



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ № 79
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ИСПОЛНЕНИЯ НАКАЗАНИЙ
Филиал № 7**

**Методические указания по выполнению лабораторных
и практических заданий**

**по МДК 01.01 Основы технологии сварки
и сварочное оборудование**

**по профессии профессионального обучения 890189 «Сварщик ручной
дуговой сварки плавящимся покрытым электродом»**

**Разработал:
преподаватель Матюхов Д.Н.**

пос. Социалистический, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Методические рекомендации по выполнению практических работ	3
Тема 1.1. Общие сведения о сварке.	4
Практическая работа № 1. Изучение структуры сварного соединения.....	4
Практическая работа № 2. Обозначение сварных швов на чертежах.....	10
Тема 1.2. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки.....	13
Лабораторная работа № 1. Изучение устройства сварочного выпрямителя и снятие регулировочной характеристики.	13
Критерии оценки знаний, умений, формируемых компетенций.....	17

Методические рекомендации по выполнению практических работ

Практическое занятие - это одна из форм учебной работы, которая ориентирована на закрепление изученного теоретического материала, его более глубокое усвоение и формирование умения применять теоретические знания в практических, прикладных целях.

Особое внимание на практических занятиях уделяется выработке учебных или профессиональных навыков. Такие навыки формируются в процессе выполнения конкретных заданий - упражнений в выполнении поставленных практических задач под руководством и контролем преподавателя.

Этапы подготовки к практическому занятию:

- освежите в памяти теоретические сведения, полученные на занятиях и в процессе самостоятельной работы;
- подберите необходимую учебную и справочную литературу;
- определитесь в целях и специфических особенностях предстоящей работы;
- отберите те сведения, которые позволят в полной мере реализовать цели и задачи предстоящей практической работы; о проделанной работе;
- соблюдайте мероприятия по правилам техники безопасности.

По результатам выполненных заданий каждый обучающийся сдает отчет о проделанной работе с краткой записью хода работы, необходимых элементов действий, а также вывода.

Оценки за выполнение заданий на практических занятиях могут выставляться по пятибалльной системе и учитываться как показатели текущей успеваемости обучающихся.

Структура и содержание практических занятий включает в себя следующие элементы:

- тема работы;
- цель работы;
- теоретические вопросы для повторения, необходимые для выполнения практического задания;
- порядок выполнения задания;
- выводы.

Задание выдается каждому обучающемуся.

Тема 1.1. Общие сведения о сварке.

Практическая работа № 1.

Изучение структуры сварного соединения.

Цель работы:

- систематизировать полученные знания по теме: Металлургические процессы при сварке;
- изучить особенности формирования структуры и механических свойств металла шва и зоны термического влияния сварного соединения;
- изучить основные дефекты сварных соединений.

Используемое оборудование: микроскоп ММУ-3, образцы сварных соединений, МУ к работе № 1.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить теоретические сведения.
2. Исследовать под микроскопом ММУ-3 структуру наплавленного металла и зоны термического влияния. Выявить дефекты сварного соединения.
3. Зарисовать схему строения сварного шва (см. рис. 1) и описать особенности структуры каждого участка зоны термического влияния.
4. Определить по структуре сварного шва наиболее вероятное место его разрушения.
5. Оформить результаты работы.
6. Защитить отчет преподавателю.

Теоретические основы.

Процесс образования сварного соединения начинается с нагрева и расплавления электродного и основного металла, образования сварочной ванны. Металл ванны подвергается металлургической обработке: раскислению (удалению кислорода), рафинированию (удалению вредных примесей) и легированию для компенсации выгорающих одних химических элементов и введения в расплав других. Сварочная ванна покрывается слоем жидкого шлака, защищающего ее от окружающей среды, под которым и начинается кристаллизация расплавленного металла шва.

Одновременно с образованием сварочной ванны и процессом кристаллизации происходит нагрев околошовной зоны (ОШЗ) основного свариваемого металла. В этой зоне каждый объем металла сварного соединения претерпевает нагрев тем больше, чем ближе он расположен к сварному шву, а затем наступает его охлаждение. Вследствие этого металл сварного соединения при нагреве расширяется, а затем в результате последующего охлаждения происходит его усадка, следовательно, в металле возникают внутренние напряжения сжатия и растяжения. Кроме температурных (термических) напряжений происходят и структурные напряжения (фазовые), которые также зависят от термического цикла сварки.

