

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

«Производство сварных конструкций»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

В методических указаниях, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению современных технологических методов сварки в машиностроении в сравнении с другими технологическими процессами. Содержат методику выполнения работ. Предназначены для студентов по направлению подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профиль подготовки: "Технология машиностроения" Квалификация выпускника: Бакалавр

Составители:

канд. техн. наук, доцент Гончаров В.М.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент К.В. Костенко

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Тема: «ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ И ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ»	6
Лабораторная работа № 2. Тема: «КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ДЕФЕКТЫ СВАРНОГО ШВА».....	14
Лабораторная работа № 3. Тема: «СВАРКА ЛЕГИРОВАННЫХ И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ»	22
Лабораторная работа № 4-5. Тема: «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) СТАЛИ»	32
Лабораторная работа № 6. Тема: «ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ».....	44
Лабораторная работа № 7-8. Тема: «ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЦЕТИЛЕНО-КИСЛОРОДНОГО ПЛАМЕНИ НА СВОЙСТВА ШВА ПРИ СВАРКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ»....	53

Введение

Изготовление конструкций различного назначения с помощью сварки получает все большее распространение во всех промышленно развитых странах. Экономичность изготовления сварных конструкций является основополагающим фактором, обеспечивающим их приоритетное применение по сравнению с литыми, коваными и штампованными конструкциями.

Машиностроение является отраслью с высокоразвитым сварочным производством. Технологический процесс изготовления сварных конструкций включает в себя последовательное выполнение заготовительных, сборочных, сварочных, контрольных, отделочных и других операций.

В условиях широкого применения компьютерных средств проектирования и моделирования технологических процессов роль конструктора и технолога существенно возрастает. Вопросы проектирования и изготовления должны не противопоставляться друг другу, а решаться во взаимной связи. При разработке технологических процессов изготовления сварных конструкций следует стремиться к максимальной замене ручного труда путем комплексной механизации и автоматизации как отдельных операций, так и процесса в целом.

Подробно рассмотрен порядок выполнения каждого занятия, для закрепления материала приводятся контрольные вопросы. Полученные студентами знания и навыки в дальнейшем позволят принимать более эффективные решения при инструментальном обеспечении механосборочного производства.

Выполнение практических занятий необходимо для освоения профессиональных компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2. Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности	ИД-1 _{ПК-2} Анализирует технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности.	Анализировать технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-2} Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства	Выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства деталей машиностроения средней сложности.
ПК-3. Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве.	ИД-1 _{ПК-3} Понимает причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.	Понимать причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-3} Разрабатывает методики контроля изделий средней сложности	Разрабатывать методики контроля изделий средней сложности в механосборочном производстве.
	ИД-3 _{ПК-3} Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины	Осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины.

Лабораторная работа 1

Тема: «ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ И ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ»

Цель: изучить конструкцию и принцип действия всех узлов контактной (точечной) машины; получить навыки по расчету элементов внешнего контура и трансформатора и выбора режимов точечной сварки, а также изучить влияние отдельных параметров режима на качество сварного соединения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: принцип действия всех узлов контактной (точечной) машины.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять оптимальные параметры режима сварки или резки, одновременно обеспечивающие максимальную производительность процесса и соответствие требованиям качества.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками расчета элементов внешнего контура и трансформатора и выбора режимов точечной сварки.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическое обоснование

Контактная сварка – процесс соединения деталей нагревом их в зоне контакта до пластического или жидкого состояния с применением одновременного или последующего сжатия (осадки), обеспечивающего взаимодействие атомов металла.

Контактная сварка бывает точечная, стыковая и шовная (роликовая). При всех видах контактной сварки металл нагревается за счет выделения тепла при прохождении электрического тока по свариваемым деталям. Количество этого тепла определяется по закону Джоуля – Ленца

$$Q = 0,24 I^2 R T, \text{ Дж} \quad (1)$$

где R- сумма сопротивлений отдельных участков цепи, Ом.

Наибольшее сопротивление в зоне контакта. Поэтому в этой зоне выделяется наибольшее количество тепла.

При контактной сварке ток подается кратковременными импульсами до долей секунды. Сила тока достигается 100...150 кА, напряжение 0,3...10 В.

Такой режим сварки обеспечивает высокую производительность труда, экономит электроэнергию, снижает возможность окисления деталей. Уменьшает зону термического влияния, позволяет управлять процессом тепловыделения и тепло отвода, т.е. процессом формирования соединения

Оборудование для контактной (точечной) сварки.

1. Машины для точечной сварки бывают одно - и многоточечные (до 80 точек). Мощность точечных машин достигает 600 кВА.

Плотность тока между электродами не менее 120 А/мм², вторичное напряжение 1-12 В, давление между электродами 20-120 МН/ м² (МПа).

2. Точечные машины с радиальным ходом верхнего электрода и пневматическим приводом механизма сжатия.

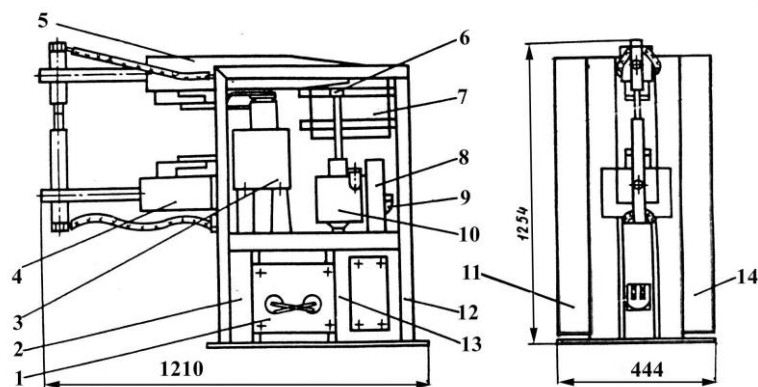


Рисунок 1. Внешний вид машины МТР-1701

Применяются машины следующих марок: МТ – 601, МТ -809, МТ – 1209, МТ – 1609, МТР-1701, где цифры косвенно указывают на силу тока в амперах с коэффициентом, равным примерно 10. Например, МТР- 1701. Номинальная сила сварочного тока 8000 А. (Рис. 1).

Контактные точечные машины снабжены электромагнитными, тиристорными, электронными, и игитронными прерывателями подачи тока.

1. Последовательность операций при точечной сварке.

Заготовки устанавливают и затем плотно сжимают между электродами контактной машины. Включают ток. В момент образования размягчения ток выключают, кратковременно выдерживают заготовки под усилием сжатия до совершения кристаллизации расплавленного металла (Рис. 1).

Сила тока и усилие сжатия заготовок устанавливают постоянными или меняют по определенному графику в течение цикла сварки одной точки.

2. Выбор режима точечной сварки

Мощность машины определяют по формуле:

$$N = k \cdot S$$

Где S – суммарная толщина листов, мм

k – коэффициент, равный 8...25, зависящий от свариваемого металла.

Номинальный режим работы – продолжительность включения (ПВ%) определяется по формуле:

$$ПВ = \frac{t_{св}}{t_{\text{ц}}} 100, \% \quad (2)$$

где $t_{св}$ – суммарное время включения тока в течение одного сварочного цикла;

$t_{\text{ц}}$ – полное время цикла.

Обычно ПВ=20%

Таблица 1. Ориентировочные режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина заготовок, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Продолжительность прохода сварочного тока, t, с	Усилие на электродах, кгс	Сила сварочного тока, А
0,5+0,5	5	0,2-0,3	30-40	4000-5000
1,0+1,0	5	0,2-0,35	80-120	6000-7000
2,0+2,0	7	0,25-0,35	160-200	8000-9000
3,0+3,0	10	0,6-1,0	500-600	12000-16000
4,0+4,0	12	0,8-1,1	600-800	14000-18000
5,0+5,0	12	0,9-1,2	800-900	17000-22000

Дефекты сварного соединения

- Неметаллические включения в стыке – неустойчивое оплавление, преждевременное выключение тока.

- Непровар – недостаточное давление осадки, недостаточный нагрев заготовок, малая сила тока.

- Перегрев металла – велики припуски на оплавление, большая сила тока и время его протекания.

- Трещины в зоне сварки – недостаточный предварительный нагрев, большое давление, осадки, чрезмерно быстрый нагрев и охлаждение.

- Перегрев наружных поверхностей заготовок выплеск – плохая очистка заготовок, включение тока при недостаточном сжатии, завышена сила тока и длительность его включения, недостаточные размеры контактной поверхности электродов.

Контроль качества сварочных соединений

- Качество после точечной сварки контролируют внешним осмотром.

- Механическими испытаниями на прочность.

- Анализом макро – и микроструктуры в зоне соединения.

- Ультразвуковой или рентгеновский способ.

Оборудование и материалы

1. Машина контактной точечной сварки.

2. Заготовки.

3. Образцы.

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Указания по порядку выполнения работы

1. Зарисовать электрическую схему односторонней двусторонней машины её внешнего вида. Конкретная схема машины из лаборатории.
2. Режим сварки.
3. Результаты испытаний сварных соединений на срез (отрыв) в виде графиков.
4. Зарисовать макро - и микрошлифы с размерами.
5. Выводы по работе.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения из теории контактной сварки.
3. Эскиз электрической схемы односторонней двусторонней машины и её внешнего вида.
4. Режим сварки.
5. Результаты испытаний сварных соединений на срез (отрыв) в виде графиков.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

4. Каково назначение машины и её основных узлов?
5. Каковы регулируемые параметры режима сварки?
6. Пределы регулирования контактной сварки?

7. Какие устройства применяются в контактных машинах для включения и выключения тока?
8. Какой принцип действия контактора в нашей лабораторной машине?
9. Марка контактной машины в лаборатории.
10. Как влияет режим работы (ПВ %) на величину сечения элементов контура контактной машины?
11. Как изменится (увеличится или уменьшится) ток в сварочной цепи при увеличении числа витков в первичной обмотке сварочного трансформатора?
12. Сущность процесса точечной сварки?
13. Формула Джоуля – Ленца?
14. Из каких сопротивлений складывается общее сопротивление контура точечной машины?
15. Основные параметры точечной сварки.
16. Какие методы испытания применяются для точечных сварных соединений?
17. Каковы возможные последствия отклонений параметров режима от оптимальных?
18. Какие существуют методы регулирования степени нагрева металла в зоне сварки?
19. Какие существуют виды контактной сварки?
20. Размеры заготовок для точечной сварки?
21. В каких пределах применяется сила сжатия заготовок при точечной сварке?
22. Длительность протекания тока при точечной сварке?
23. Мощность сварочных точечных машин.
24. Чему равно напряжение при точечной сварке?
25. Типы точечных машин для сварки?
26. Как определяется мощность машин для точечной сварки?
27. Что такое ПВ % и как он рассчитывается?

28. Технологические возможности точечных машин?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. :

Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Лабораторная работа №2

Тема: «КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ДЕФЕКТЫ СВАРНОГО ШВА»

Цель: ознакомиться с существующими способами контроля сварки и дефектами сварных швов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: существующих способов контроля сварки и дефектами сварных швов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять дефекты сварных швов, причины их появления и способы их устранения.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения дефектов сварных швов и соединений и способами их устранения.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическая часть

1.1 Виды контроля.

Контроль качества сварных швов осуществляется следующими способами: внешним осмотром; механическими испытаниями; физическими способами контроля; испытаниями на прочность.

1.2. Основные сведения о методах контроля.

- Внешним осмотром производится 100% контроль сварных соединений.
- Механические испытания производятся при изготовлении металлоконструкций.

Образцы для механических испытаний вырезаются из металлоконструкций или производится изготовление образцов спутников. Образцы разрезаются для проведения дальнейших механических испытаний на разрыв и загиб.

Сварные образцы должны обеспечивать прочность не ниже нижнего предела свариваемого материала.

Угол загиба зависит от марки свариваемой стали. Для малоуглеродистых сталей не менее 100° .

Физические методы контроля:

- Рентгенографирование
- Гаммаграфирование
- Контроль ультразвуком
- Магнитографический способ и т.д.

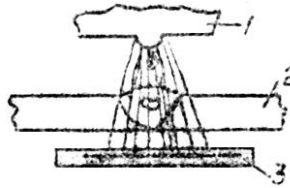


Рисунок 1. Схема рентгено- и гаммаграфирования

1 – источник излучения; 2 – изделие; 3 – кассета со светочувствительной пленкой

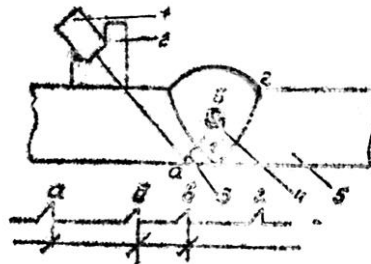


Рисунок 2. Схема ультразвукового контроля с записью на экране осциллографа

1 – щуп; 2 – призма; 3 – луч ультразвука; 4 – дефект; 5 – изделие

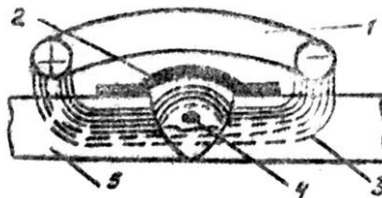


Рисунок 3. Схема магнитографического контроля

1 – катушка соленоида; 2 – ферромагнитная пленка; 3 – магнитные силовые линии;

4 – дефект; 5 – изделие

Испытание на плотность осуществляется следующим образом:

- Свободным наливом воды.
- Струей сжатого воздуха с намыливанием обратной стороны шва.
- Керосином с обмазкой обратной стороны меловым раствором.
- Гидравлическими испытаниями.
- Пневматическими испытаниями
- Аммиак с применением лакмусовой бумаги.

Вакуумный способ применяется в тех случаях, когда нет доступа к сварному шву с обратной стороны.

