазона числа оборотов 4, ручки подачи 5, защитного щитка 6, за которым находится шпиндель, цифровой индикации перемещения шпинделя и инструмента 7, панели управления 8, микрометрической подачи шпинделя 9.

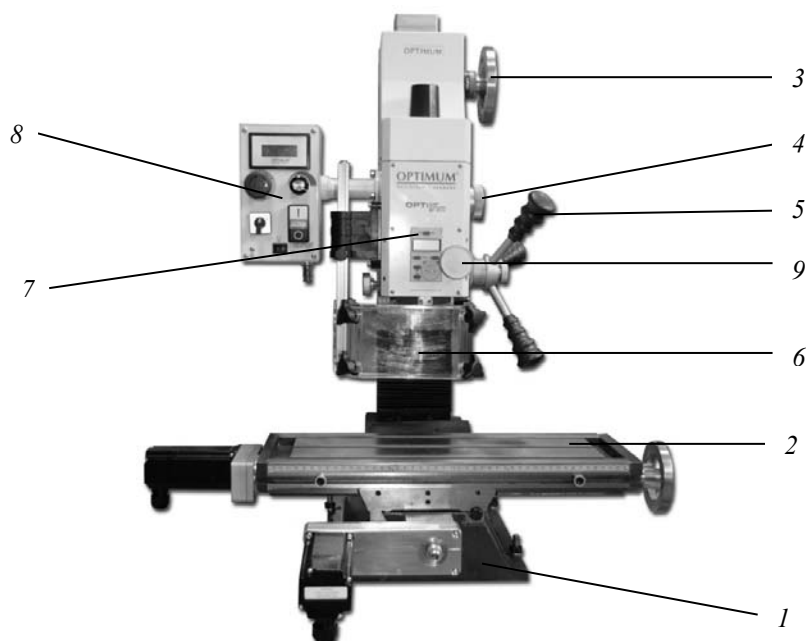


Рисунок 5.2 – Общий вид фрезерного станка модели Optimum BF20 Vario

При работе на фрезерном станке основными видами движения являются:

- главное движение – вращение шпинделя с фрезой;
- движение подач – продольное и вертикальное перемещения стола с заготовкой и горизонтальное перемещение шпиндельной бабки;
- вспомогательное движение – перемещения стола, шпиндельной бабки и вращение шпиндельной головки.

Назначение режимов резания

Режимы резания (глубина резания, подача и скорость резания) назначаются в зависимости от условий обработки в следующей последовательности.

1 Назначается *глубина резания* исходя из припуска на обработку (в данном случае t задается преподавателем).

2 Назначается *подача на зуб фрезы* S_z (таблица 5.1).

3 По глубине резания и подаче на зуб выбирается *скорость резания* V , м/мин, по таблице 5.2.

4 По скорости V рассчитывается *число оборотов фрезы* n , об/мин, по формуле

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} , \quad (5.1)$$

где D – диаметр фрезы, мм;
 V – табличная скорость резания, м/мин.

Таблица 5.1 – Подача на зуб фрезы при обработке серого чугуна концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания t , мм	S_z при диаметре фрезы D , мм		
	6	16	> 30
До 5	0,01...0,02	0,02...0,04	0,07...0,1
10	0,006...0,01	0,05...0,1	0,05...0,1

Таблица 5.2 – Скорость резания при обработке серого чугуна концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания t , мм	V , м/мин, при подаче S_z , мм/зуб			
	до 0,02	0,04	0,06	0,1
До 5	34	30	27	25
10	27	24	22	20

5 По найденному (расчетному) числу оборотов принимается *число оборотов*, имеющееся на станке, которое называется действительным, или фактическим (см. коробку скоростей на станке). Принято выбирать ближайшее меньшее к расчетному числу оборотов n или ближайшее большее, если расчетное число оборотов n отличается от него не более чем на 10 %.

6 По действительному числу оборотов n_d определяется *действительная скорость резания*:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} \quad (5.2)$$

7 Определяется *минутная подача* S_m , мм/мин, по формуле

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \quad (5.3)$$

где z – число зубьев фрезы;

S_z – подача на зуб, мм;

n – число оборотов фрезы.

8 По рассчитанной минутной подаче S_m выбирается *действительная минутная подача* S_{md} (см. коробку подач на станке) так, как и число оборотов.

9 Определяется *машинное время* T_m по формуле

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S_{ia}}, \quad (5.4)$$

где L – длина перемещения заготовки с учетом врезания и перебега, мм;

i – число проходов (в данном случае число проходов равно 1).

Длина перемещения заготовки определяется по формуле

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5.5)$$

где l – длина обрабатываемой плоскости, мм;

l_1 – длина врезания, принимаем равной половине диаметра фрезы, мм;

l_2 – длина перебега (выхода) фрезы, $l_2 = 2 \dots 3$ мм.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Оборудование рабочего места (станок).