1.1. Структура сварного соединения

Сварное соединение при сварке плавлением включает в себя сварной шов, образовавшийся в результате кристаллизации сварочной ванны, зону сплавления и зону термического влияния, представляющую часть основного металла, непосредственно примыкающую к сварному шву и подвергающуюся тепловому воздействию при сварке, вызывающему изменение структуры и свойств.

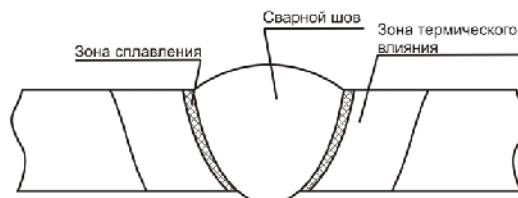


Рис. 1. Структура сварного соединения.

1.2. Строение сварного шва.

В зависимости от реальных условий процесса сварки, температуры, скорости нагрева и охлаждения различных участков металл сварного соединения неоднороден и состоит из следующих двух зон.

Металл шва – это та зона, в которой в связи с нагревом выше температуры плавления (линии ликвидус) свариваемый металл расплавляется в процессе сварки, перемешивается с металлом электрода и затем кристаллизуется. Металл шва имеет литую дендритную структуру и состоит из кристаллов столбчатой формы. Особенностью кристаллизации сварочной ванны является то, что в отличие от кристаллизации слитка (отливки) кристаллизация шва протекает при одновременном его подогреве со стороны источника тепла и быстрого охлаждения из-за отвода тепла в основной металл.

Известно, что литая структура металла шва обладает меньшей прочностью и пластичностью по сравнению с основным металлом, который, как правило, имеет более высокую прочность и ударную вязкость за счет обработки его давлением (прокатка, ковка, штамповка и т. п.).

Металл шва за счет перехода в него легирующих элементов из электродного стержня и покрытия (обмазки) часто отличается по химическому составу от основного металла. Равнопрочность литого металла с основным металлом при сварке достигается за счет дополнительного легирования шва.

Зона термического влияния – часть основного металла, примыкающая к сварному шву, с измененными в процессе сварки структурой и свойствами. В данной зоне выделяется участок с крупными зёрнами, т. е. участок металла, который в процессе сварки нагревался до температуры выше линии солидус, но ниже линии ликвидус (в данной температурной области происходит частичное расплавление основного металла). Этот участок принято называть околошовной зоной. В ОШЗ в процессе сварки могут попадать химические элементы из металла электрода (из сварочной ванны). В участках ОШЗ, примыкающих к границе сплавления основного металла со швом, из-за большой разницы химического состава основного и электродного (присадочного) металлов может образоваться химическая неоднородность

(главным образом за время контакта жидкого металла с твердым). Эта неоднородность может привести к скачкообразному изменению физико-механических свойств металла околошовной зоны и снижению надежности сварного соединения. Ширина ОШЗ зависит от химического состава свариваемого металла (от температурного интервала «ликвидус – солидус»), от способа и режимов сварки.

Характер изменения структуры и свойств в отдельных зонах и участках сварного соединения может быть определен при рассмотрении диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов. Наибольшее применение в сварочном производстве получили низко- и среднеуглеродистые стали. Намечая на диаграмме состояния сплавов характерные зоны и участки, перенесем их границы на график распределения температуры (рис. 2). Из точек пересечения горизонтальных линий с кривой охлаждения опустим перпендикуляры на рисунок сварного соединения. Это позволит определить линейные границы отдельных участков зоны термического влияния. В процессе электросварки плавлением низкоуглеродистых сталей применяют сварочные материалы, при которых металл шва получается либо низкоуглеродистым, либо низколегированным. Такие стали малочувствительны к скорости охлаждения и не образуют закалочных структур. Их структура, как правило, ферритно-перлитная.