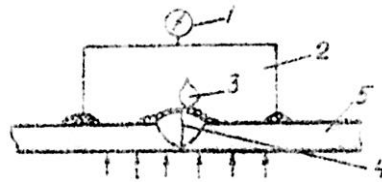


Рисунок 4. Схема вакуумного способа контроля

1 – вакуумметр; 2 – вакуумная камера; 3 – газовый мыльный пузырь; 4 – сквозная трещина; 5 – изделие

Во всех случаях обнаружения дефектов место вырубается, заваривается и подвергается повторному контролю.

1.3. Дефекты сварных швов и причины их образования.

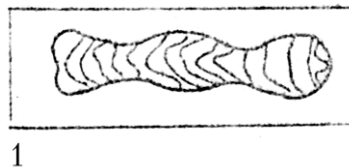


Рисунок 5. Неравномерное перемещение электрода



Рисунок 5,а. Задержка дуги на одном месте

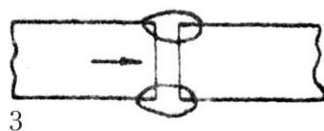


Рисунок 6. Непровар – малая величина тока

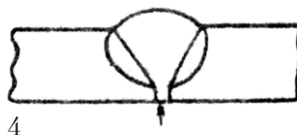


Рисунок 7. Малый зазор, большая кромка притупления

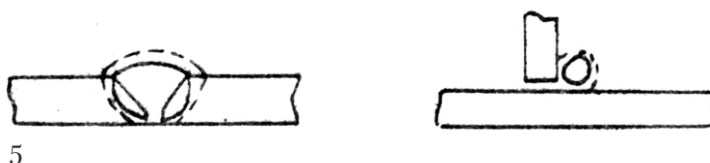


Рисунок 8. Невыдержанные размеры шва по ширине и высоте – несоблюдение технологии сварки

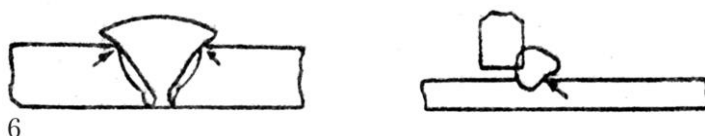


Рисунок 9. Наплывы и натеки – малый ток, задержка дуги на одном месте, неправильный наклон электрода

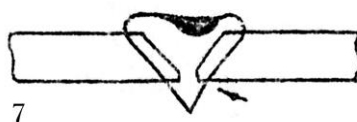


Рисунок 10. Прожоги – большой ток, большой зазор, отсутствие кромки притупления

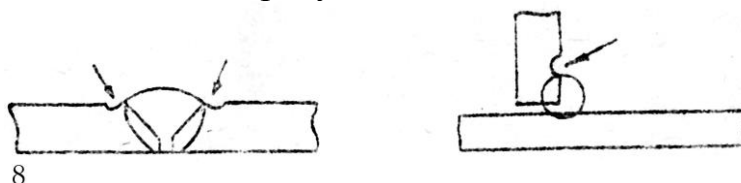


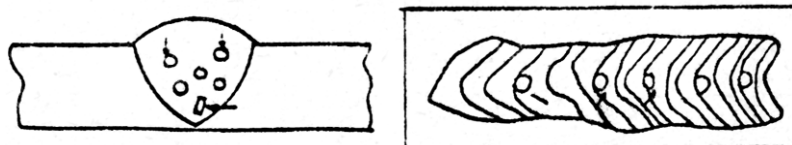
Рисунок 11. Подрезы – большой ток, неправильный наклон электрода



9

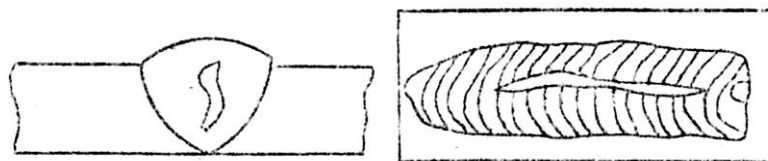
Рисунок 12. Шлаковые включения наружные и внутренние, неправильное перемешивание сварочной ванны, недостаточная зачистка промежуточных

ШВОВ



10

Рисунок 13. Поры внутренние и выходящие на поверхность – сырые электроды, недостаточная зачистка места сварки



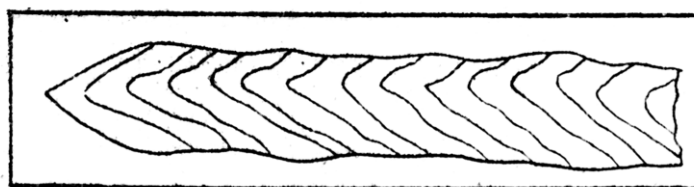
11

Рисунок 14. Трещины внутренние и поверхностные – несоблюдение технологии сварки



12

Рисунок 15. Незаварные кратеры – неправильный обрыв дуги



13

Рисунок 16. Крупночешуйчатость – большой ток

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Задания

- Сделать эскизы типовых дефектов сварных швов.
- Дать краткое описание основных методов контроля качества сварных швов.
- Выполнить в лаборатории исследования типовых дефектов и зарисовать их.
- Дать краткие предложения по предупреждению и устранению дефектов сварных швов.
- Защитить отчет по результатам лабораторной работы.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Методика постановки опытов.
3. Таблица записей и результатов расчетов.
4. Нарастающий график обрывной длины дуги для всех материалов, электродов и флюсов (рисунок 2).
4. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под сваркой?
2. Какие типовые дефекты сварных швов встречаются при сварке сосудов, работающих под давлением?

3. Методы контроля качества швов в сосудах, работающих под давлением?
4. Сколько процентов деталей после сварки подвергается внешнему осмотру?
5. Как готовится образец для испытаний качества шва?
6. Какие методы контроля относятся к физическим?
7. Сущность рентгенографического метода контроля?
8. Сущность гаммаграфирования?
9. Сущность контроля ультразвуком?
10. Сущность магнитографического способа?
11. Какими методами проверяется герметичность шва?
12. Сущность керосинного метода?
13. Сущность гидравлических и пневматических исследований?
14. Причина образования неравномерности поперечного шва?
15. Причина непровара?
16. Причина наплывов и натеков?
17. Причины шлаковых включений и меры борьбы с ними. Причины пористости шва и меры борьбы с ними?
18. Трещины, причины образования и меры борьбы с ними?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А.

Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Лабораторная работа №3

Тема: «СВАРКА ЛЕГИРОВАННЫХ И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Цель: изучить методику определения феррита в металле шва по диаграмме Шеффлера и ферритометром; дать оценку склонности сварных соединений к межкристаллитной коррозии на паспортных образцах, подвергшихся испытанию.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение методики определения феррита в металле шва по диаграмме Шеффлера и ферритометром.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: давать оценку склонности сварных соединений к межкристаллитной коррозии на паспортных образцах, подвергшихся испытанию.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения феррита в металле шва.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическая часть

Высоколегированные стали обладают повышенными механическими свойствами, жаропрочностью, хорошей окалиностойкостью, стойкостью против коррозии и воздействия агрессивной среды. Применение этих сталей в промышленности сильно возросло за последние годы. Наибольшее распространение получили стали типа 18-8, которые отличаются устойчивостью против воздействия воздуха и кислот. Их используют для изготовления конструкций, работающих при температурах до 600—650°, в редких случаях (если срок эксплуатации конструкции непродолжителен) – при более высоких температурах.

При сварке стали типа 18-9 участки основного металла, расположенные по обе стороны от шва, подвергаются нагреву. В участках, длительное время

находящихся под воздействием критических температур (450-850°), может развиваться межкристаллитная коррозия, заключающаяся в том, что пограничные слои зерен под действием агрессивной среды теряют свои антикоррозионные свойства. Это явление – результат обеднения пограничных слоев зерен аустенита хромом вследствие выпадения сложных карбидов железа и хрома по границам кристаллитов аустенита. С целью уменьшения склонности стали к межкристаллитной коррозии снижают содержание в ней «С» или сокращают время пребывания металла в интервале критических температур.

К сварным соединениям из стали типа 18-9 предъявляют повышенные требования. На качество сварных соединений существенное влияние оказывает режим сварки. Чрезмерное увеличение напряжения усиливает окисление Cr, Ti, V (ферритообразующих элементов), так как чем длиннее дуга, тем труднее защитить зону сварки от окружающего воздуха. Поэтому сварку аустенитной стали рекомендуется производить короткой дугой.

Увеличение силы сварочного тока при неизменной скорости сварки влечет за собой увеличение объема сварочной ванны. При этом наблюдается укрупнение зерен металла шва, что повышает склонность к межкристаллитной коррозии и образованию горячих трещин, особенно в литых аустенитных сталях.

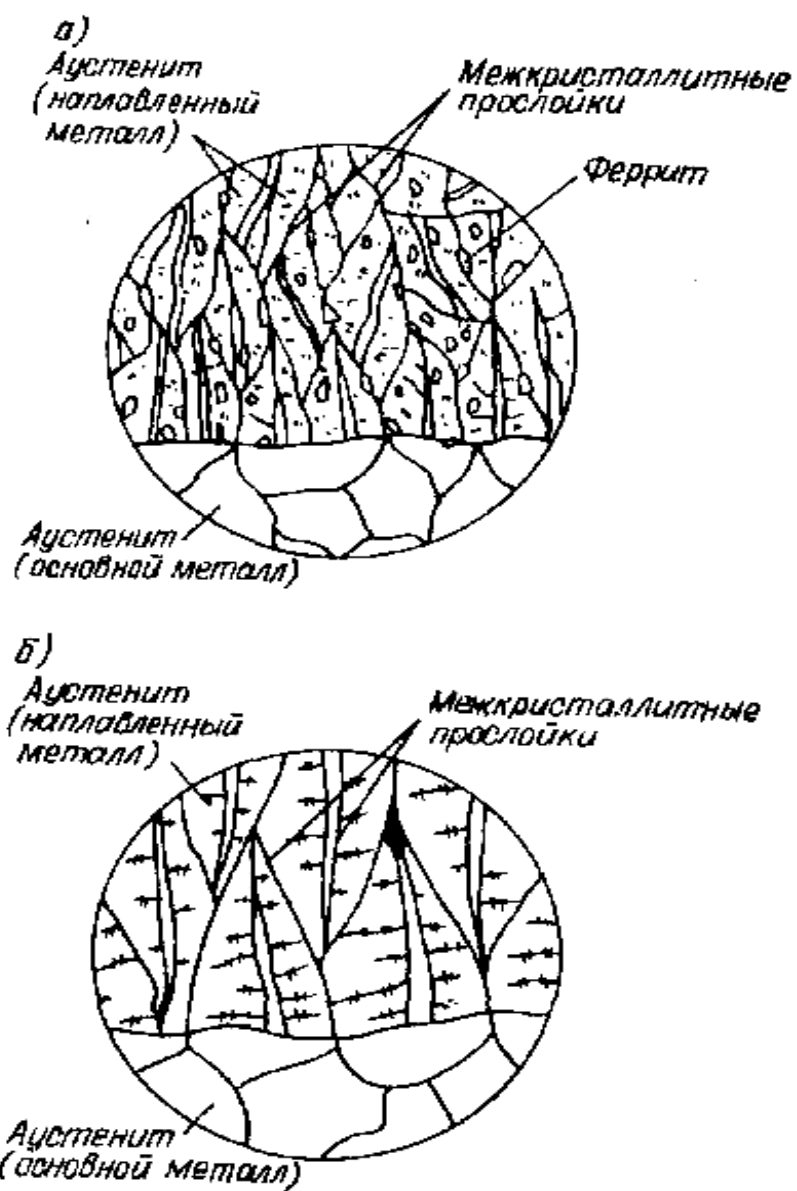


Рисунок 1. Структура сварных швов: а – аустенито-ферритный;

б – аустенитный

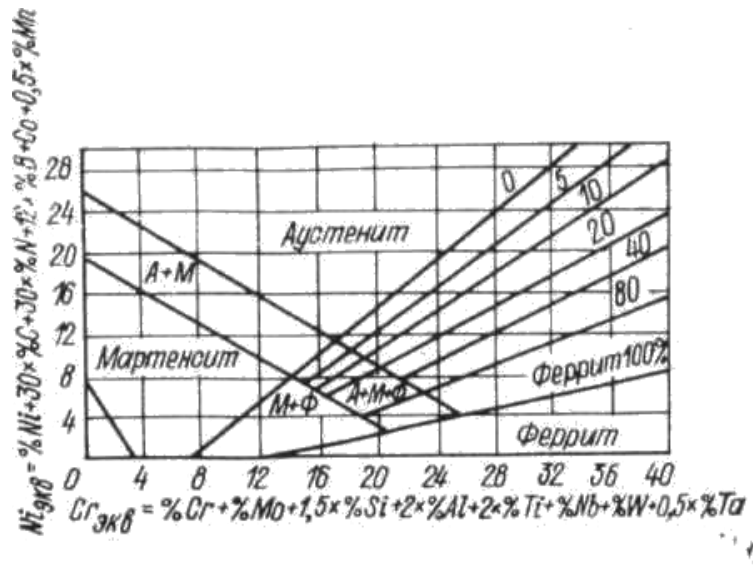


Рисунок 2. Структурная диаграмма сварных швов

Повышение скорости сварки даже при равной погонной энергии приводит к увеличению скорости кристаллизации и измельчению структуры шва. Отсюда следует, что погонная энергия значительно влияет на свойства околошовной зоны при сварке легированных и высоколегированных сталей.

Свойства сварного соединения во многом зависят и от структуры металла шва. В двухфазном аустенито-ферритном шве (рисунок 1,а) первичный феррит залегает в виде отдельных лепестков, основная масса которого образуется внутри кристаллитов и лишь небольшая часть – по границам зерен аустенита. Выпадение избыточной фазы, богатой хромом, будет происходить в местах большого скопления феррита, т. е. внутри зерен. Агрессивная среда при этом, проникая в глубь металла по границам зерен аустенита, будет встречать стойкие (необедненные хромом) кристаллы аустенита, избыточная фаза из которых выпала внутрь кристаллита.