3 Характеристика детали:

марка материала _____ СЧ18

твердость _____ 180 НВ

длина обрабатываемой плоскости, мм _____

ширина обрабатываемой плоскости, мм _____

4 Характеристика режущего инструмента:

тип фрезы _____ концевая

материал фрезы _____ Р6М5

диаметр фрезы, мм _____

число зубьев _____

5 Схема станка.

6 Расчет режимов резания: n , n_d , V , V_d , S_m , S_{zd} .

7 Расчет машинного времени T_m .

Контрольные вопросы

1 Назначение фрезерных станков и их виды.

2 Основное отличие универсальных фрезерных станков (горизонтальных и вертикальных) от неуниверсальных.

3 Основные типы фрез.

4 Виды движений при фрезеровании.

5 Виды работ, выполняемых на фрезерных станках.

6 Основные узлы и принцип работы фрезерного станка модели Optimum BF20 Vario.

7 Основные режимы резания.

8 Величины, из которых складывается длина рабочего хода.

6 Лабораторная работа № 6. Ручная дуговая сварка

Цель работы: ознакомление с технологическими особенностями ручной дуговой сварки.

Оборудование и инструмент: инверторный сварочный аппарат; сварочные электроды; молоток; щетка металлическая.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с технологией ручной дуговой сварки.
- 2 Ознакомиться с технологическими особенностями формирования многослойных швов.
- 3 Изучить структуру многослойных швов, полученных ручной дуговой сваркой.
- 4 Составить отчет.

Общие сведения

Физическая сущность дуги. Сварочная дуга представляет собой мощный электрический разряд в газах, сопровождаемый выделением значительного количества тепла и света. С физической точки зрения это сложный ионный и электронный процесс переноса электрических зарядов через ионизированный воздушный промежуток. Ионизация газового промежутка при дуговой сварке в основном обусловлена электронной эмиссией с горячего катода.

Для разогрева катода между ним и анодом, подключенными к источнику сварочного тока, производят кратковременное короткое замыкание. После отрыва электрода от изделия с разогретого катода, каким при сварке постоянным током может быть и электрод, и изделие (при переменном токе полярность постоянно изменяется), под воздействием электрического поля начинается электронная эмиссия. Электроны, вылетевшие с поверхности катода, направляются к аноду и, сталкиваясь на своем пути с молекулами и атомами воздуха, ионизируют их. Образующиеся в воздушном промежутке отрицательные ионы и электроны перемещаются к аноду, а положительные ионы – к катоду. На поверхности катода осуществляется нейтрализация заряженных частиц с преобразованием электрической энергии в тепловую.

Сущность способа. Ручную дуговую сварку выполняют штучными электродами, которые сварщик подает к свариваемому изделию и перемещает в нужном направлении. Для сварки по методу Славянова используют металлические электроды, имеющие диаметр 1,6...12 мм и длину 150...450 мм.

Для защиты расплавленного металла от взаимодействия с воздухом на электродные стержни наносят толстые, или качественные, покрытия (рисунок 6.1). Шлакообразующими веществами являются оксиды TiO_2 , SiO_2 , MnO , карбонаты $CaCO_2$, $MgCO_3$ и другие соединения, вносимые в покрытия в виде минералов (кремнезема, мрамора) и руд (титановой, марганцевой). При плавлении

нии покрытия они образуют шлаки, которые покрывают капли электродного металла и металл шва и этим защищают расплавленный металл от азота и кислорода воздуха. После остывания металла шва и шлака шлаковая корка легко удаляется с поверхности шва.

В качестве газообразующих веществ используют различные органические соединения, например, электродную целлюлозу, древесную муку и пр. При их сгорании вокруг дуги образуются защитные газы в виде оксидов углерода, водорода и пр., которые предохраняют расплавленный металл от взаимодействия с воздухом.

Для раскисления применяют элементы, которые обладают большим сродством с кислородом, чем железо (марганец, титан, кремний, алюминий). Находясь в сварочной ванне, они отбирают кислород от оксидов железа, образуя нерастворимые в железе оксиды соответствующих элементов, которые затем всплывают в шлак.

Легирующими элементами являются хром, молибден, ванадий и др. В покрытия их вводят, если электроды предназначены для сварки легированных сталей, получения износостойких наплавов и пр.

Для изготовления покрытых электродов все кусковые материалы шихты покрытия дробят, размалывают, просеивают и смешивают с жидким стеклом. Полученную массу наносят на электродные стержни. Затем электроды просушивают и прокаливают.