Рассмотрим зону термического влияния сварного соединения (см. рис. 2):

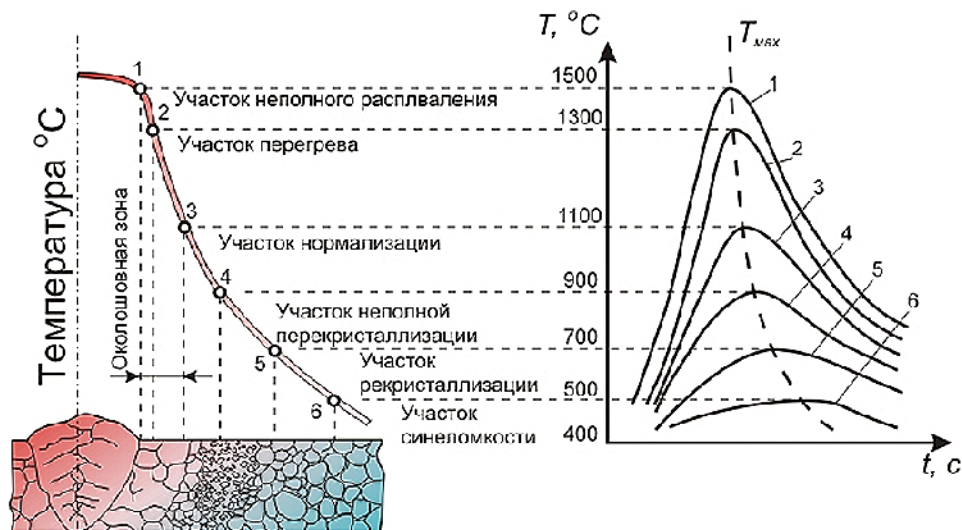


Рис. 2. Строение зоны термического влияния сварного шва.

1 – переходный участок (иногда его называют ОШЗ), или участок сплавления, обычно размер его невелик. Структура стали – крупнозернистая;

2 – участок перегрева. Здесь металл нагревается от температуры 1100°С до температуры, близкой к линии солидус. При этом происходит рост зерна аустенита, что приводит к повышенной хрупкости стали. Иногда на этом участке встречается вид маншкеттова структура, что еще больше снижает ударную вязкость стали;

3 – участок нормализации. Здесь металл нагревается в процессе сварки несколько выше третьей критической точки (от 900 до 1100°C). В процессе перекристаллизации при нагреве и охлаждении происходит измельчение зерна. Механические свойства металла этого участка высокие по сравнению со свойствами металла других участков зоны термического влияния;

4 – участок неполной перекристаллизации. Металл нагревается до температуры 700 – 900°C (между первой и третьей критическими точками). Процесс перекристаллизации доэвтектоидной стали при нагреве сопровождается превращением перлита в аустенит, и его зерна измельчаются. Феррит при такой температуре никаких изменений не претерпевает. При охлаждении зерна феррита остаются без изменения, а аустенит переходит в мелкозернистый перлит. Структура этого участка основного металла может иметь более мелкозернистое строение и повышенные механические свойства;

5 – участок рекристаллизации. Температура нагрева этого участка ниже первой критической точки (727°C). В горячекатаной или отожженной перед сваркой стали при нагреве и охлаждении никакие структурные изменения не происходят. Она была и остается ферритно-перлитной.

Если металл перед сваркой был наклепан (нагартрован) в результате какой-либо холодной пластической деформации (штамповка, гибка, правка), то при таком нагреве в нем произойдет рекристаллизация. Прочность и твердость снизятся, пластичность восстановится. Искажение кристаллической решетки будет снято, а из деформированных зерен вырастут новые – равноосные. Для углеродистой доэвтектоидной стали температура рекристаллизации равна 550 – 600°C.

Если температура нагрева металла на этом участке близка к первой критической точке (727°C) и длительность пребывания его при этой температуре значительна, то происходит процесс собирательной рекристаллизации. При этом укрупняется зерно и происходит разупрочнение металла. Данный участок в этом случае называют участком разупрочнения. То же происходит при сварке сталей после упрочняющей термической обработки (закалка – отпуск или закалка – старение);

6 – участок синеломкости. Температура нагрева металла на данном участке сварного шва ниже 500°C, и его структура не отличается от структуры основного металла. У железа и его сплавов прочность и твердость при температуре от 200 до 300°C выше прочности при комнатной температуре, а пластичность и ударная вязкость – ниже. Это явление получило название «синеломкость». Температура синеломкости соответствует появлению на металле синего цвета побежалости (пленки окисла синего цвета).

Ширина зоны термического влияния стали влияет на эксплуатационные качества сварного соединения, и чем эта зона шире, тем хуже прочностные показатели. Например, при электронно-лучевой сварке ширина зоны термического влияния равна 0,6 мм, при автоматической сварке под флюсом – от 2 до 3,5 мм, при ручной дуговой сварке – 3,5 - 6,0 мм, а при газовой сварке – от 24 до 27 мм.