Толщина прослоек между зернами аустенита уменьшится, и стойкость таких швов против межкристаллитной коррозии и горячих трещин повысится по сравнению с чисто аустенитными швами (рисунок 9.1б). Содержание феррита в сварных швах можно определить расчетным путем, пользуясь диаграммой (рисунок 2), или с помощью специального прибора - ферритометра.

Примеры решения задач

Задача 1. Выбрать электроды для сварки стали марки 30ХГСА следующего химического состава (%): C = 0,31; Mn = 0,9; Si = 1,0; Cr = 1,0, чтобы после сварки структура металла шва получилась мартенситной, если $V = 0,35$.

Решение

Принимаем электроды типа Э150-Б марки НИАТ-3, обеспечивающие получение наплавленного металла следующего химического состава (%): C = 0,18; Mn = 1,5; Si = 0,5; Cr = 0,4.

Рассчитать химический состав металла шва по формуле:

$$R_{uC} = 0,35 \cdot 0,31 + 0,65 \cdot 0,18 = 0,21\%;$$

$$R_{uCr} = 0,35 \cdot 1,0 + 0,65 \cdot 1,5 = 1,35\%;$$

$$R_{uMn} = 0,35 \cdot 0,9 + 0,65 \cdot 1,5 = 1,29\%;$$

$$R_{uSi} = 0,35 \cdot 1 + 0,65 \cdot 0,5 = 0,67\%;$$

$$R_{uMo} = 0,65 \cdot 0,4 = 0,26\%.$$

Определить эквивалент Cr и Ni (см. рисунок 2):

$$Cr_{\text{экв}} = \% Cr + \% Mo + 1,5\% Si = 1,35 + 0,26 + 1,5 - 0,67 = 2,6\% \quad (1)$$

$$Ni_{\text{экв}} = 30\% C + 0,5\% Mn = 30 \cdot 0,21 + 0,5 \cdot 1,29 = 6,94\%. \quad (2)$$

По диаграмме Шеффлера определить структуру металла шва. Для данного случая она мартенситная. Следовательно, электроды НИАТ-3 удовлетворяют заданному условию.

Задача 2. Определить, требуется ли подогрев при сварке встык двух деталей толщиной 10 мм из стали марки 35ХМ следующего химического состава (%): C = 0,35; Mn = 0,55; Cr = 0,9; Mo = 0,2.

Решение

Определить эквивалент углерода по формуле

$$C_{\text{экв}} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%V}{5} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{13} + \frac{\%P}{2} = 0.35 + 0.55/6 + 0.9/5 + 0.2/4 = 0.62\%$$

Полный эквивалент углерода с учетом влияния толщины определяется по формуле

$$C'_{\text{экв}} = C_{\text{экв}}(1 + 0,005s) = 0.62(1 + 0.005 \cdot 10) = 0.65 \quad (3)$$

При таком эквиваленте подогрев необходим. Температура предварительного подогрева

$$T_n = 350 \sqrt{C'_{\text{экв}} - 0,25} = 350 \sqrt{0,65 - 0,25} = 222^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Задачи для решения

Задача 3. Выбрать электроды для сварки стали марки 15Х25Т следующего химического состава (%): $C \leq 0,15$; $Si \leq 1$; $Mn \leq 0,8$; $Cr \leq 24 - 27$, чтобы после сварки структура металла шва содержала 40% феррита, если $u = 0,3$.

Задача 4. Определить температуру предварительного подогрева при сварке встык двух деталей толщиной 30 мм из стали марки 30ХН2МФА следующего химического состава (%): $C = 0,3$; $Mn = 0,45$; $Si = 0,3$; $Cr = 0,75$; $Ni = 2,25$; $Mo = 0,25$.

Задача 5. Определить структуру сварного шва, выполненного электродами типа Э46А-Б марки УОНИ-13/45 на пластину из стали марки 30ХН2МФА. Доля участия основного металла в металле шва $\gamma = 0,25$.

Оборудование и материалы

1. Пластины из стали типа 18-9 (100x100x10 мм).
2. Пластины из малоуглеродистой стали марки СтЗ (100x100x10 мм).
3. Образцы из хромоникелевой стали, испытанные на межкристаллитную коррозию, на которые имеются все данные по материалам, режиму и технологии сварки.

4. Электроды УОНИ-13/45 и электроды для сварки высоколегированных сталей различных марок, например ЭА-395/9, ЭА-400/10 или др.
5. Сварочная проволока.
6. Сварочный пост постоянного тока с электроизмерительными приборами.
7. Ферритометр.
8. Точило.
9. Напильник.
10. Бачок с водой.

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Задания

Перед постановкой опытов ознакомиться с инструкцией пользования ферритометром.

Опыт 1. Определить количество феррита в металле наплавки на стали марок 12Х18Н9Т и Ст3.

- Зачистить пластину.
- Подобрать силу сварочного тока по диаметру электрода $J_{св} = (30-40)$.
- Наплавить валик ($l = 30 - 60$ мм), отмечая силу сварочного тока, напряжение и время горения дуги.
- Охладить пластину. Зачистить от брызг и шлака.
- Наждачным кругом или напильником подготовить на поверхности валика площадку размером не менее 6Х20 мм.

- Ферритометром определить количество феррита в наплавке и сопоставить с количеством феррита в шве, определенным расчетом по диаграмме Шеффлера (рисунок 2). При определении количества феррита (α -фазы) в шве расчетным методом химический состав металла наплавки может быть определен по формуле (4). Долю участия основного металла в металле наплавки можно принять по данным работы 6.

- Повторить опыт, применяя другие марки электродов.

Опыт 2. На стандартных образцах, подвергающихся испытаниям на межкристаллитную коррозию, установить влияние химического состава материала на склонность отдельных участков сварных соединений к межкристаллитной коррозии.

1. Изучить паспортные данные по исследуемым пробам.

1. Установить вероятные причины относительного изменения склонности стали к межкристаллитной коррозии проб. Данные исследования зафиксировать.

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты опытов

Материал	Марка электрода	Режим			Содержание феррита в шве, %	
		Сила тока, А	Напряжение, U, В	Время горения дуги, с	по диаграмме Шеффлера	по показанию приборов

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Методика постановки опытов.
3. Таблица записей и результатов расчетов.
4. Нарастающий график обрывной длины дуги для всех материалов, электродов и флюсов (рисунок 2).

4. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Почему двухфазная сталь ($\gamma + \alpha$) менее склонна к горячим трещинам?
2. Структурная диаграмма Шеффлера и ее практическое значение.
3. Что такое межкристаллитная коррозия, причины ее возникновения и методы предотвращения.
4. Почему эквивалент углерода является критерием для оценки необходимости применения подогрева при сварке стали?
5. Особенности технологии сварки разнородных и двухслойных сталей.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>
3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. —

216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_М 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Лабораторная работа №4-5

Тема: «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ (СТРОИТЕЛЬНОЙ) СТАЛИ»

Цель: ознакомление и освоение методики разработки технологии дуговой и газовой сварки, составление и содержание технологических карт.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: освоение методики разработки технологии дуговой и газовой сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рассчитать режимы электродуговой и газовой сварки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками выбора сварочной проволоки, электродов, источников питания дуги.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическая часть

Каждый студент разрабатывает технологию электродуговой или газовой сварки и составляет технологическую карту.

Теоретическая часть к выполнению этого задания изложена в предыдущих работах по технологии ручной электродуговой сварки, полуавтоматической в среде защитных газов, автоматической под слоем флюсов, контактной (точечной) и газопламенной, в специальной учебной и справочной литературе, согласно рекомендациям кафедры.

Порядок выполнения задания при электродуговом способе сварки

- Выбрать по марке свариваемой стали и механическим свойствам марку и тип электрода (таблица 1, 2).
- По марке электрода выбрать род тока (и при необходимости полярность) (таблица 3).
- По толщине свариваемых деталей – диаметр электрода.
- По диаметру электрода – силу сварочного тока.

- По роду и силе сварочного тока – источник питания дуги.
- По толщине свариваемых деталей – форму разделки кромок свариваемых деталей, число проходов и схему движения и наклона электрода.

Порядок выполнения задания при газовом способе

Необходимо выбрать:

- По марке стали – марку присадочной проволоки (таблица 1).
- По толщине свариваемых деталей – диаметр присадочной проволоки.
- По толщине свариваемой детали мощность сварочного пламени (расход ацетилена и кислорода соответственно).
- Мощность пламени – номер сменного наконечника горелки и тип горелки (таблица 4).
- По номеру наконечника и типу горелки – требуемое давление кислорода (если ацетилен из баллона, а не из генератора, то и требуемое давление ацетилена).
- По толщине металла деталей – форму разделки кромок.

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Содержание отчета

- Название и цель работы.
- В технологической карте нарисовать эскиз соединения с изображением разделки кромок и необходимые приспособления (защитные, удерживающие и т. п.).

- Назначить, определить и внести в карту последовательность выполнения переходов сварки.

- В технологическую карту внести содержание операций и переходов, данные по режимам, оборудованию, приспособлениям и др.

Рассчитать и внести в карту:

- Коэффициент полезного действия дуги.
- Коэффициент наплавки.
- Массу наплавленного металла.
- Коэффициент формы провара.
- Коэффициент формы валика.
- Расход электрода.
- Производительность сварки.
- Силу сварочного тока.
- Площадь сечения проплавленного валика.
- Площадь сечения наплавленного металла.
- Долю основного металла в металле шва.
- Количество (массу) потерь электродного материала.
- Массу электродов для сварки.
- Погонную энергию.
- Скорость сварки.
- Силу тока при автоматической сварке.
- Скорость подачи сварочной проволоки.
- Скорость перемещения дуги.
- Удельный расход флюса.
- Расход ацетилена.
- Диаметр электрода и присадочного прутка.
- Расход электроэнергии на сварку по заданию.

Задание	Эскиз детали	Оборудование	Инструмент	Приспособления	Техника безопасности
	(пример зарисовки)	1	1	1	1
		2	2	2	2

Приложение А

Таблица 1. Выписка из паспортов на электроды

Тип электрода	ГОСТ	Марки		Род тока	Полярность	Применение для сварки сталей
		электрода	св. проволоки			
Э46Т	9467-75	АНО-4	Св-08(ГОСТ 2246-75)	Любой	любая	Ст0,Ст3,Ст4,Ст3кп
Э-42-Ф	9467-75	УОНИ-13/45	Св-08А(ГОСТ 2246-75)	Постоянный	любая	Ст0,Ст5 низколегированная сталь50,40,60
Э-42-Р	9467-75	ОММ-5	Св-08(ГОСТ 2246-75)	Любой	любая	Конструкционные низкоуглеродистые стали
Э-А-16а	10052-75	ЦТ-15	Св-07Х19Н10Б (ГОСТ 2246-75)	Постоянный	любая	Стали типа 10Х18Н10Т, 12Х18Н10Т
ЭА-1М2Фа	10052-75	КТИ-5-62	Св-04Х19Н11М3 ГОСТ 2246-75	Постоянный	любая	15Х14Н14М2ВФБТ Х23Н13, 10Х16Н13М2Б
ЭА-3М6	10052-75	ЭА-359/2	Св-10Х16Н25АМ6 ГОСТ 2246-75	Постоянный	любая	10Х25Н25МБ, 10М35ВТ

Приложение Б

Перечень вариантов на разработку технологического процесса сварки

№ варианта	Способ сварки	Марка стали	Вид соединения	Параметры свариваемых деталей, мм		
				Толщина, S, мм	Ширина, b, мм	Длина шва L, мм
1	Э/дуговая	30	Встык	24	240	1000
2	Ручная	12Х18Н10Т	Внахлестку	12	120	1500
3	Ручная	Ст0	Тавровое	10	100	1800
4	Ручная	Ст3кп	Угловое	22	220	400
5	Ручная	09Г2	Встык	18	180	900
6	Ручная	14Х15Н25М6	Встык	40	40	1900
7	Ручная	12ГС	Встык	80	80	2500
8	Э/дуговая	20	Встык	14	140	3000
9	Автоматическая	15Х	Встык	12	120	4000
10	Автоматическая	Ст3	Встык	16	160	1700
11	Автоматическая	25Г	Встык	23	220	1600

12	Автоматическая	20	Внахлестку	3	30	1300
13	Автоматическая	08пс	Встык	12	120	5000
14	Автоматическая	Ст5	Внахлестку	5	50	2000
15	Автоматическая	40	Встык	8	80	2000
16	Автоматическая	10	Внахлестку	6	606	1500
17	Автоматическая	20Х3НЗ	Встык	8	80	1700
18	Автоматическая	60	Встык	6	60	1200
19	Газовая	17ГС	Встык	5	50	1300
20	Газовая	30	Угловое	9	90	600
21	Газовая	15ХА	Встык	4	40	1000
22	Газовая	10Г2	Встык	7	70	1400

Приложение В

Таблица 2. Химический состав и механические свойства некоторых индукционных сталей индукционных сталей

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	$\sigma_B, \frac{кГ}{мм^2}$	$(\frac{X}{10}, \%$ $MPa)$
	0,14 – 0,23						32	20
	0,14 – 0,22	0,30 – 0,65					40	30
	0,31	0,47	0,16				50	21
	0,27 – 0,45	0,58	0,160				58	19
	0,12	0,8 – 1,2	0,6				47	16
	0,20			3	3		50	9
	0,14	0,6	0,3	15	25	6	50	35

Приложение Г

Таблица 3. Источники сварочного тока

Наименование	Шифр	Вырабатываемый ток	Максимальная сила тока, А
Трансформатор	СТШ-500	Переменный	500
Трансформатор	ТС-300	Переменный	300
Трансформатор	ТС-500	Переменный	500
Трансформатор	ТСП-2	Переменный	300
Преобразователь сварочный	ПСО-300	Постоянный	300
Преобразователь сварочный	ПС-500	Постоянный	500
Выпрямитель сварочный	ВС-300	Постоянный	300
Выпрямитель сварочный	ВС-600	Постоянный	600

Приложение Д

Таблица 4. Газосварочные горелки

Тип горелки	№ наконечника	Толщина свариваемого металла, мм	Расход газов		Рабочее давление газов, МПа	
			C ₂ H ₂	O ₂	C ₂ H ₂	O ₂
«Москва » ГС-3	1	0,5 – 1,5	50 – 136	55 – 135	0,001	0,1 – 0,4
	2	1,0 – 3,0	120 – 240	130 – 260	0,001	0,15 – 0,4
	3	2,0 – 4,0	230 – 400	260 – 440	0,001	0,2 – 0,4
	4	4,0 – 7,0	400 – 700	430 – 760	0,001	0,2 – 0,4
	5	7,0 – 11,0	600 – 1100	740 – 1200	0,001	0,2 – 0,4
	6	11,0 – 18,0	1000 – 1700	1150 – 1950	0,001	0,2 – 0,4

	7	17,0 – 30,0	1700 – 2810	1900 – 3600	0,001	0,2 – 0,4
«Звездочка »	0	0,3 – 0,6	30 – 65	22 – 70	0,001	0,1 – 0,4
	1	0,5 – 1,5	50 – 120	55 – 135	0,001	0,15 – 0,4
	2	1,0 – 2,3	120 – 260	130 – 260	0,001	0,2 – 0,4
	3	12,5 – 4,0	230 – 400	260 – 450	0,001	0,2 – 0,4

Основные формулы

Коэффициент полезного действия электрической дуги

- При сварке открытой дугой металлическим электродом 0,5 – 0,85, под слоем флюса 0,8 – 0,95, угольным электродом 0,5 – 0,65.