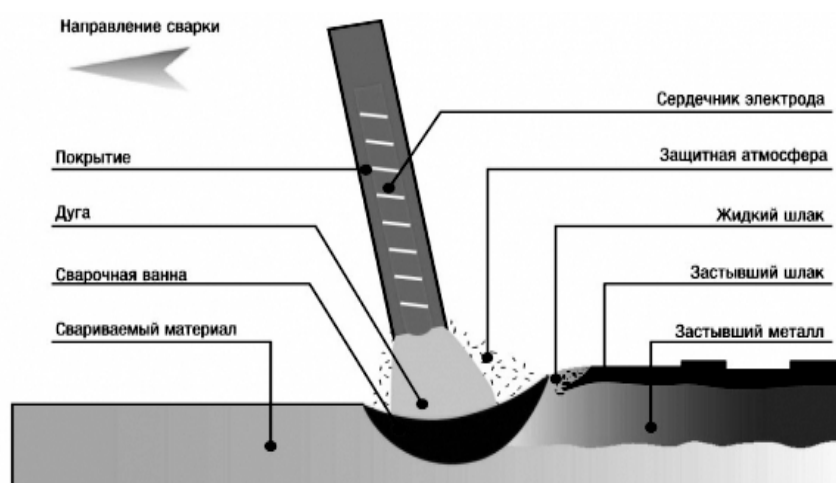


Рисунок 6.1 – Схема ручной дуговой сварки

Их составляющими, кроме стабилизирующих и клеящих (жидкое стекло), являются шлако- и газообразующие вещества и раскислители. Для получения наплавленного металла специального состава и свойств в них вводят также различные легирующие элементы.

Техника выполнения швов ручной дуговой сваркой

Зажигание дуги. Существует два способа зажигания дуги покрытыми электродами – прямым отрывом и отрывом по кривой. Первый способ назы-

вают зажиганием впритык. Второй напоминает движение при зажигании спички, поэтому его называют чирканьем. Первый используется чаще, второй, как правило, применяют неопытные сварщики, т. к. в этом случае меньше вероятность приваривания электрода к изделию.

Длина дуги. Длина дуги должна быть постоянной. Увеличение длины дуги снижает устойчивое ее горение, глубину проплавления основного металла, повышает потери на угар и разбрызгивание электрода, вызывает образование шва с неровной поверхностью и усиливает вредное воздействие окружающей атмосферы на расплавленный металл. Нормальной считают длину дуги, равную $0,5 \dots 1,1$ диаметра стержня электрода (в зависимости от типа и марки электрода и положения сварки в пространстве).

Положение электрода. Наклон электрода при сварке зависит от положения сварки в пространстве, толщины и состава свариваемого металла, диаметра электрода, вида и толщины покрытия.

Независимо от направления сварки положение электрода должно быть определенным: он должен быть наклонен к оси шва так, чтобы металл свариваемого изделия проплавлялся на наибольшую глубину. Для получения плотного и ровного шва при сварке в нижнем положении на горизонтальной плоскости угол наклона электрода должен быть 15° от вертикали в сторону ведения шва (рисунок 6.2).

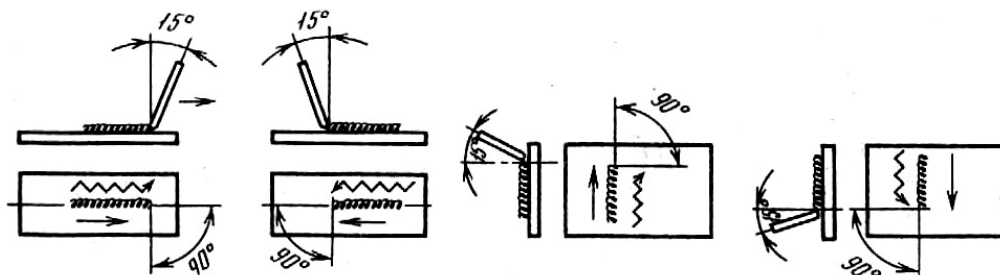
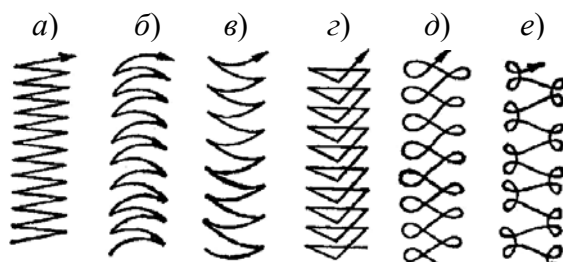


Рисунок 6.2 – Наклон электрода при ручной дуговой сварке

Колебательные движения электрода. Для получения валика нужной ширины производят поперечные колебательные движения электрода. Если перемещать электрод только вдоль оси шва без поперечных колебательных движений, то ширина валика определяется лишь силой сварочного тока и скоростью сварки и составляет от $0,8$ до $1,5$ диаметра электрода. Чаще всего применяют швы шириной от $1,5$ до 4 диаметров электрода, получаемые с помощью поперечных колебательных движений электрода.