1.3. Влияние структуры шва на механические свойства сварного соединения.

Таким образом, механические свойства зон и участков сварного соединения неодинаковы. В зоне термического влияния наиболее низкие механические свойства наблюдаются у металла шва, на границе сплавления, участке перегрева и участке синеломкости. У наплавленного металла шва это объясняется литой структурой металла и вероятностью наличия дефектов (инородных включений, пор, непроваров и т. п.), в переходной зоне шва – тем, что структура стали состоит из литых зерен и крупных кристаллов перегретого металла с характерной для них низкой прочностью. На участке синеломкости также низкие пластичность и ударная вязкость. Такая разнo свойственность участков сварного шва особенно резко проявляется при эксплуатации сварных конструкций, испытывающих динамические и циклические нагрузки.

Структурную неоднородность сварного соединения можно в определенной степени устранить термической обработкой. Если на термическую обработку возлагается только задача снятия внутренних напряжений, возникших в результате сварки, то можно ограничиться низкотемпературным отжигом при 500 – 600°С с последующим медленным охлаждением.

Процесс сварки протекает в условиях непрерывного изменения температуры, деформаций, напряжений и структуры в околошовной зоне вследствие интенсивного местного неравномерного нагрева металла. Оценка изменения температуры в зоне термического влияния при сварке плавлением может быть сделана по результатам расчетов тепловых процессов.

Параметры термического цикла (ПТЦ) околошовной зоны при од н о п р о х о д н о й сварке изменяются в широких пределах в зависимости от толщины листов основного металла. Наиболее эффективным средством изменения параметров термического цикла является предварительный или сопутствующий подогрев места сварки (последующее снижение скорости охлаждения для уменьшения закалочных явлений). Однако подогрев иногда не может быть использован из-за возможности чрезмерного роста зерна стали (перегрева), образования околошовных горячих трещин или из-за трудности осуществления.

В случае м н о г о с л о й н о й сварки параметры термического цикла в ОШЗ (при укладке первого слоя многослойного шва длинными участками) принципиально не отличаются от параметров однопроводной наплавки или сварки. Расчеты основываются на одних и тех же схемах. Металл в околошовной зоне каждого предыдущего слоя, до момента начала укладки следующего, успевает почти полностью охладиться. Однако последующие слои охлаждаются все-таки несколько медленнее, чем первый. В отношении возможности воздействия на структуру и свойства металла шва и ОШЗ этот способ обладает двумя существенными преимуществами:

- резкое снижение длительности пребывания металла при температуре интенсивного роста зерен; т. е. чем больше число укладываемых слоев, тем

меньше погонная энергия дуги, и продолжительность пребывания металла при температуре выше 900°C;

- положительное воздействие теплоты последующего слоя на формирование структуры предыдущего.

Благодаря этим преимуществам способ многослойной сварки длинными участками является основным технологическим вариантом для соединения большинства элементов конструкций средней и большой толщины из перлитных и мартенситных сталей.

Вследствие непрерывного суммирования тепловых полей при многослойной сварке короткими участками с последовательным наложением слоев можно получить в околошовной зоне первого слоя сложный термический цикл с малой длительностью пребывания выше 900°C, подобный циклу изотермической закалки. Этот цикл позволяет в околошовной зоне и шве при сварке сталей, склонных к образованию мартенситной структуры, получить твердый, относительно вязкий и пластичный металл со структурой бейнита.

Прочность сварного соединения зависит также от дефектов, не связанных со структурными превращениями, – это неправильное формирование шва, образование наплывов и подрезов, образование трещин при неравномерной усадке в процессе кристаллизации металла шва. При затвердевании объем шва уменьшается, а основной металл препятствует этой усадке. В результате могут образоваться значительные внутренние напряжения и даже трещины.

Оформление результатов работы.

Отчет о работе выполнить в тетради для лабораторных и практических работ.

Отчёт должен содержать:

- название и цель работы;
- используемое оборудование;
- схема строения сварного шва с расшифровкой всех обозначений;
- описание особенностей структуры каждого участка зоны термического влияния;
- выводы о прочности и надежности исследованного сварного шва.

Защита отчёта проводится в форме собеседования.

Контрольные вопросы.