Полная тепловая мощность электрической дуги:

$$Q = 0,24kI_{св} \cdot U_{д}, \quad (1)$$

где k при переменном токе равен 0,7 – 0,97, при постоянном – 1.

Масса расплавленного металла (производительность сварки):

$$G_{э} = \alpha_{э} \cdot I_{св} \cdot t \quad (\alpha \approx 8-14 \text{ э/А} \cdot \text{ч}; t_c). \quad (2)$$

Масса металлического стержня:

$$G_{ст} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \gamma \cdot l. \quad (3)$$

Коэффициент плавления, $\alpha_{э}$:

$$\alpha_{э} = \frac{G_{э} \cdot 3600}{I_{св} \cdot t} \quad (G_{э} = G_{ст} - G_{огарка}). \quad (4)$$

Коэффициент наплавки, α_H :

$$\alpha_H = \frac{G_H \cdot 3600}{I_{св} \cdot t} \quad (G_H = G_{пн} - G_{дн}), \quad (5)$$

где $G_{дн}$ – масса пластины до наплавки,

$G_{пн}$ – масса пластин после наплавки.

Теоретическая производительность сварки:

$$G = \frac{\alpha_H \cdot I_{св} \cdot t}{1000}, \text{ кг}. \quad (6)$$

Коэффициент потерь металла электрода, ψ :

$$\psi = \frac{\alpha_H - \alpha_{\text{Э}}}{\alpha_H}, \quad (7)$$

ψ достигает 25% электрода.

Масса наплавленного металла на 1м шва:

$$\begin{aligned} G_M &= \gamma \cdot V_I \\ G_H &= K_p \cdot I_{\text{св}} \cdot t \\ K_p &= 8...14 \text{ з / А.ч} \end{aligned} \quad (8)$$

Необходимое количество электродов для сварки (кг):

$$G_{\text{Э}} = G_H (1,6...1,8). \quad (9)$$

Сила сварочного тока:

$$I_{\text{св}} = k \cdot d_{\text{Э(ручн)}}, \quad (10)$$

где k – коэффициент для металлических электродов диаметром 3 – 4 принимается $\approx 40 - 60$, а для полуавтоматической сварки ~ 200 .

Площадь сечения наплавленного валика, мм²:

$$\begin{aligned} F_H &= 0,75 \cdot b \cdot c \\ \psi &= \frac{b}{h} \\ \psi_{\text{с}} &= \frac{b}{c} \end{aligned} \quad (11)$$

где b – ширина валика, мм;

c – высота выпуклости, мм.

Площадь сечения проплавленного металла, мм²:

$$F_{\text{np}} = 0,75 \cdot b \cdot h, \quad (12)$$

где h – глубина проплавления, мм.

Доля основного металла в металле шва:

$$G_{\text{О.М}} = \frac{F_{\text{np}}}{F_{\text{np}} + F_H}. \quad (13)$$

Погонная энергия, q_n :

$$q_n = 155F, \quad (14)$$

где F – сечение шва или валика, мм^2 .

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_H}, \text{м/ч} \quad (15)$$

или

$$V_{св} = \frac{L}{t}, \quad (16)$$

где L – длина шва,

t – время горения дуги.

Коэффициент, зависящий от рода тока и полярности, диаметра электрода и марки флюса по данным института электросварки им. Е. О. Патона:

$$K = 1,1 \frac{\text{мм}}{100}, A. \quad (17)$$

Определение силы тока при автоматической сварке под флюсом АН-348А:

$$\begin{aligned} I_{св} &= \frac{h}{k} \cdot 100, A \\ I_{св} &= 110d_{э} + d_{э}^2, A \end{aligned} \quad (18)$$

Производительность сварки:

$$G_{св} = \alpha_H \cdot I_{св} \cdot t, \text{г}. \quad (19)$$

Скорость подачи сварочной проволоки:

$$V_{н.пр} = \frac{4\alpha_H \cdot I_{св}}{\pi d^2 \cdot \gamma}, \text{м.ч}. \quad (20)$$

Скорость перемещения дуги:

$$V_{н.д} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{F \cdot \gamma}, \text{м/ч}. \quad (21)$$

Удельный расход флюса:

$$\mu = \frac{G_{\phi}}{G_H}. \quad (22)$$

где G_{ϕ} – масса расплавленного флюса;

G_H – масса наплавленного металла.

Расход ацетилена:

$$A_{\varepsilon} = k \cdot S, \quad (23)$$

где k – коэффициент для нержавеющей стали 70 – 80, углеродистой 100 – 200, меди 160 – 200, алюминия – 75;

S – толщина свариваемых деталей, мм.

Выбор диаметра присадочного прутка:

$$d_{np.np} = 0,5S + 1. \quad (24)$$

при $S > 10$:

$$d_{np.np} \approx 5 \text{ мм}.$$

Напряжение электрической дуги:

$$U_{\delta} = \alpha + \beta \cdot l_{\delta}, \quad (25)$$

где α – коэффициент для стальных электродов 10 – 12 для угольных 35 – 38;

β – коэффициент 2,0 – 2,5.

Расход электроэнергии при ручной сварке (A_p) на постоянном токе 7 – 8 кВт·ч/кг, а на переменном токе 3,5 кВтч/кг наплавленного металла.

Полное время сварки:

$$T_o = \frac{t_o}{k_c}, \quad (26)$$

где t_o – основное время горения дуги;

k_c – коэффициент загрузки сварщика, равен 0,4 – 0,8.

Расход электрической энергии, A_{ε} :

$$A_{\varepsilon} = \frac{U_{\delta} \cdot I_{cs} \cdot t_o}{\eta \cdot 1000} + M_x (T - t_o), \quad (27)$$

где η – коэффициент полезного действия тока. Для трансформатора 0,5 – 0,85, генератора 0,3 – 0,4 кВА;

M_k – мощность холостого хода. Для трансформатора 0,2 – 0,4 кВА, для генератора 2 – 3 кВА,

T – общее время работы источника тока (рабочее и холостое).

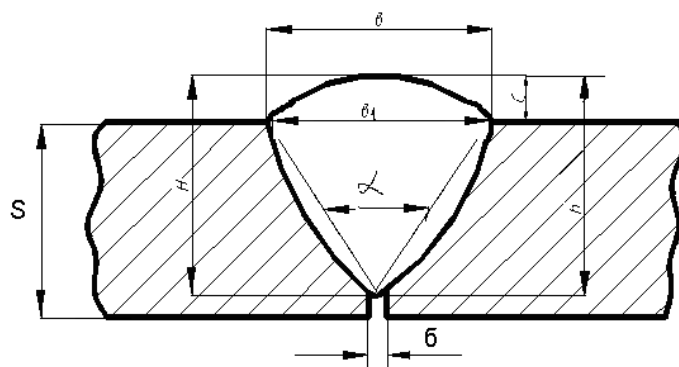


Рисунок 1. Схема сварного соединения. Основные параметры шва: S – толщина;

h – глубина провара ($h = s' - 0.1S$); H – общая высота валика ($H = h + C$); C – высота усиления валика ($C = h + 0.1R$); B_1 – катет условного треугольника; B – катет сварного шва ($B = B_1 + 0.1B_1$); α – угол разделки кромок ($70^\circ - 90^\circ$); δ – технологический зазор (2 – 6 мм)

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Лабораторная работа 6

Тема: «ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ»

Цель: изучить оборудование и аппаратуру для газовой сварки; научиться выбирать соответствующий наконечник горелки, обеспечивающий оптимальный расход ацетилена.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: оборудование и аппаратуру для газовой сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбирать соответствующий наконечник горелки, обеспечивающий оптимальный расход ацетилена.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: практическими навыками по газовой сварке стыкового соединения пластин.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическое обоснование

Газовую сварку наиболее часто производят ацетилено-кислородным пламенем. Ацетилен получают непосредственно на месте сварки в специальных ацетиленовых генераторах или поставляют в баллонах под давлением. Баллоны с ацетиленом окрашивают в белый цвет. В случае использования баллонов с кислородом или ацетиленом для снижения и поддержания постоянного давления применяют специальные редукторы.

Генератор АНВ-1,25-75 (рис. 1) работает по принципу «вода на карбид» в сочетании с системой ее вытеснения. Корпус 14 разделен перегородкой 13 на две части. В верхней части расположен водосборник 16, в нижней – газосборник 12. Обе части соединены циркуляционной трубой 9, через которую вода попадает в нижнюю часть или, наоборот, вытесняется в верхнюю при работе генератора. В нижней части газосборника вварена реторта 8. Перед работой генератор заливают водой до шайбы 3, устанавливают корзину 6 с

карбидом кальция в реторту и закрывают ее крышкой 7. При открывании крана 4 вода через трубу 5 поступает в реторту 8, заполняет ее, смачивает карбид кальция, и в результате реакции образуется ацетилен. Ацетилен по трубе 5 поступает в газосборник 12, а затем через осушитель 2, водяной затвор 10 и шланг 1 – в горелку. Подача воды прекращается, как только ее уровень опускается ниже крана 4. Для замедления нарастания давления в генераторе часть воды из реторты 8 вытесняется ацетиленом через трубу 11 в вытеснитель 15. По мере расходования ацетилена давление снижается, и вода, поднимаясь до уровня крана 4, вновь поступает в реторту 8 и возобновляется образование ацетилена. Так, в зависимости от расхода ацетилена из генератора автоматически регулируется процесс образования ацетилена.

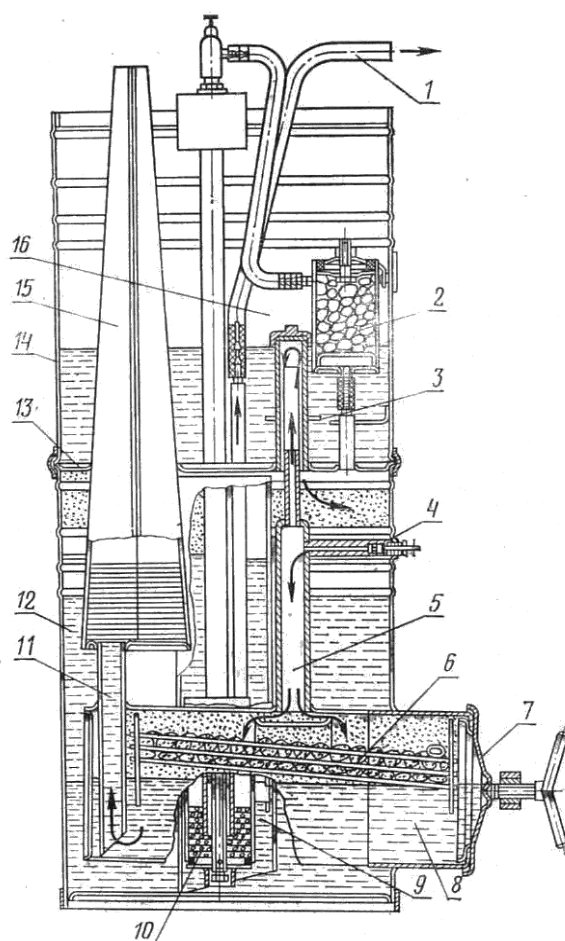


Рисунок 1. Схема ацетиленового генератора АНВ-1,25-75

Для предохранения генератора от проникновения в него пламени (обратный удар) применяют водяные затворы. На рисунке 2 представлена схема жидкостного водяного затвора низкого давления. Затвор состоит из корпуса 1, водоналивной трубы 7, газоподводящей трубы 4 и воронки 5. При нормальной работе затвора (см. рис. 2, справа) ацетилен через кран поступает в газоподводящую трубу 4, через отверстие 11 – в корпус 1, заполненный водой по кран 9, и, пройдя через воду, сетку 2 и ниппель 8, проходит в шланг к горелке или резаку. Диаметр диска 10 больше диаметра водоналивной трубы, что предохраняет выход ацетилена через нее в атмосферу.