Наиболее распространенные виды поперечных колебательных движений электрода при ручной сварке (рисунок 6.3).



a–г – при обычных швах; *д, е* – при швах с усиленным прогревом кромок

Рисунок 6.3 – Основные виды поперечных движений конца электрода

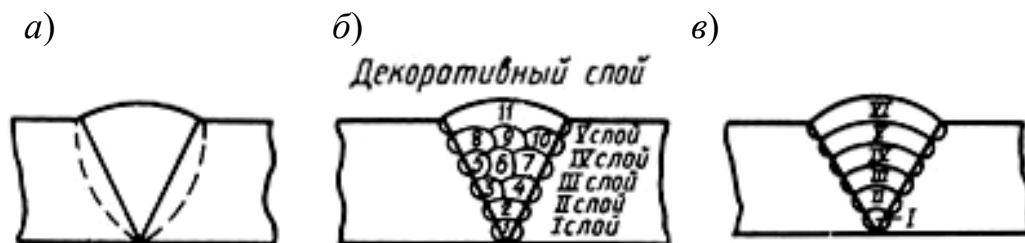
Способы заполнения шва по длине и сечению

Швы по длине выполняют напроход и обратно-ступенчатым способом. Сущность способа сварки напроход заключается в том, что шов выполняется от начала до конца в одном направлении.

Обратноступенчатый способ состоит в том, что длинный шов делят на сравнительно короткие участки.

По способу заполнения швов по сечению различают однослойные швы (рисунок 6.4, *а*), многопроходные многослойные (рисунок 6.4, *б*) и многослойные (рисунок 6.4, *в*).

Если число слоев равно числу проходов, то такой шов называют многослойным. Если некоторые из слоев выполняются за несколько проходов, то такой шов называют многопроходным.



а – однослойный и однопроводной; *б* – многослойный и многопроходной; *в* – многослойный

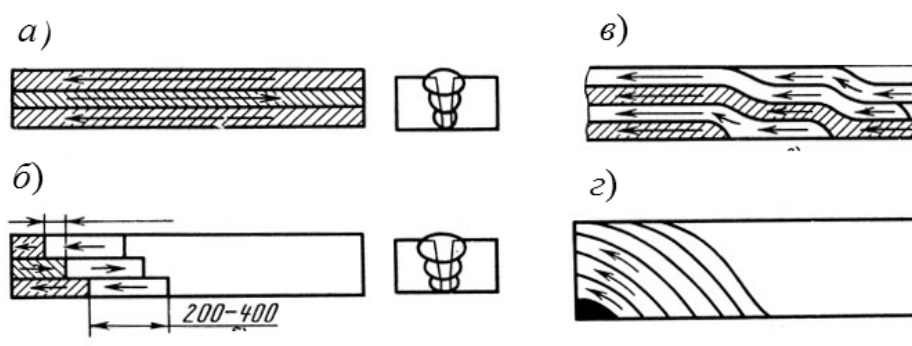
Рисунок 6.4 – Сварные швы

Многослойные швы чаще применяют в стыковых соединениях, многопроходные – в угловых и тавровых.

Для более равномерного нагрева металла шва по всей его длине швы выполняются способами двойного слоя, секциями, каскадом и горкой, причем в основу всех этих способов положен принцип обратноступенчатой сварки (рисунок 6.5).

Сущность способа двойного слоя заключается в том, что наложение второго слоя производится по неостывшему первому после удаления

сварочного шлака. Сварка на длине 200...400 мм ведется в противоположных направлениях. Этим предотвращается появление горячих трещин в шве при сварке металла толщиной 15...20 мм, обладающего значительной жесткостью.



a – секциями; *б* – каскадом; *в*, *г* – горкой

Рисунок 6.5 – Схемы заполнения многослойного шва с малым интервалом времени

При толщине стальных листов 20...25 мм и более для предотвращения трещины применяют сварку каскадом или горкой. Заполнение многослойного шва для сварки секциями и каскадом производится, как видно из рисунка 6.5, по всей свариваемой толщине на определенной длине ступени. Длина ступени подбирается такой, чтобы металл в корне шва имел температуру не менее 200 °С в процессе выполнения шва по всей толщине. В этом случае металл обладает высокой пластичностью, и трещин не образуется. Длина ступени при каскадной сварке равна 200...400 мм, а при сварке секциями – больше. Сварка горкой производится проходами по всей толщине металла. Способ сварки выбирается в зависимости от химического состава и толщины металла, числа слоев и жесткости свариваемого изделия.

Многослойная сварка имеет перед однослойной следующие преимущества.

1 Уменьшается объем сварочной ванны, в результате чего скорость остывания металла возрастает и размер зерен уменьшается.

2 Химический состав металла шва близок к химическому составу наплавленного металла, так как малая сила сварочного тока при многослойной сварке способствует расплавлению незначительного количества основного металла.

3 Каждый последующий слой шва термически обрабатывает металл предыдущего слоя, и околошовный металл имеет мелкозернистую структуру с повышенной пластичностью и вязкостью.

Каждый слой шва должен иметь толщину 3...5 мм (при сварке низкоуглеродистой стали) в зависимости от силы сварочного тока.

При сварочном токе 100 А дуга расплавляет металл верхнего слоя на глубину около 1,5 мм, а металл нижнего слоя (глубина – более 1,5 мм) нагревается от 1500 °С до 1100 °С и при быстром охлаждении образует мелкозернистую литую структуру.