1. В чем сущность формирования структуры шва в момент перехода металла из жидкого состояния в твердое?
2. Каково влияние скорости охлаждения на структуру шва?
3. Что такое зона термического влияния и ее основные участки?
4. Дайте краткую характеристику участков зоны термического влияния.

Практическая работа № 2.

Обозначение сварных швов на чертежах.

Цель работы:

- систематизировать полученные знания по теме: Обозначение сварных швов на чертежах;
- научиться расшифровывать условные обозначения сварных швов на чертежах.

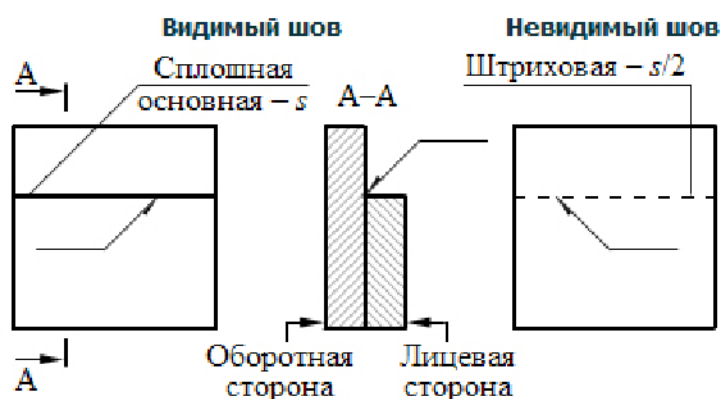
Используемое оборудование: образцы сварных соединений, примеры обозначений, МУ к работе № 2.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. По предложенным макетам определить вид сварного соединения.
3. Расшифровать обозначения сварных швов.
4. Оформить результаты работы.
5. Защитить отчет преподавателю.

Теоретические основы.

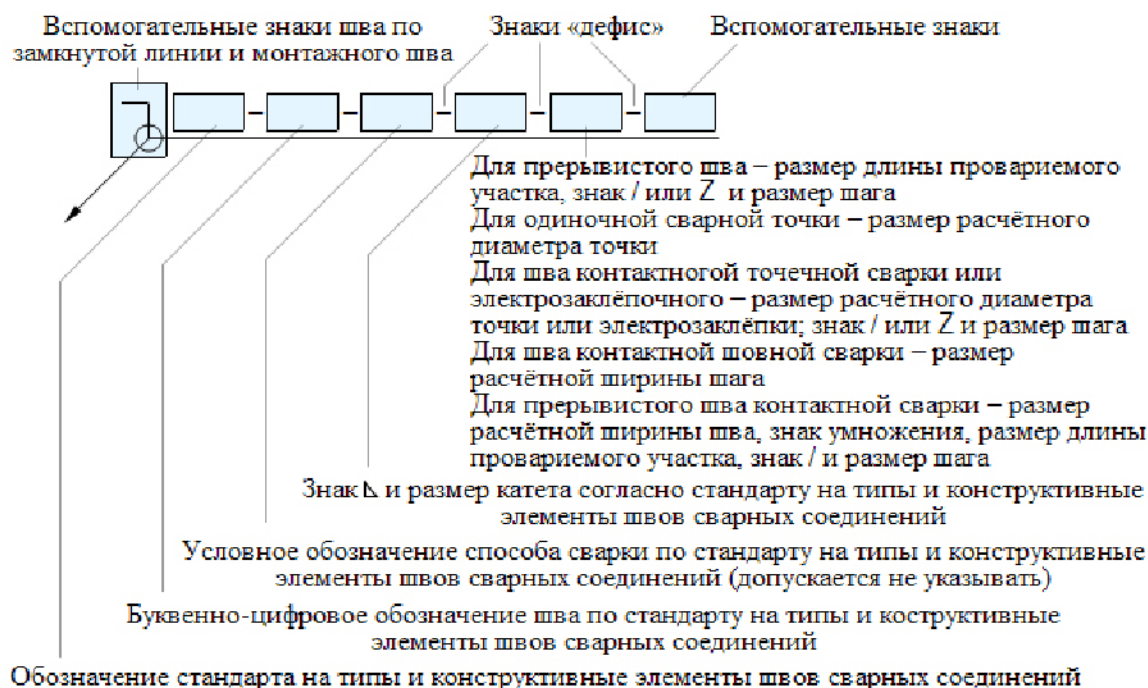
Видимые швы на чертежах обозначаются основной линией, а невидимые – штриховой.