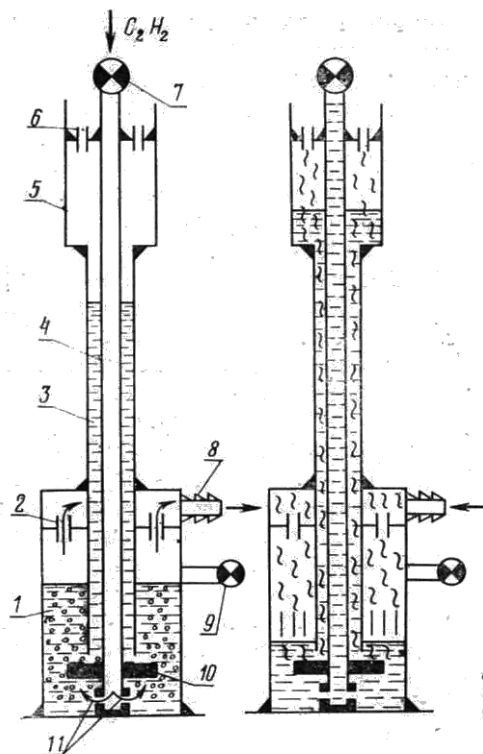


Рисунок 2. Схема жидкостного водяного затвора низкого давления

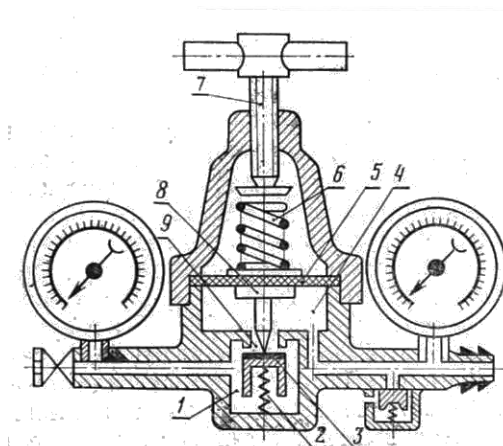


Рисунок 3. Схема кислородного редуктора

При обратном ударе (см. рис. 2, слева) газы пламени вытесняют воду из корпуса затвора в газоподводящую трубу и водоналивную воронку. При этом пламя отсекается от проникновения в генератор и его газы, пройдя воду, водоналивную трубу и воронку, охлаждаются и через сетку 6 выходят в атмосферу.

Кислород хранят в баллонах, окрашенных в голубой цвет, вместимостью 40 л под давлением 15 МПа. При таком давлении баллон содержит 6 м³ кислорода. На баллоне должна быть надпись «Кислород». Кислородные баллоны малоопасны. При попадании масла на вентили баллонов может быть взрыв.

Для получения постоянного рабочего давления кислорода или ацетилена, содержащихся в баллонах, высокое давление снимают посредством редуктора (рис. 3). При заворачивании винта 7 пружина 6 давит на мембрану 5, штифт 8, клапан 3 и пружину 2, отверстие 9 открывается и кислород из баллона, поступая в камеру высокого давления 1, переходит в камеру низкого давления 4 и затем в горелку. С увеличением расхода кислорода давление в камере низкого давления снижается и мембрана под действием пружины 6 приоткрывает больше клапан 3. Кислород поступает в камеру в большем количестве и рабочее давление восстанавливается. С уменьшением расхода кислорода редуктор работает в обратном порядке.

Сжигание газа происходит в сварочных горелках. Наиболее распространены инжекторные горелки (рис. 4), работающие на ацетилене низкого давления. Кислород под давлением через вентиль 1 по каналу 2 поступает в инжектор 6. При выходе кислорода из инжектора с большой скоростью в смесителе наконечника 3 создается разрежение и ацетилен, поступающий через вентиль 7 от баллона или генератора, под меньшим давлением всасывается через каналы 5 в смесительную камеру, где с кислородом образует горючую смесь. Горючая смесь проходит через наконечник 3 в мундштук 4 и при выходе из него зажигается. Во избежание горения смеси внутри наконечника (обратный удар) скорость истечения газовой смеси должна быть больше скорости ее горения (распространения пламени).

Горелка комплектуется сменными наконечниками 3 (разных номеров), каждый из которых обеспечивает определенный расход ацетилена и, следовательно, определенную тепловую мощность пламени. Сварочные горелки подразделяются по мощности пламени на горелки микромощности (ГС-1), малой мощности (Г2-04), средней мощности (ГЗ-ОЗ) и большой мощности (ГС-4).

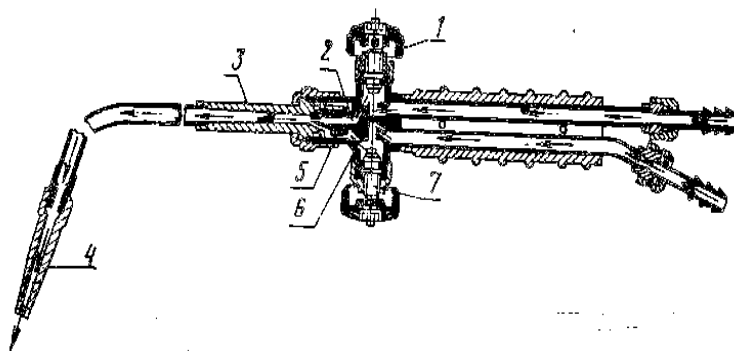


Рисунок 4. Схема инжекторной горелки для газовой сварки:

- 1 – кислородный вентиль; 2 – кислородный канал; 3 – сменный наконечник; 4 – мундштук; 5 – ацетиленовые каналы сменного наконечника; 6 – инжектор;
7 – ацетиленовый вентиль

В таблице 1 приведены основные параметры наиболее употребительных инжекторных горелок.

Тепловая мощность пламени P , л/ч, - количество горючего газа, сжигаемого в единицу времени. От тепловой мощности пламени зависит производительность работы сварщика и качество свариваемого шва. Практикой установлено, что необходимая тепловая мощность пламени при сварке низкоуглеродистой стали зависит от толщины свариваемых деталей

$$P=AS$$

где A – удельная мощность, л/ч·мм (для углеродистых сталей равна 100%, для чугуна – 80. ..100, для меди –150 и для алюминия – 75);

S – толщина свариваемого металла, мм.

Диаметр присадочной проволоки при газовой сварке правым способом $s=(0,5S + 2)$ мм, а при левом способе $d=(0,5 S+1)$ мм.

При сварке изделий толщиной свыше 20 мм берут присадочную проволоку диаметром не более 10. . .12 мм.

Промышленность выпускает сварочную проволоку диаметром (мм) 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 (холоднокатаная) и 6,5; 8 (горячекатаная).

Таблица 1. Параметры горелок Г2-04, ГЗ-ОЗ

Наименование параметров	Параметры наконечников горелок						
	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	0,5-1,5	1,0-2,5	2,5-4	4-7	7-11	10-18	17-30
Расход кислорода, л/ч	50-125	120-240	230-430	400-700	600-1100	1030-1750	1700-2800
Расход ацетилена,	55-135	130-260	250-440	430-750	740-1200	1150-1950	1900-3100
Давление на входе в горелку кислорода, кПа, (кгс/см ²)	100-400 (1,0-4,0)	150-400 (1,5-4,0)	200-400 (2,0-4,0)	200-400 (2,0-4,0)	200-400 (2,0-4,0)	200-400 (2,0-4,0)	200-400 (2,0-4,0)
Давление на входе в горелку ацетилена, кПа, (кгс/см ²)	Не ниже 1 (0,01)				Не ниже 10 (0,1)		

Оборудование и материалы

1. Газосварочный генератор, горелка, кислород, ацетилен.
2. Пластины из низкоуглеродистой стали толщиной 3-6 мм.
3. Присадочная проволока типа Св-08.
4. Миллиметровая линейка.
5. Штангенциркуль.
6. Пресс для излома образцов.

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Задания

1. Приобрести практические навыки по газовой сварке стыкового соединения пластин из стали марки Ст. 3, зажиганию горелки и наложению сварного шва.
2. Определить мощность пламени, номер наконечника и диаметр присадочной проволоки для свариваемых пластин толщиной 3 мм.
3. Очистить металлической щеткой пластины из стали марки Ст. 3 толщиной 1, 3 и 6 мм и собрать под прихватку.
4. Парно прихватить и сварить пластины толщиной 1, 3 и 6 мм в один проход левым способом (режим, см. пункт 2).
5. Оценить качество швов (визуально), полученных на пластинах различной толщины, и измерить ширину шва.
6. Сломать по шву сваренные пластины, измерить высоту усиления шва и глубину провара.

7. Оценить (визуально) по ширине шва и излому его качество.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схемы газосварочного поста, водяного затвора, газового редуктора, инжекторной горелки.
3. Расчет мощности пламени и его влияние на качество шва в зависимости от толщины свариваемых пластин.
4. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Сущность и способы газовой сварки.
2. Устройство, назначение и технические данные оборудования для поста газовой сварки.
3. Техника выполнения газовой сварки.
4. Исследование влияния состава газосварочного пламени на пластичность металла шва.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

3. www.dprm.ru/materialovedenie
4. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Лабораторная работа 7-8

Тема: «ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЦЕТИЛЕНО- КИСЛОРОДНОГО ПЛАМЕНИ НА СВОЙСТВА ШВА ПРИ СВАРКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ»

Цель: изучить оборудование, материалы и технологию газовой сварки. Дать практические навыки по газовой сварке и механическим испытаниям для исследования качества сварного шва.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: оборудование, материалы и технологию газовой сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рассчитать и сконструировать токарный проходной резец, оснащенный напайной пластиной из твердого сплава.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения влияния мощности пламени на геометрические размеры сварного шва.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Теоретическая часть

При газовой сварке наиболее часто применяется ацетилено - кислородное пламя. Мощность пламени оказывает существенное влияние на производительность сварки и качество сварного соединения.

Мощность пламени устанавливается по формуле

$$V_a = k \cdot S, \quad \frac{\text{дм}^3}{\text{с}} \quad \text{или} \quad \frac{\text{л}}{\text{ч}} \quad (1)$$

где S - толщина свариваемого металла, мм

k - коэффициент пропорциональности, равный для левого способа сварки 100-300, а для правого 120 – 150.

Сварочная горелка снабжается несколькими сменными наконечниками, каждый из которых имеет определенное отверстие для выхода газа, а значит, этим способом обеспечивается своя мощность пламени.

Выбор диаметра присадочного прутка при сварке правым способом определяется по формуле.

$$d_{np.np} = \frac{1}{2} S, \text{ мм} \quad (2)$$

При левом способе

$$d_{np.np} = \frac{1}{2} S + 1, \text{ мм} \quad (3)$$

Таблица 1. Основные параметры газовой сварки с помощью типовой горелки ГС –3

Тип горелки	Номер нак.	Толщина свариваемого металла, мм	Расход газов, л/ч		Рабочее давление, МПа	
			ацетилен	кислород	ацетилена	кислорода
ГС - 3	1	0,5- 1,5	50-125	55-135	0,001	0,1-0,4
	2	1,0-2,5	120-240	130-260	0,001	0,15-0,4
	3	2,5-4,0	230-400	260-440	0,001	0,2-0,4
	4	4,0-7,0	400-700	430-750	0,001	0,2-0,4
	5	7,0-11,0	660-1100	740-1200	0,001	0,2-0,4
	6	10-18,0	1050- 1750	1150-1950	0,001	0,2-0,4
	7	17-30,0	1700-2800	1900-3100	0,001	0,2-0,4

1.1. Определение влияния мощности пламени на геометрические размеры сварного шва

1. Опилить (зачистить кромки, собрать встык без зазора и прихватить по краям пластины).
2. Определить для данной толщины металла мощность пламени и выбрать номер сменного наконечника.
3. Произвести наплавку валика левым и правым способом при положении горелки перпендикулярно стыку.
4. Установить сменные наконечники на номер меньше и больше и при той же скорости произвести наплавку второго и третьего валиков.



Рисунок 1. Схема прихватки и наложения валиков с различной мощностью пламени

5. Сломать на прессе образец, зарисовать контуры поперечного сечения швов, измерить геометрические параметры (ширину, высоту, глубину провара) и выявить влияние на них мощности пламени. Результаты замеров записать в таблицу 2.

Таблица 2. Расчет мощности пламени

Номер шва	Способ сварки	Номер сменного наконечника	Размеры шва, мм			Мощность пламени, (л/ч)	Рисунок внешнего вида шва
			Ширина	Высота усиления	Глубина провара		
1							
2							
3							

1.2. Определение влияния способа сварки на геометрические размеры швов

1. Собрать встык без зазора и прихватить по пластинам.
2. Вычислить мощность пламени для левого и правого способов и выбрать соответствующие номера наконечников.
3. Наплавить по одному валику, левым и правым способом перпендикулярно стыку.
4. Сломать стык и определить геометрические размеры поперечного сечения швов. Результаты свести в таблицу 3.

Таблица 3. Определение влияния способа сварки на геометрические размеры шва

Номер шва	Способ сварки	Мощность пламени, (л/ч)	Номер сменного наконечника	Размеры швов, мм			Внешний вид шва
				Ширина	Высота усил.	Глубина провара	

1.3. Определение влияния состава пламени на качество шва

Для получения хорошего качества шва при газовой сварке необходимо правильно выбрать присадочный металл, мощность горелки номер наконечника и отрегулировать сварочное пламя.

В зависимости от соотношения кислорода и ацетилена в горючей смеси сварочное пламя может быть нормальным $O_2:C_2H_2=1-1,2$ окислительным, $O_2:C_2H_2>1,2$ и восстановительным – $O_2:C_2H_2<1,1$

Внешним признаком нормального пламени являются резко выраженные три зоны: ядро, имеющее форму закругленного ярко светящегося конуса, восстановительная зона, имеющая по сравнению с ядром более темный цвет, факел располагается за восстановительной зоной и имеет удлиненную конусообразную форму красно- желтого цвета. При окислительном пламени ядро пламени укорочено и заострено и приобретает менее резкие очертания. При сварке таким пламенем интенсивно выгорает углерод, что приводит к образованию газовых пор в шве, выгорание марганца и кремния способствует образованию шлаковых включений и снижению механических свойств шва.