При сварочном токе 200 А толщина слоя может быть увеличена до 5 мм, а термическая обработка нижнего слоя произойдет на глубине около 2,5 мм.

Термическая обработка металла корневого шва с получением мелкозернистой структуры осуществляется нанесением подварочного валика, который выполняется электродом диаметром 3 мм при сварочном токе 100 А.

Термическая обработка металла верхнего слоя выполняется нанесением отжигающего (декоративного) слоя. Толщина отжигающего слоя должна быть минимальной (1...2 мм), обеспечивающей высокую скорость остывания и мелкозернистую структуру верхнего слоя.

Окончание шва. В конце шва нельзя сразу обрывать дугу и оставлять на поверхности металла кратер. Кратер может вызвать появление трещины в шве вследствие содержания в нем примесей, прежде всего серы и фосфора. Лучшим способом окончания шва будет заполнение кратера металлом за счет прекращения поступательного движения электрода вниз и медленного удлинения дуги до ее обрыва.

Порядок выполнения работы

- 1 Включить сварочный инвертор.
- 2 В зависимости от диаметра электрода выставить необходимую силу тока. Зажечь сварочную дугу.
- 3 Параллельно на минимальном расстоянии друг от друга наплавить три валика длиной 50...70 мм.
- 4 Зачистить наплавленные валики.
- 5 На полученные валики сверху наплавить валики между первым и вторым (четвертый валик) и между вторым и третьим (пятый валик).
- 6 Зачистить наплавленные валики.
- 7 Между четвертым и пятым наплавить шестой валик.
- 8 Зачистить наплавленный металл от шлака и брызг и оценить качество наплавленного материала в целом.
- 9 На образцах изучить структуру многослойных швов, полученных ручной дуговой сваркой.

Содержание отчета

- 1 Титульный лист.
- 2 Цель работы.
- 3 Описание выполнения технологии многослойных швов.
- 4 Вывод о качестве многослойной наплавки.

Контрольные вопросы

- 1 Как влияет длина дуги на стабильность процесса сварки?
- 2 В чем заключается сварка каскадом?
- 3 Для чего выполняют колебательные движения электродом?

4 Какие способы зажигания дуги Вы знаете?

5 Перечислите преимущества многослойной сварки.

7 Лабораторная работа № 7. Дуговая сварка в защитном газе

Цель работы: ознакомление с технологическими особенностями сварки в среде защитных газов.

Оборудование и инструмент: сварочный полуавтомат Kemract MIG 2530; проволока сварочная СВ 08 Г2С (0,7...1,2 мм); баллон с углекислотой; пластины из стали (4 × 100 × 100 мм).

Общие сведения

Сварка в углекислом газе. Сварка в CO_2 является основным и наиболее распространенным способом сварки плавлением на машиностроительных предприятиях. Она экономична, обеспечивает достаточно высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, требует более низкой квалификации сварщика, чем ручная, позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях. Наиболее распространена сварка полуавтоматами. При сварке в защитном газе плавящимся электродом защитный газ, выходя из сопла, вытесняет воздух из зоны сварки (рисунок 7.1). Сварочная проволока подается вниз роликами, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт (контактный наконечник).

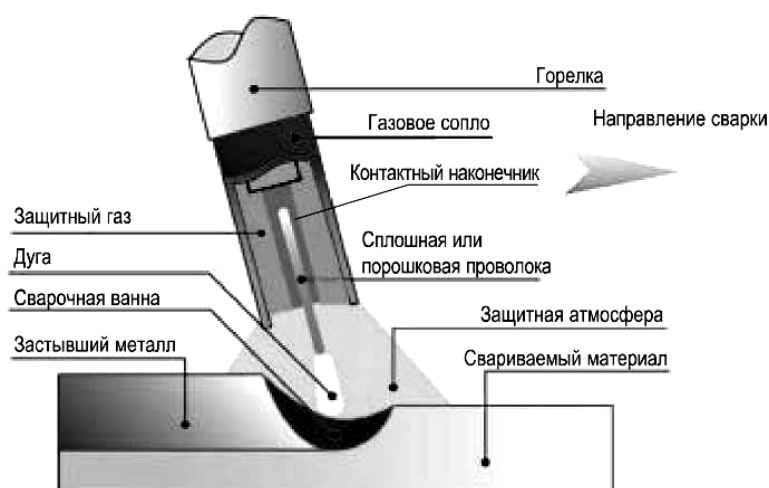


Рисунок 7.1 – Схема процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом

Технология полуавтоматической сварки. Сварка в углекислом газе выполняется при значительно больших плотностях тока (более 100 А/мм^2), чем при сварке покрытыми электродами ($i \approx 10...12 \text{ А/мм}^2$). Сварка ведется в жесткой и частично в возрастающей зонах вольт-амперной характеристики дуги.

Это обеспечивает в совокупности с дополнительными технологическими мероприятиями переход на мелкокапельный и даже струйный перенос металла. В результате улучшается качество сварного шва и уменьшается разбрызгивание.