Наличие сварного шва указывают на изображении детали односторонней стрелкой. От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой.

Условные обозначения лицевых швов записываются над полкой выносной линии, а оборотных под этой полкой.

Согласно ГОСТ 2.312-72 стандартные швы обозначаются по следующей схеме:



Задание 1.

Расшифровать обозначения сварных швов:

- 1) ГОСТ 5264 - 80 - C19;
- 2) ГОСТ 5264 - 80 - Y5 Δ 5 $\overline{\Delta}$;
- 3) ГОСТ 5264 – 80т- T3 - Пл Δ 4.

Задание 2.

Расшифровать условные обозначения сварных швов, представленных на рисунках, дать им характеристику:

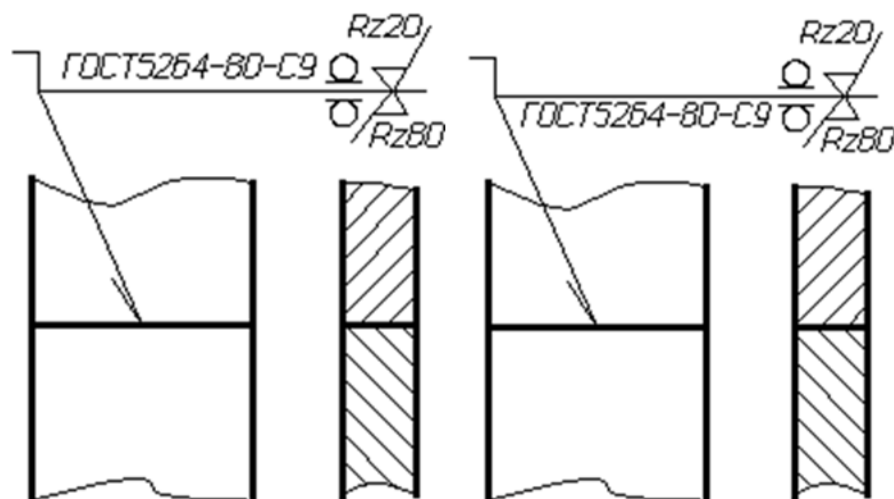


Рис. 1.

Рис. 2

Результаты работы оформить в таблицу.

Номер обозначения сварного шва, рисунок с условным обозначением шва	Вид сварного соединения (стандартный или нестандартный)	Характеристика шва
Позиция 1		
Позиция 2		
Позиция 3		
Рисунок 1		
Рисунок 2		

Контрольные вопросы:

1. Какую сторону принимают за лицевую в одностороннем шве?
2. Как обозначаются видимые и невидимые швы на чертежах?
3. Согласно какого ГОСТа обозначаются стандартные швы на чертежах?
4. По какой схеме обозначаются стандартные швы на чертежах?

Тема 1.2. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки.

Лабораторная работа № 1. Изучение устройства сварочного выпрямителя и снятие регулировочной характеристики.

Цели работы:

- систематизировать полученные знания по теме: Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки;
- изучить устройство и принцип работы сварочного выпрямителя;
- приобрести навыки снятия внешних характеристик источника питания;

Используемое оборудование: выпрямитель ВД-200сэ; измерительные приборы: амперметр и вольтметр, МУ к лабораторной работе № 1.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить теоретические сведения.
2. Ознакомиться с конструкцией выпрямителя (рис. 1).
3. Изучить типовую функциональную блок-схему выпрямителя для сварки плавящимся электродом (рис. 2). Зарисовать ее.
4. Изучить устройство сварочного выпрямителя ВД – 200сэ.
5. Выполнить практическую часть работы.
6. Оформить результаты работы.
6. Защитить отчет преподавателю.

1. Теоретические основы.

Сварочный выпрямитель - это аппарат, преобразующий переменный ток промышленной частоты в постоянное напряжение и величиной, необходимыми для сварки.

Сварочный выпрямитель для дуговой сварки, как правило, состоит из силового трансформатора, выпрямительного блока, пускорегулирующей, измерительной и защитной аппаратуры.