При восстановительном пламени ядро пламени увеличивается, приобретает расплывчатые очертания и начинает коптить из-за недостатка кислорода.

Применение ацетиленового пламени снижает производительность сварки, способствует науглероживанию и обогащению сварочной ванны водородом. При этом жидкий металл кипит, образуя в шве газовые поры.

Таким образом, характер сварочного пламени оказывает большое влияние на качество сварного шва.

Характер сварочного пламени определяется и регулируется сварщиком на глаз по его форме и окраске. Техника регулировки следующая: после зажигания горелки полностью открывают кислородный вентиль и увеличивают подачу ацетилена до появления ацетиленового пара. Затем медленно уменьшают подачу ацетилена до получения нормального пламени. Характер пламени регулируют при помощи ацетиленового запорного вентиля.

В процессе сварки пламя не только расплавляет металл, но и защищает расплавленную ванну от вредного влияния кислорода и азота атмосферного воздуха. Поэтому вид пламени имеет существенное значение. А ещё при сварке необходимо, чтобы расплавленный основной металл и конец присадочного прутка находились все время в восстановительной зоне пламени. Температура этой зоны самая высокая из всех зон и составляет 3200°C .

Оборудование и материалы

1. Пост для сварки горячим лезвием и нагретым газом.
2. Заготовки из листового термопласта толщиной 8-10 мм (из винипласта, оргстекла, полиэтилена и др.) размером 70x150x10 шт.
3. Машина для испытание на растяжение усилием до 1500 кГ.
4. Баллоны со сжатым воздухом, азотом, кислородом.
5. Термометр или потенциометр для замера температуры газа и пластмассы в зоне сварки.
6. Инструмент для разделки кромок.
7. Шлифовальный круг для зачистки шва.

Указания по технике безопасности

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Технологии машиностроения и технологического оборудования», инструкция приведена в Приложении 1. Прохождение инструктажа фиксируется преподавателем в специальном журнале.

Задания

1. Зачистить кромки двух пластин, собрать встык с зазором 2 мм и прихватить по концам.

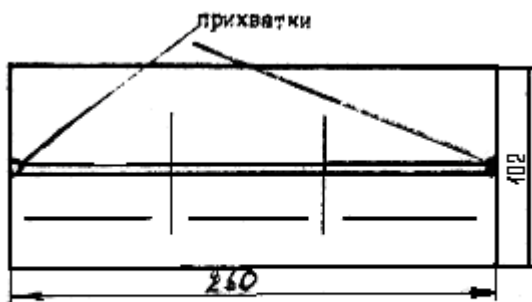


Рисунок 2. Схема сборки свариваемых пластин и наплавки

2. Разметить пластины на три равные участка (мелом).

3. Зажечь горелку, отрегулировать на нормальное пламя. Проварить 1-й участок шва.

4. Отрегулировать пламя с большим избытком кислорода и проварить 2-й участок.

5. Отрегулировать пламя с большим избытком ацетилен и проварить 3-й участок.

6. Осмотреть, зарисовать и описать швы по внешнему виду. Разрушить соединение на прессе.

7. Рассмотреть через лупу излом всех трех участков, подсчитать количество пор и шлаковых включений на каждом участке и обратить внимание на величину зерен. Зарисовать излом.

8. Занести в таблицу результаты исследований.

9. Сделать выводы по результатам исследований.

Таблица 4. Определение влияния характера сварочного пламени на свойства шва при сварке низкоуглеродистой (строительной) стали

Номер участка	Характер пламени	Оценка шва по	Рисунок шва в
---------------	------------------	---------------	---------------

		внешнему виду	изломе с дефектами
1	нормальное		
2	окислительное		
3	восстановительное		

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Методика постановки опытов.
3. Таблица записей и результатов расчетов.
4. Нарастающий график обрывной длины дуги для всех материалов, электродов и флюсов (рисунок 2).
4. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Формула ацетилена.
2. Формула горения ацетилена в кислороде.
3. Соотношение кислорода и ацетилена в нормальном пламени.
4. Соотношение кислорода и ацетилена при восстановительном (ацетиленовом) пламени.
5. Соотношение кислорода и ацетилена при окислительном пламени.
6. Влияние окислительного пламени на качество металла сварного шва.
7. Влияние ацетиленового пламени на качество металла сварного шва.
8. Внешние признаки нормального пламени. Применение.
9. Внешние признаки окислительного пламени. Применение.
10. Внешние признаки ацетиленового пламени. Применение.
11. Строение сварочного пламени.
12. Максимальная температура ацетилено - кислородного пламени.
13. Примерная температура по зонам пламени.
14. Правило зажигания пламени.
15. Правило гашения пламени.

16. Правило регулировки газового пламени.
17. Оборудование и материалы для лабораторной.
18. Схема сборки пластин и наплавки валиков.
19. Ход выполнения работы.
20. Качество сварных швов при разном соотношении кислорода и ацетилена.
21. Что такое мощность пламени? На что она влияет?
22. Формула определения мощности пламени.
23. Коэффициент К при левой и правой сварке.
24. Оборудование для газовой сварки.
25. Как влияет способ сварки на геометрические размеры шва.
26. Техника безопасности при газовой сварке.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>
3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. —

216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_М 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

**Инструкция
по технике безопасности
при проведении лабораторных работ
на установках и оборудовании в лабораториях «Технологии
машиностроения и технологического оборудования»**

Перед началом лабораторной работы

1. Изучить инструкцию по охране труда при работе студентов в технических лабораториях.
2. Пройти инструктаж на рабочем месте. Ознакомиться с безопасными методами выполнения лабораторной работы.
3. Изучить теоретические положения требований методики проведения лабораторной работы.
4. Получить допуск у преподавателя на выполнение лабораторной работы.
5. Ознакомиться с приборами тушения пожара и правилами обращения с огнетушителями ОУ-03, ОП-05, ОВЭ-6(з)-АВЕ-01.
6. Осмотреть оборудование, на котором выполняется лабораторная работа, проверить исправно ли действуют пусковые, регулировочные, остановочные устройства.

Требования безопасности во время работы

1. Приступать к выполнению лабораторной работы можно только после разрешения преподавателя и только на исправном оборудовании после того, как порядок выполнения работы будет полностью усвоен.
2. При выполнении работы быть предельно внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры, не отвлекать других, следить за

показаниями контрольно-измерительных приборов и работой оборудования, бережно относиться к оборудованию, инструменту, приборам и мебели.

3. Запрещается самовольное включение электродвигателя, приборов и другого оборудования, а также открытие и закрытие вентилей, задвижек, снятие крышек, ограждений и перестановка оборудования, не имеющих отношения к выполнению данной лабораторной работы.

4. В ходе выполнения лабораторной работы следить за наличием и прочностью крепления ограждений (кожухов) на всех вращающихся и движущихся частях установки. Запрещается работа на оборудовании при снятых, неисправных или плохо закрепленных ограждениях. До полной остановки вращающихся деталей установок запрещается открывать крышки.

5. Категорически запрещается во время выполнения лабораторной работы становиться на оборудование или влезать на него, становиться на трубопроводы, электропроводку, а также вешать или класть на них посторонние предметы.

6. Запрещается во время работы оборудования касаться руками или другими частями тела вращающихся или движущихся частей установки.

7. При выполнении разборки оборудования снятые сборочные единицы и детали нужно складывать на заранее приготовленные места так, чтобы они не могли упасть. Крупные и тяжелые сборочные единицы укладывают на полу, располагая так, чтобы они не могли опрокинуться.

Не следует в одиночку снимать и устанавливать механизмы и агрегаты значительных габаритов и массы.

8. Запрещается пользоваться неисправным инструментом. Гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов. Не разрешается: применять ключи со смятыми, изношенными или треснувшими губками; применять прокладки при зазоре между плоскостями губок и головок болтов или гаек; наращивать ключи трубами, другими ключами или иным способом. Необходимо следить за исправностью тисков, съемников и других приспособлений. Молотки должны быть надежно насажены на деревянные

ручки и закреплены металлическими клиньями. Отвертка должна выбираться по ширине рабочей части, зависящей от размера шлица в головке шурупа или винта.

9. При выполнении лабораторной работы студент должен быть максимально серьезным и не допускать шалостей и озорства.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. В случае травмирования или при обнаружении неисправности лабораторной установки необходимо прекратить выполнение работы, выключить электрооборудование и сообщить о поломке преподавателю.

2. При обнаружении случайного обрыва заземляющей шины необходимо выключить установку и сообщить преподавателю.

3. При обнаружении возгорания или пожара необходимо сообщить администрации, вызвать пожарную охрану по телефону 01, принять меры к эвакуации пострадавших, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения в соответствии с инструкцией по пожарной безопасности (огнетушители, ящики с песком, расположенные в коридоре кафедры и на лестничной площадке возле аудитории 111).

4. При поражении электрическим током, пострадавшего быстро освободить от действия тока (выключить рубильник, перерубить провод оттянуть его от пострадавшего сухим шестом, рукояткой топора и т.д.), оказать ему срочную первую доврачебную помощь (искусственное дыхание, массаж сердца), вызвать врача. Помощь оказывать до прибытия врача

5. При травмах и мелких порезах пользоваться аптечкой, находящейся в мастерской. Для чего обработать рану, используя стерильный перевязочный материал (марля, салфетки, вата, бинт), а также дезинфицирующие средства (раствор йода, перекись водорода, раствор марганцовокислого кальция и др.).

Требования безопасности по окончании выполнения лабораторной работы.

1. Выключить все электродвигатели установки, обесточить электрошкаф, питающий их.
2. Обесточить линию, питающую установку от распределительного щита.
3. Выключить все приборы, закрыть вентили, задвижки и пр.
4. Привести в порядок рабочее место, убрать ненужные бумаги, инструмент, поставить на место столы, стулья, вымыть руки с мылом и с разрешения преподавателя покинуть лабораторию.
5. Невыполнение требований настоящей инструкции рассматривается как грубое нарушение дисциплины, виновные привлекаются к дисциплинарной ответственности, вплоть до исключения из университета.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических занятий по дисциплине

«Производство сварных конструкций»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

В методических указаниях, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению современных технологических методов сварки в машиностроении в сравнении с другими технологическими процессами. Содержат методику выполнения работ. Предназначены для студентов по направлению подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профиль подготовки: "Технология машиностроения" Квалификация выпускника: Бакалавр

Составители:

канд. техн. наук, доцент Гончаров В.М.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент К.В. Костенко

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Практическая работа № 1-2. Тема: «ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ЭЛЕКТРОДОВ РАЗНЫХ МАРОК И ФЛЮСОВ».....	6
Практическая работа № 3-4. Тема: «СВОЙСТВА СВАРОЧНОЙ ДУГИ».....	14
Практическая работа № 5. Тема: «КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ»	25
Практическая работа № 6-7. Тема: «КОЭФФИЦИЕНТ ПЛАВЛЕНИЯ, НАПЛАВКИ, ПОТЕРЬ НА УГАР И РАЗБРЫЗГИВАНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ».....	32
Практическая работа № 8. Тема: «ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ МЕТОДОМ ОКУНАНИЯ».....	40
Практическая работа № 9-10. Тема: «ДОЛЯ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛЕ ШВА И ПОГОННАЯ ЭНЕРГИЯ»	49
Практическая работа № 11-12. Тема: «РАСЧЕТ И ПРОВЕРКА РЕЖИМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА ПО ЗАДАННОЙ ГЛУБИНЕ ПРОВАРА»	58
Практическая работа № 13-14. Тема: «УСЛОВИЯ ГОРЕНИЯ ДУГИ, ФОРМИРОВАНИЯ ВАЛИКА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА».....	68
Практическая работа № 15. Тема: «ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ».....	76
Практическая работа № 16. Тема: «ДУГОВАЯ И ВОЗДУШНО-ДУГОВАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ».....	83

Введение

Методические указания по дисциплине «Производство сварных конструкций» содержит шестнадцать практических занятий. Основное внимание уделено изучению конструкций и геометрии режущего инструмента, методам его проектирования.

Изготовление конструкций различного назначения с помощью сварки получает все большее распространение во всех промышленно развитых странах. Экономичность изготовления сварных конструкций является основополагающим фактором, обеспечивающим их приоритетное применение по сравнению с литыми, коваными и штампованными конструкциями.

Машиностроение является отраслью с высокоразвитым сварочным производством. Технологический процесс изготовления сварных конструкций включает в себя последовательное выполнение заготовительных, сборочных, сварочных, контрольных, отделочных и других операций.

В условиях широкого применения компьютерных средств проектирования и моделирования технологических процессов роль конструктора и технолога существенно возрастает. Вопросы проектирования и изготовления должны не противопоставляться друг другу, а решаться во взаимной связи. При разработке технологических процессов изготовления сварных конструкций следует стремиться к максимальной замене ручного труда путем комплексной механизации и автоматизации как отдельных операций, так и процесса в целом.

Подробно рассмотрен порядок выполнения каждого занятия, для закрепления материала приводятся контрольные вопросы. Полученные студентами знания и навыки в дальнейшем позволят принимать более эффективные решения при инструментальном обеспечении механосборочного производства.

Выполнение практических занятий необходимо для освоения профессиональных компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2. Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности	ИД-1 _{ПК-2} Анализирует технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности	Анализировать технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-2} Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства	Выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства деталей машиностроения средней сложности.
ПК-3. Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве.	ИД-1 _{ПК-3} Понимает причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.	Понимать причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-3} Разрабатывает методики контроля изделий средней сложности	Разрабатывать методики контроля изделий средней сложности в механосборочном производстве.
	ИД-3 _{ПК-3} Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины	Осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины.