Условия формирования шва существенно зависят от режима сварки. Так, повышение напряжения на дуге (например, при увеличении длины дуги) приводит к увеличению времени контакта капли расплавленного металла с газом и увеличению степени выгорания раскислителей.

Одновременно с этим уменьшается значение коэффициентов плавления и наплавки вследствие увеличения потерь тепла на излучение в окружающее пространство, а также потерь металла на разбрызгивание и угар.

Механизированная наплавка в CO₂. Наплавка в среде углекислого газа в части применяемого оборудования для закрепления детали и подачи электродной проволоки практически не отличается от сварки. Ток к электродной проволоке подводится через мундштук и наконечник, расположенные внутри газоэлектрической горелки.

При наплавке в среде CO₂, по сравнению со сваркой под флюсом и ручной дуговой сваркой, наблюдается меньшее тепловложение в материал, следовательно, имеется возможность обработки деталей небольшого диаметра. Отсутствует трудоемкая операция по отделению шлаковой корки, а наплавка может производиться при любом пространственном положении детали. Производительность процесса по площади покрытия на 20 %...30 % выше.

Недостатками процесса являются: повышенное разбрызгивание металла и необходимость применения легированной проволоки для получения наплавленного металла с требуемыми свойствами.

Наплавку в среде углекислого газа производят на постоянном токе обратной полярности. Тип и марку электродной проволоки выбирают в зависимости от требуемых физико-механических свойств наплавленного металла. В зависимости от силы сварочного тока выбирается скорость подачи проволоки, устанавливаемая с таким расчетом, чтобы в процессе наплавки не было коротких замыканий и обрывов дуги. Скорость наплавки определяется в основном толщиной наплаваемого металла и качеством формирования наплавленного слоя. Наплавку валиков осуществляют с шагом 2,5...3,5 мм при условии, что последующий валик перекроет предыдущий не менее чем на 1/3 его ширины.

Марка и тип электродной проволоки определяют твердость наплавленного металла. Её диаметр влияет на расход углекислого газа. На этот же параметр влияют также скорость наплавки и конфигурация изделия.

В промышленности применяют различные способы электродуговой сварки и наплавки в среде защитных газов: в аргоне, гелии, углекислом газе. Эти способы во многих случаях позволяют восстанавливать или упрочнять поверхности изделий, наплавка которых другими способами затруднена.

От расстояния, угла наклона и характера движения горелки зависят надежность газовой защиты зоны сварки от воздуха, скорость охлаждения

металла, форма шва, условия удаления газовых пузырей и неметаллических включений из сварочной ванны.

Процесс наплавки в углекислом газе необходимо вести на короткой дуге. При сварке на токах до 250 А длина дуги должна быть в пределах 1,5...4,0 мм, т. к. увеличение длины дуги повышает разбрызгивание жидкого металла и вызывает угар легирующих элементов.

Для наплавки стальных и чугунных изделий в среде углекислого газа применяется проволока диаметром от 0,8 до 3 мм марок Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-Х13, Св-Х17, Св-06Х19НТ, Св-18ХМА, Св-08Х20Н9Г7Т. Также используют порошковые проволоки, например ПП-18Т, ПП-4Х2В8Т, ПП-Х12ВФТ.

Использование для наплавки проволок марок Св-12ГС, Св-08ГС, Св-08Г2С дает наплавленный металл не очень высокой твердости и износостойкости. Такие проволоки применяются в основном для восстановления геометрических параметров изделия.

При наплавочных работах нет необходимости получать глубокое проплавление основного металла. Поэтому основными факторами являются устойчивое горение дуги, производительность и качество наплавочных работ.

Порядок выполнения работы

- 1 Включить сварочный полуавтомат.
- 2 В зависимости от диаметра проволоки выставить необходимую силу тока.
- 3 Параллельно на минимальном расстоянии друг от друга наплавить три валика длиной 50...70 мм.
- 4 На полученные валики сверху наплавить валики между первым и вторым (четвертый валик) и между вторым и третьим (пятый валик).
- 5 Между четвертым и пятым наплавить шестой валик.
- 6 Зачистить место сварки и оценить качество наплавленного материала в целом.
- 7 На образцах изучить структуру многослойных швов, полученных наплавкой в среде CO_2 .

Содержание отчета

- 1 Титульный лист.
- 2 Цель работы.
- 3 Описание особенностей сварки в углекислом газе.
- 4 Вывод о качестве многослойных швов, полученных наплавкой в среде CO_2 .

Контрольные вопросы

- 1 В чем сущность сварки в защитных газах?
- 2 Перечислите преимущества и недостатки сварки в среде CO_2 .
- 3 Какие марки сварочных проволок используются при сварке в среде CO_2 ?
- 4 От чего зависит химический состав наплавочной проволоки?

8 Лабораторная работа № 8. Сварка давлением

Цель работы: изучение сварных швов, выполненных основными способами сварки давлением.

Оборудование и инструмент: образцы сварных швов, выполненных способами сварки давлением.