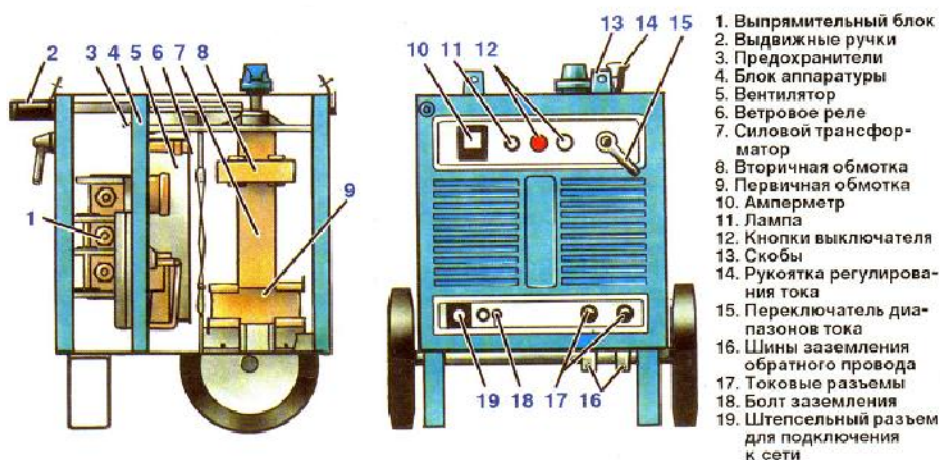
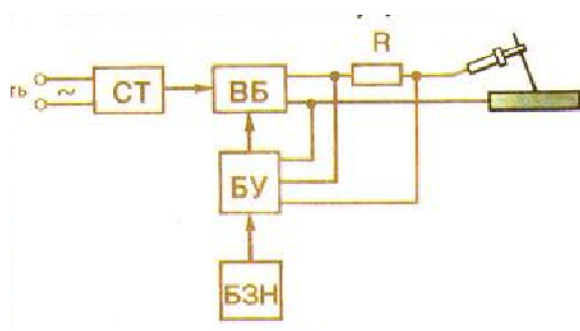


Рис. 1. Устройство сварочного выпрямителя.

Силовой трансформатор преобразует энергию силовой сети в энергию, необходимую для сварки, а также согласует значения напряжений сети с выходным напряжением. В однопостовых выпрямителях используют преимущественно трехфазные трансформаторы, поскольку однофазные одно- и двухполупериодные схемы выпрямления приводят к существенным пульсациям выходного напряжения, которые ухудшают качество сварных соединений.

Регуляторы тока (или регуляторы напряжения) используются для формирования жесткой или падающей внешней характеристики. Они позволяют установить режим сварки и соответствующее значение сварочного тока.

Выпрямительный блок в основном собирают по трехфазной мостовой схеме, реже – по однофазной мостовой двухполупериодного выпрямления. При трехфазной мостовой схеме обеспечивается более равномерная нагрузка трехфазной силовой сети и достигаются высокие технико-экономические показатели. В качестве полупроводников применяются селеновые или кремниевые вентили.



СТ – сварочный трансформатор;

ВБ – выпрямительный блок;

БУ – блок управления;

БЗН – блок задания напряжения.

Рис. 2. Типовая функциональная блок-схема выпрямителя для сварки плавящимся электродом.

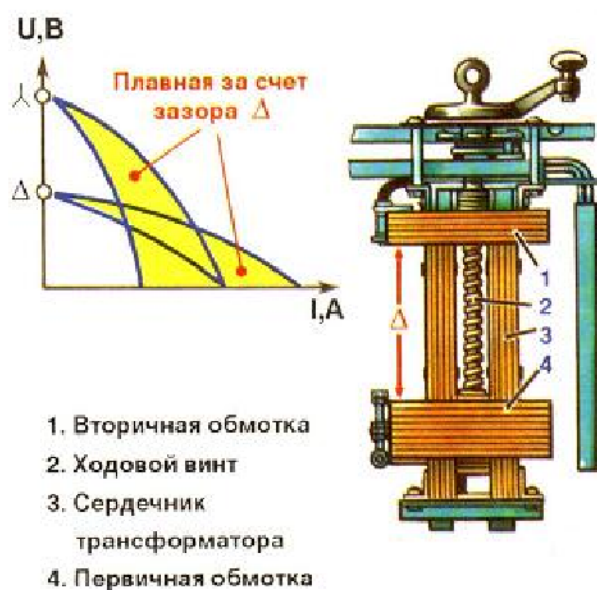


Рис. 3. Вольт – амперная характеристика выпрямителя

2. Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться со схемой включения измерительных приборов в цепи сварочного выпрямителя.