Практическая работа №1-2

Тема: «ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ЭЛЕКТРОДОВ РАЗНЫХ МАРОК И ФЛЮСОВ»

Цель: изучить ионизирующее действие материалов электродных покрытий, электродов разных марок и флюсов по обрывной длине дуги.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: ионизирующее действие материалов электродных покрытий, электродов разных марок и флюсов по обрывной длине дуги.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить скорость электронов, необходимую для ионизации соударением атомов натрия.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками действия материалов электродных покрытий, электродов разных марок и флюсов.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Влияние ионизирующего действия материалов электродных покрытий, электродов разных марок и флюсов на качество сварных изделий в машиностроительном производстве.

Теоретическая часть

Газы даже при температурах, намного превышающих комнатную, состоят из недиссоциированных молекул, т. е. являются изоляторами, а при температуре порядка 1400°C в газе появляются положительно и отрицательно заряженные ионы, которые и делают его проводником электрического тока.

Возникновение дуги обусловлено эмиссией электронов с катода и ионизацией в дуговом промежутке. Выделение электронов с поверхности катода достигается за счет термоэлектронной, автоэлектронной эмиссии и эмиссии в результате ударов положительных ионов по катоду. Ионизацию

дугового промежутка вызывают следующие факторы: нагрев (термическая ионизация), облучение (фотоионизация), соударение.

Ионизация соударением заключается в том, что электроны, движущиеся с большой скоростью, встречаясь с нейтральными атомами газа, ударяются о них, выбивают электроны, ионизируют атомы. Количество энергии, которое необходимо затратить для отрыва электрона от атома, называют работой ионизации eV , которая будет различной для разных элементов. Работу ионизации при расчетах необходимой скорости электрона будем принимать равной потенциалу ионизации, выраженному в вольтах.

Зная, что на основании закона сохранения энергии приращение кинетической энергии электрона $mv^2/2$ должно равняться работе, затраченной на перемещение электрона, можно написать следующее уравнение:

$$mv^2 = eU, \quad (1)$$

где m — масса электрона ($9,1 \times 10^{-28}$), кг; v — скорость электрона, м/с; e — заряд электрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$), Кл; U — разность потенциалов на участке пути, пройденном электродом, В. Из уравнения (1) скорость электронов

$$v = \sqrt{2eUm}$$

Подставляя в это выражение e и m , получаем скорость электронов в м/с или км/с, т.е.

$$v = 6 \cdot 10^5 \sqrt{U}, \text{ или } v = 600 \sqrt{U} \quad (2)$$

Для стабильного горения дуги необходимо, чтобы в ее столбе все время, находились заряженные частицы, количество которых уменьшается вследствие рекомбинации. Ионизирующее действие материалов определяется не только потенциалом ионизации, но и упругостью пара данного соединения или простого вещества, так как упругость пара определяет скорость испарения и тем самым концентрацию легкоионизирующихся атомов в атмосфере дуги. Поэтому эффективный потенциал ионизация любой газовой смеси

определяется не только потенциалом ионизации, но и концентрацией элементов в дуговом промежутке.

Температура столба дуги зависит от эффективного потенциала ионизации газов, заполняющих дуговой промежуток, плотности тока в электроде, напряженности поля, полярности и др. Для приближенных расчетов температуры столба дуги можно пользоваться следующим уравнением:

$$T_{ст} = 810U_{и.эф} \quad (3)$$

Здесь $T_{ст}$ - температура столба дуги, К;

$U_{и.эф}$ - эффективный потенциал ионизации, эВ.

Введение в состав электродных покрытий и флюсов элементов с низким потенциалом ионизации способствует быстрому зажиганию и устойчивому горению сварочной дуги за счет снижения эффективного потенциала ионизации газовой смеси. Об ионизирующем действии материалов электродных покрытий и флюсов можно судить по обрывной длине дуги.

1.1. Примеры решения задач

Задача 1. Определить скорость электронов, необходимую для ионизации соударением атомов натрия, если $U_{иNa} = 5,1$ эВ.

Решение

Скорость электронов, определяемая по формуле(2),

$$v_{Na} = 600\sqrt{U_{иNa}} = 600\sqrt{5,1} = 1350 \text{ км/с}$$

Ответ. $v_{Na} = 1350$ км/с.

Задача 2. Определить эффективный потенциал ионизации, если температура столба дуги $T_{ст} = 4413$ К.

Решение

Эффективный потенциал ионизации определяется из формулы (3), т.е.

$$u_{\text{эф}} = T_{\text{ст}}/810 = 4413/810 = 5,46 \text{ эВ.}$$

Ответ: $u_{\text{эф}} = 5,46 \text{ эВ,}$

1.2. Задачи для решения

Задача 3. Определить скорость электронов, необходимую для ионизации соударением атомов цезия ($U_{\text{и Cs}} = 3,8 \text{ эВ}$), кислорода ($U_{\text{и O}} = 13,6 \text{ эВ}$), гелия ($U_{\text{и He}} = 24,5 \text{ эВ}$). Кальция ($U_{\text{и Ca}} = 6,1 \text{ эВ}$).

Задача 4. Определить эффективный потенциал ионизации, если $T_{\text{ст}}$ равна 12 026 и 13 010 К.

Задача 5. Определить температуру столба дуги, горящей в парах кальция, гелия.

Задача 6. Определить температуру столба дуги, горящей в газовой смеси паров, состоящей из 5% калия и 95% железа ($U_{\text{и.эф}} = 5,46 \text{ эВ}$), из 50%калия и50%железа ($U_{\text{и.эф}}=4,61 \text{ эВ}$).

Вопросы

1. Электронная эмиссия, виды эмиссии.
1. Потенциал ионизации, работа выхода и их влияние на условия горения дуги.
2. Какие элементы способствуют увеличению обрывной длины дуги и почему?
3. Что принято понимать под степенью ионизации и эффективным потенциалом ионизации?
4. Какие элементы способствуют ионизации дугового промежутка в электродах марок АНО-4С и УОНИ-13/45?

Задания

Опыт 1. Изучить обрывную длину дуги, горящей между металлическим стержнем и пластиной с исследуемыми материалами (материалы: сталь 10, 20,

40; мел, мрамор, кварцевый песок, поташ и др. и флюс АН-348, ток постоянный прямой полярности).

1. Подобрать силу тока короткого замыкания ($I_{кз} = 200 \text{ А}$) для стрежня ($d=4 \text{ мм}$).

2. Собрать схему согласно рисунка 1.

3. Зачистить пластину металлической щеткой.

4. Закрепить металлический стержень в штатив, обеспечивая вылет 200-250 мм, так, чтобы расстояние от торца электрода до поверхности пластины было 3-4 мм. Это расстояние устанавливается поворотом винта, по которому перемещается гайка с закрепленным электрододержателем или лопаткой соответствующей толщины.

5. Зажечь дугу между стержнем и пластиной кратковременным замыканием стержня и пластины с помощью заточенного угольного электрода. Отметить показания вольтметра в момент обрыва дуги.

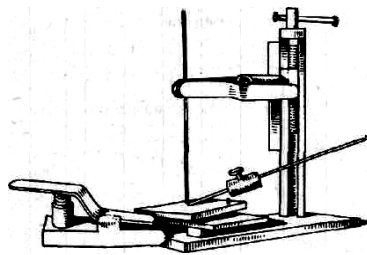


Рисунок 1. Размещение оснастки для определения обрывной длины дуги

6. После естественного обрыва дуги отключить сварочную цепь и замерить обрывную длину дуги, фиксируя положение стрелки в момент обрыва дуги и после перемещения электрода поворотом винта до упора о поверхность наплавленного металла (или линейкой).

Результаты всех измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты опытов

Материал, флюс, марки	Род тока и поляр-	Напряжение в момент обрыва дуги, В			Размеры обрывной длины дуги, мм			
		Замер			Среднее значение			Среднее значение

Повторить опыт, нанося на пластину под стальной стержень слой исследуемого материала толщиной 1 мм. Для всех опытов количество наносимого на пластину материала должно быть примерно одинаковым. Опыт 1 проделать на переменном токе с полевым и плавиковым шпатом.

Опыт 2. Изучить обрывную длину дуги, пользуясь электродами марок АНО-4С, УОНИ-13/45 и голым стержнем (ток постоянный - прямая и обратная полярности - и переменный)

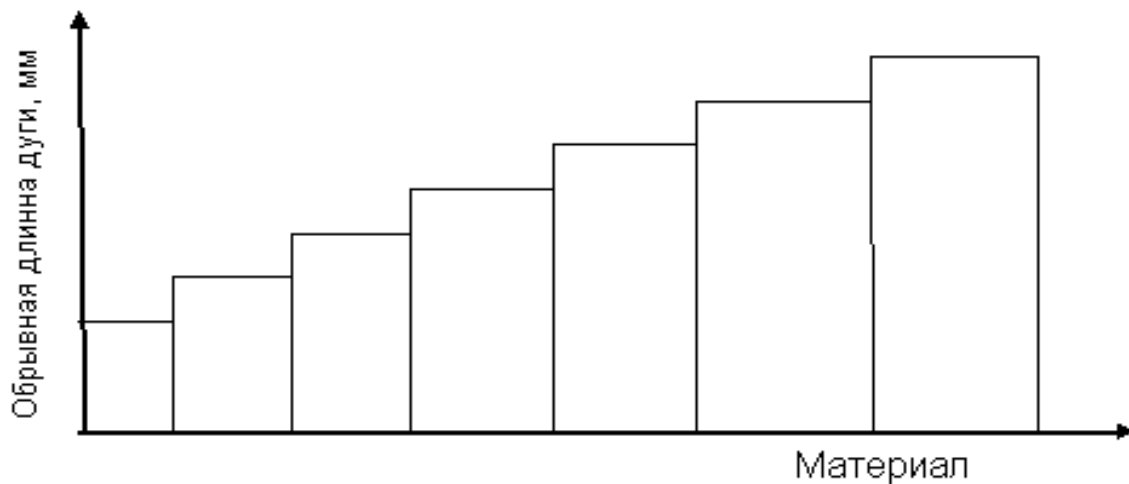


Рисунок 2. Схема нарастающего графика

1. Зачистить торцы электродов.
2. Вместо металлического стержня закрепить в штатив электрод типа Э38, фиксируя расстояние от его торца до пластины поворотом винта или специальной линейкой.
3. Повторить пп. 5, 6 опыта 1.

4. Прodelать опыт с электродами марок АНО-4С и УОНИ-13/45.

Каждый опыт произвести три раза, считая обрывной длиной дуги среднее значение.

При выполнении опытов необходимо стержень и пластину тщательно очистить от остатков ранее нанесенного материала, так как небольшое количество оставшегося материала может заметно изменить значение эффективного потенциала ионизации, а следовательно, и значение обрывной длины дуги.

Данные всех замеров и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа №3-4

Тема: «СВОЙСТВА СВАРОЧНОЙ ДУГИ»

Цель: изучить свойства сварочной дуги в зависимости от технологических условий сварки, рода и полярности тока.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: свойства сварочной дуги, рода и полярности тока.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнять эскиз расположения дуги между электродом и пластиной.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками перемещения пластины вправо или влево от токоподвода, поворачивать электрод относительно пластины примерно на углы 45-60°, фиксируя при этом форму и положение дуги относительно места подвода тока к пластине.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается влияние постоянного тока различных магнитных полей на сварочную дугу. Рассматривается явление, которое называется магнитным дутьем.

Теоретическая часть

Устойчивость сварочной дуги и возможность направления ее в определенное место при сварке постоянным током зависят от направления действия результирующего магнитного поля вокруг дуги, которое часто вызывает отклонение дуги от нормального положения. Такое явление называют *магнитным дутьем*.

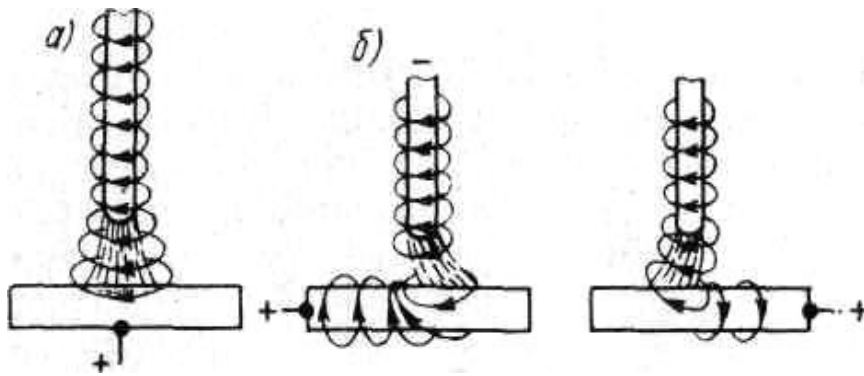


Рисунок 1. Влияние положения токоподвода на отклонение дуги:

а -токоподвод совпадает с осью дуги; *б* – ток к изделию подведен слева от дуги; *в* – ток к изделию подведен справа от дуги

Столб сварочной дуги можно рассматривать как гибкий проводник электрического тока, который, как и обычный проводник током, под воздействием магнитного поля отклоняется в сторону наименьшего сгущения магнитных силовых линий.

Рассмотрим влияние постоянного тока различных магнитных полей и ферромагнитных масс на сварочную дугу. Электрическая дуга под воздействием собственного магнитного поля будет отклоняться в зависимости от места подключения к изделию токоподвода в сторону разряжения магнитных силовых линий (рисунок 1). В результате взаимодействия магнитного поля столба дуги с поперечным магнитным полем дуга будет отклоняться в сторону наименьшей магнитной индукции (рисунок 2).

На дугу также оказывает влияние продольное магнитное поле соленоида, параллельное оси столба дуги и электрическому полю. Такое магнитное поле не оказывает никакого действия на заряженные частицы, движущиеся в направлении электрического поля, но на заряженные частицы, перемещающиеся в поперечном направлении этого поля, оно оказывает заметное влияние. Так как температура центральной части столба дуги выше периферийной, то диффузия частиц начинается в направлении меньшей температуры по радиусу.