Порядок выполнения работы

- 1 На образцах изучить сварные швы, полученные стыковой сваркой, точечной сваркой, а также роликовой сваркой и сваркой трением.
- 2 Экспериментально установить влияние продолжительности включения тока и его величины на глубину проплавления образцов.
- 3 Составить отчет.

К основным способам *электроконтактной* сварки давлением относят: стыковую, точечную и роликовую. Также к сварке давлением относят такие способы, как сварку трением, ультразвуковую сварку, диффузионную сварку, сварку взрывом.

Электроконтактная сварка. Это процесс образования неразъемного соединения металлов путем их нагрева, проходящим электрическим током и пластической деформации зоны соединения за счет усилия сжатия.

Сила сварочного тока при контактной сварке достигает десятков и даже сотен тысяч ампер. Такие токи получают в понижающих однофазных сварочных трансформаторах, имеющих во вторичной обмотке чаще всего один виток.

Сопротивление места сварки зависит от чистоты и состояния поверхности свариваемого материала, сопротивления самого материала, величины давления, прикладываемого к свариваемым изделиям, и от других факторов. Наибольшее сопротивление имеет место контакта свариваемых изделий, где и выделяется наибольшее количество тепла. Время сварки в зависимости от толщины и рода свариваемого материала изменяется от сотых и даже тысячных долей секунды до нескольких минут. Когда детали нагреваются до пластического состояния или до оплавления, к ним прикладывается усилие осадки и детали свариваются.

Стыковая сварка. При стыковой сварке свариваемые детали закрепляют в медных зажимах машины (рисунок 8.1). Зажим *2n* установлен на подвижной плите, а зажим *2* – на неподвижной. Для регулирования мощности и изменения силы сварочного тока в трансформаторе *3* есть переключатель ступеней *4*. Перемещение подвижной плиты и сжатие свариваемых изделий силой *P* осуществляется механизмом сжатия.

Основные виды стыковой сварки – сварка методом сопротивления и оплавления. В первом случае детали сводят в соприкосновение и пропускают сварочный ток, а во втором свариваемые изделия несколько раз сводят в соприкосновения и разводят, что сопровождается оплавлением торцов и разбрызги-

ванием металла. Сварку сопротивлением применяют для соединения изделий сечением до 300 мм^2 , сварку оплавлением – при большем сечении.

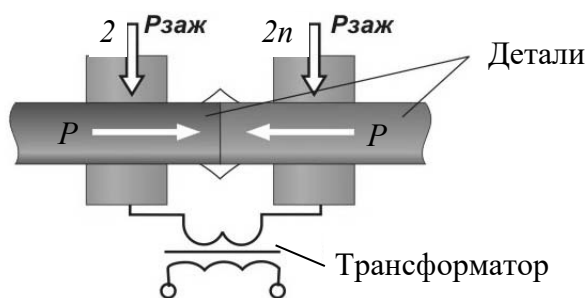


Рисунок 8.1 – Схема стыковой сварки давлением

Сварку непрерывным оплавлением выполняют на машинах с непрерывной подачей деталей только в сторону их сближения. Соприкосновение происходит по выступающим микронеровностям, где возникают большие плотности тока, и металл в этих местах быстро нагревается до расплавленного состояния. Когда вся поверхность свариваемых торцов оплавится, к изделиям прикладывают усилия осадки и выключают ток. Детали соединяются в одно целое.

Сваркой оплавлением соединяют рельсы, магистральные газо- и нефтепроводы, части режущего инструмента и пр.

Контактная точечная сварка. Применяют для соединения листовых конструкций, в которых необходимо обеспечить нужную прочность, а обеспечение герметичности не является обязательным. Суммарная толщина листов обычно не превышает $10...12 \text{ мм}$. При точечной сварке (рисунок 8.2) сложенные внахлестку детали зажимают с некоторым усилием между медными электродами, к которым через электрододержатели подводится ток от сварочного трансформатора.

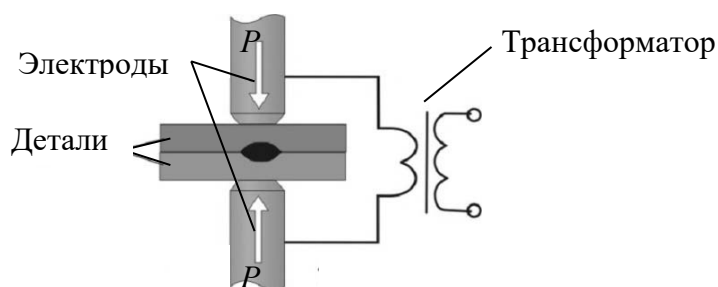


Рисунок 8.2 – Схема точечной сварки давлением

Нижний электрод устанавливают неподвижно, а верхний вместе с электрододержателем перемещается с помощью механизма сжатия, который создает между электродами необходимое давление P . Зажав изделие, включают трансформатор, и место контакта между изделиями нагревается до образования ядра из расплавленного металла. Последующим приложением усилия осадки осуществляется сварка металлов, которая заканчивается снятием давления и вы-

ключением тока. На точечных машинах сваривают углеродистые, легированные, высоколегированные стали и цветные металлы.