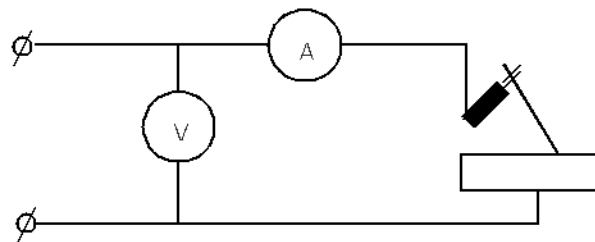


Рис. 4. Схема включения измерительных приборов в сварочную цепь

2. Включить выпрямитель и снять показания вольтметра в режиме холостого хода. Зафиксировать показания в таблицу № 1 «Результаты работы».

3. Плавное нагружая выпрямитель, снять пять значений напряжений для заданных величин сварочного тока. Зафиксировать показания в таблицу № 1 «Результаты работы».

4. Снять показания вольтметра в момент короткого замыкания электрода на деталь. Зафиксировать показания в таблицу № 1 «Результаты работы».

5. Привести элементы управления сварочным выпрямителем в исходное положение. Выключить сварочный выпрямитель.

6. На основании экспериментальных данных построить внешнюю характеристику, т. е. зависимость напряжения на зажимах источника от тока нагрузки (сварочного тока).

7. Определить вид построения ВАХ.

Таблица 1. Результаты работы.

Параметры для построения ВАХ	$I_{xx} =$	$I_1 = 75\text{ A}$	$I_2 = 90\text{ A}$	$I_3 = 100\text{ A}$	$I_4 = 110\text{ A}$	$I_5 = 120\text{ A}$	$I_{кз} =$
Напряжение дуги $U_d, \text{В}$							

3. Оформление результатов работы.

Отчет о работе выполнить в тетради для лабораторных и практических работ.

Отчёт должен содержать:

- название и цель работы;
- используемое оборудование;
- основные сведения о сварочных выпрямителях: определение, зарисовать рис. 2. «Типовая функциональная блок-схема выпрямителя для сварки плавящимся электродом»;
- основные технические характеристики сварочного выпрямителя ВД – 200сэ в виде таблицы;
- график ВАХ;

- выводы о проделанной работе. В выводах необходимо пояснить преимущества сварочных выпрямителей.

Защита отчёта проводится в форме собеседования.

4. Указания по ТБ.

Перед выполнением работы пройти инструктаж по технике безопасности с соответствующей записью в журнале регистрации инструктажа.

Экспериментальную часть работы проводить, используя спецодежду и средства индивидуальной защиты: костюм сварщика, сварочные рукавицы, щиток сварщика.

Сварочную дугу следует зажигать только в опущенном положении щитка. Перед зажиганием дуги нужно предупредить об этом окружающих командой «Глаза».

При выполнении работы следует помнить о нагреве металла при сварке, не касаться сваренных деталей и электродов голыми руками.

В случае получения травмы или возникновения неисправности оборудования прекратить работу, отключить оборудование и сообщить о случившемся преподавателю.

Контрольные вопросы.

1. Какими основными показателями характеризуются источники питания сварочной дуги.
2. В чем назначение сварочного выпрямителя.
3. В чем заключается принцип работы сварочного выпрямителя.
4. Какие параметры относятся к техническим характеристикам сварочных выпрямителей.

Критерии оценки знаний, умений, формируемых компетенций.

При оценивании практической, лабораторной работы обучающегося учитывается следующее:

- качество выполнения практической части работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Каждый вид работы оценивается по 5-ти бальной шкале.

«5» (отлично) - за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором обучающийся свободно и уверенно ориентируется; за умение практически применять теоретические знания, высказывать и обосновывать свои суждения. Оценка «5» (отлично) предполагает грамотное и логичное изложение ответа.

«4» (хорошо) - если обучающийся полно освоил учебный материал, владеет научно-понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет теоретические знания на практике, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности.

«3» (удовлетворительно) - если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности, в применении теоретических знаний при ответе на практикоориентированные вопросы; не умеет доказательно обосновать собственные суждения.

«2» (неудовлетворительно) - если обучающийся имеет разрозненные, бессистемные знания, допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может практически применять теоретические знания.