Шовная (роликовая) сварка. Применяют для получения прочных и плотных швов при изготовлении тонкостенных сосудов, предназначенных для хранения и транспортирования жидкостей, газов и других продуктов, а также в производстве тонкостенных труб. При шовной сварке детали толщиной до 3 мм собирают внахлестку и затем зажимают усилием P между двумя медными роликами, к которым подводят электрический ток от сварочного трансформатора (рисунок 8.3). Одному или обоим роликам сообщает принудительное вращение специальный привод. При включении тока и одновременном вращении роликов происходит перемещение и нагрев до расплавления контактных поверхностей свариваемых изделий, которые под действием сжимающих усилий свариваются.

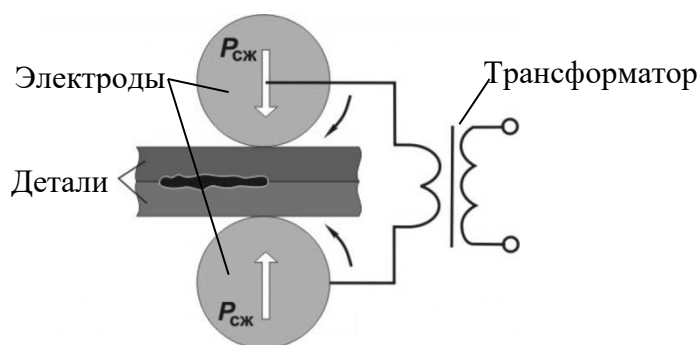


Рисунок 8.3 – Схема роликовой сварки давлением

Различают два основных способа шовной сварки: непрерывную и прерывистую.

Формирование структуры металла в зоне термического влияния сварных соединений

При сварке давлением (например, контактная сварка) сварной шов может иметь как литую структуру, так и пластически деформированную. Например, при контактной точечной сварке прохождение тока вызывает разогрев и расплавление металла в зоне сварки, создающее ядро сварной точки. Точечная сварка низкоуглеродистой стали без расплавления металла хотя и возможна, но недостаточно надежна и поэтому на практике почти не применяется.

Диаметр ядра, определяющий в основном прочность сварной точки, зависит от диаметра рабочей поверхности электрода, толщины листов, давления, силы тока и времени его прохождения. При неправильно подобранном режиме сварки может не произойти достаточного расплавления металла, и получается непроваренная точка. Когда ядро расплавляется, прилегающая к нему по окружности зона металла находится в пластическом состоянии и плотно сжимается давлением электродов. Давление создает уплотняющее кольцо пластического металла, удерживающего жидкий металл ядра. При недостаточном давлении уплотняющее кольцо не может удержать жидкий

металл ядра, и происходит внутренний выброс (выплеск) металла в зазор между листами.

Кристаллизация жидкого металла происходит так же, как и при электродуговой сварке, т. е. от поверхности ядра к его середине. Ядро имеет столбчатую дендритную структуру. При охлаждении и затвердевании происходит уменьшение объема расплавленного металла ядра. В результате в центральной части ядра могут образовываться усадочная раковина, пористость и рыхлость металла. Чем толще металл, тем сильнее неблагоприятное влияние усадки. Наиболее надежным способом борьбы с этим явлением может служить повышение рабочего давления.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с основными способами сварки давлением.
- 2 Изучить устройство, назначение и принцип работы сварочной машины контактной точечной сварки.
- 3 Произвести сварку цилиндрических деталей, располагая их под углом 90° друг к другу на режимах, указанных в таблице 8.1.
- 4 Составить отчет.

Порядок включения машины МТР 16073

- 1 Перед включением машины МТР 16073 необходимо проверить состояние электродов и при необходимости их зачистить.
- 2 Включить МТР 16073: «Питание 380В», «Электромеханический привод сжатия электродов», «Автоматическое охлаждение».
- 3 На панели управления выставить значения тока и времени согласно таблице 8.1.
- 4 Установить между электродами свариваемые детали, удерживая их.
- 5 Произвести сварку нажатием правой педали машины МТР 16073.

Таблица 8.1 – Общая высота свариваемых образцов

Время, с	Сила тока, кА				
	0,5	1	1,5	2	2,5
1					
2					

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Таблица с результатами эксперимента.
- 3 Вывод.

Контрольные вопросы

- 1 В чем сущность способов сварки давлением?
- 2 В чем отличие точечной сварки от роликовой?
- 3 Для чего используется стыковая сварка?
- 4 В чем отличие стыковой сварки непрерывным и прерывистым оплавлением?

Список литературы

- 1 Материаловедение. Технология композиционных материалов : учебник / А. Г. Кобелев [и др.]. – Москва: КНОРУС, 2020. – 270 с.
- 2 **Лахтин, Ю. М.** Материаловедение: учебник / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 6-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2019. – 528 с.