При движении в радиальном направлении заряженные частицы пересекают магнитное поле, которое, взаимодействуя с ними, создает силу F (рисунок 3), действующую на частицы перпендикулярно к магнитному полю. В результате частицы столба дуги будут вращаться по окружности. Но, кроме того, на них действует и продольное электрическое поле, под воздействием которого частицы перемещаются по вертикали в направлении силы F' . Таким образом, совместное действие продольного магнитного и электрического полей заставляет заряженные частицы двигаться по спирали под действием результирующей силы F . Возникающая при этом центростремительная сила стягивает столб к вертикальной оси.

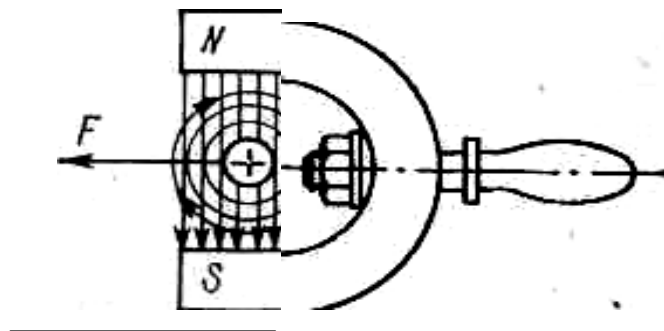


Рисунок 2. Отклонение дуги в зависимости от направления тока или расположения подковообразного магнита

Влияние ферромагнитных масс на отклонение дуги обусловлено тем, что магнитная проницаемость их в тысячи раз больше магнитной проницаемости воздуха и магнитные силовые линии стремятся замкнуться по пути

наименьшего сопротивления. Концентрическое магнитное поле вокруг дуги исказится и она окажется прижатой к ферромагнитному телу.

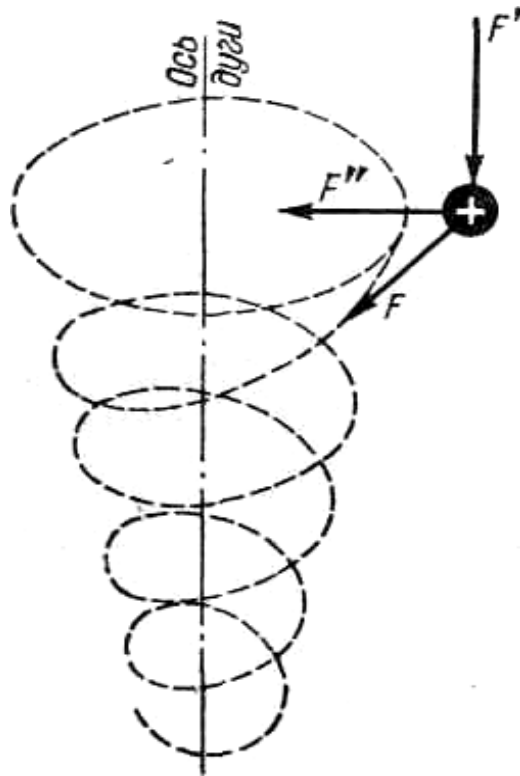


Рисунок 3. Схема действия сил на ион в сварочной дуге при наличии продольного магнитного поля

В случае сварки на переменном токе магнитное дутье будет значительно меньше или совсем незаметно. Это происходит по той причине, что изменяющийся по величине и направлению магнитный поток дуги, пронизывающий ферромассу, наводит в ней вихревые токи, которые создают собственное магнитное поле, направленное против магнитного поля сварочного тока.

Вопросы

1. Что называется сварочной дугой; процессы, протекающие на отдельных ее участках?
2. Влияние на сварочную дугу рода тока, материала электродов и состава газов.
3. Влияние собственного магнитного поля и наклона электрода на

сварочную дугу.

4. Как влияют на дугу посторонние поперечное и продольное магнитные поля?
5. Почему сварочная дуга притягивается к ферромагнитной массе?
6. Как и почему полярность при наплавке угольным электродом влияет на твердость наплавки?

Задания

Опыт 1. Изучить влияние собственных магнитных полей на сварочную дугу, горящую между угольными электродами (постоянный ток).

Закрепить угольные электроды в держатели.

Закрепить длинный держатель в электрододержатель, на штативе, а короткий – в электрододержатель сварочного провода.

Подобрать силу тока короткого замыкания 230 А (в отчете указать действительную силу сварочного тока по прибору).

Возбудить дугу между угольными электродами при горизонтальном положении электродов. При горении дуги поворачивать один электрод относительно другого на углы примерно 120, 90, 60° (рисунок 4).

Уяснить сущность происходящего явления и эскизно изобразить расположение и форму дуги при разных углах между электродами.

Опыт 2. Изучить дугу между угольными электродами и металлической пластиной при различных ее положениях по отношению к токопроводу.

Закрепить электрододержатель на контактной планке подставки.

Возбудить дугу при таком положении электрода, чтобы подвод тока к пластине совпадал с осью угольного электрода (рисунок 5).

1. В процессе горения дуги перемещать пластину вправо или влево от токоподвода, поворачивать электрод относительно пластины примерно на углы 45-60°, фиксируя при этом форму и положение дуги относительно места подвода тока к пластине. Опыты 1 и 2 повторить на переменном токе.

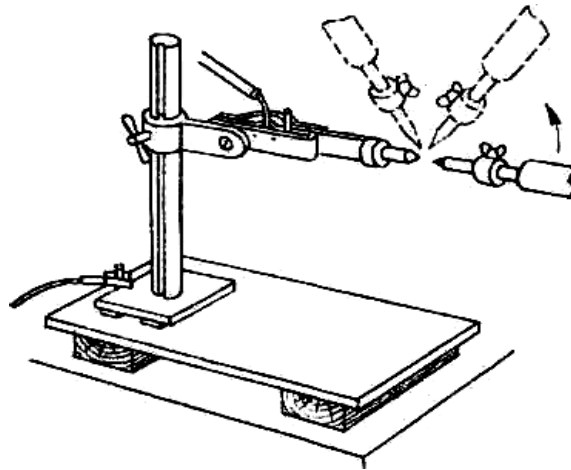


Рисунок 4. Взаимное расположение угольных электродов при изучении влияния собственных магнитных полей

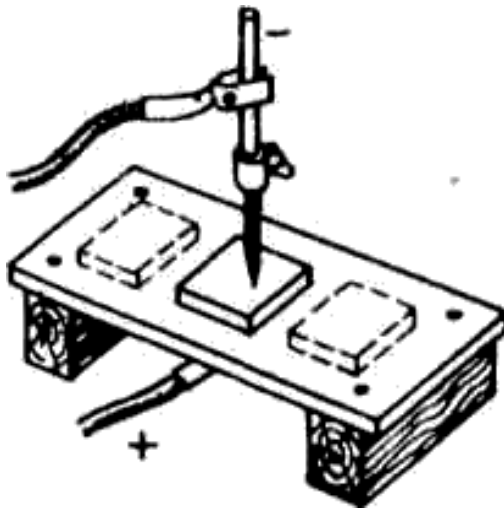


Рисунок 5. Влияние места расположения токоподвода на отклонение дуги

Опыт 3. Изучить влияние постороннего поперечного магнитного поля на сварочную дугу (постоянный ток).

1. Возбудить дугу между пластиной и угольным электродом.
2. Во время горения дуги поднести к ней подковообразный магнит, как указано на рисунке 2.
3. Изменить направление магнитного поля подковообразного магнита поворотом его на 180° . Уяснить сущность явлений, происходящих с дугой, и эскизно изобразить расположение дуги между электродом и пластиной.

Опыт 4. Изучить действие продольного магнитного поля соленоида на сварочную дугу (постоянный ток прямой полярности).

1. Заменить короткий держатель, закрепленный в

электрододержателе сварочного провода, длинным.

2. Установить соленоид на подставку и подключить его последовательно в сварочную цепь (рисунок 6).

3. Уложить пластину на подставку внутри соленоида.

4. Возбудить дугу внутри соленоида между пластиной и угольным электродом.

5. В процессе горения дуги изменять ее длину и следить за характером ее горения. Уяснить сущность происходящего явления и эскизно изобразить форму дуги между электродом и пластиной.

Опыт 5. Изучить дугу вблизи ферромагнитных масс (постоянный ток).

1. Закрепить длинный держатель в электрододержатель на штативе, а другой – в электрододержатель сварочного провода.

2. Уложить стальной брус на подставку.

3. Установить штатив с держателем на сварочный стол так, чтобы угольный электрод был расположен на расстоянии 10-15 мм от бруса, а от подставки на 20-25 мм, затем возбудить дугу между угольными электродами. Оси электродов должны совпадать и находиться в горизонтальном положении (рисунок 8). Повторить опыт на переменном токе. Уяснить сущность происходящего явления и эскизно изобразить расположение дуги между двумя угольными электродами и стальным бруском.

4. **Опыт 6.** Изучить дугу вблизи ферромагнитной массы и на конце пластины.

5. Убрать штатив. Подключить электрододержатель к токоподводу внизу подставки.

6. Возбудить дугу между электродом и пластиной, размещенной на подставке (рисунок 9).

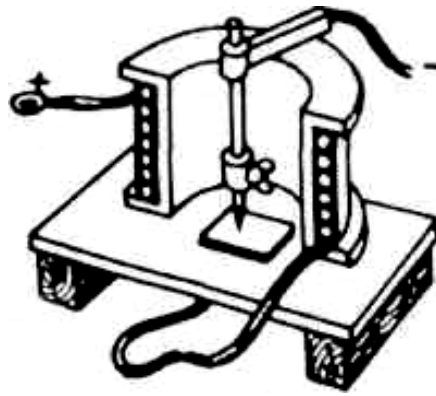


Рисунок 6. Взаимное расположение соленоида и электрода

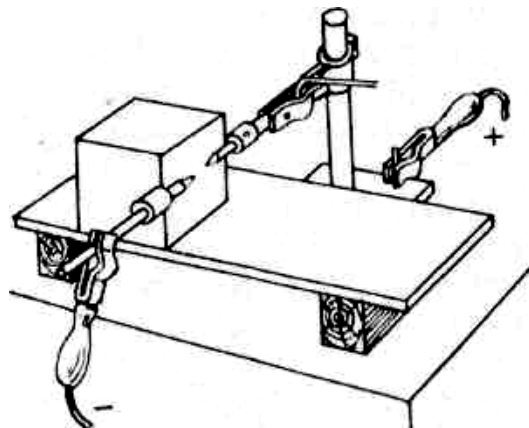


Рисунок 7. Размещение подковообразного магнита по отношению к дуге

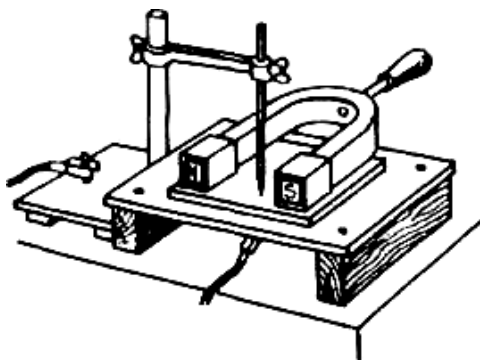


Рисунок 8. Размещение ферромагнитной массы и электрода

Подвести дугу к стальному брусу, держа электрод под углом 90° по отношению к пластине на расстоянии 5-10 мм. Наблюдать, как будет

располагаться дуга, затем повернуть электрод по отношению к пластине на угол 60° и также наблюдать расположение дуги.

Переместить пластину на край подставки. Далее возбудить дугу у кромки пластины, располагая электрод по отношению к ней под углом 90° . Опыт проделать с металлическим электродом на постоянном токе и повторить его с угольным и металлическим электродами на переменном токе. Уяснить сущность происходящего явления с дугой и эскизно изобразить расположение дуги.

Опыт 7. Установить влияние полярности тока при сварке угольной дугой на насыщение основного металла углеродом.

1. Зачистить пластину.

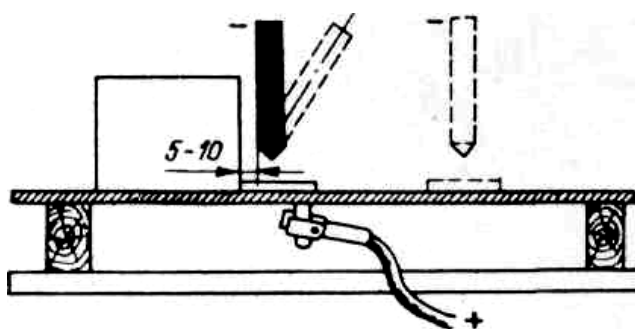


Рисунок 9. Размещение электрода по отношению к токоподводу и ферромагнитной массе

Подобрать силу тока для электрода ($d_{эл} = 10$ мм, $J_{св} = 250-270$ А).

На прямой полярности возбудить дугу и расплавить в течение 60-90 с небольшой участок пластины диаметром 20-25 мм. Опыт повторить при обратной полярности.

После охлаждения в воде зачистить на наждачном круге среднюю часть участка, подвергшегося расплавлению. Проверить твердость этого участка и основного металла. Сопоставить твердость участка с твердостью основного металла.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиляков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>
3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.
4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : Новое знание, 2009. – 670 с. : ил. – (Техническое образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 662. – ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа №5

Тема: «КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ»

Цель: ознакомление с методикой определения эффективного к. п. д. нагрева изделия дугой.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: практическое определение к. п. д. нагрева изделия дугой.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить эффективную тепловую мощность дуги.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой определения эффективного к. п. д. нагрева изделия дугой.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Дает понятие о тепловом эквиваленте электрической мощности дуги и эффективной тепловой мощности дуги, которые являются существенными факторами для определения коэффициента полезного действия дуги.

Теоретическая часть

Электрическая энергия, потребляемая дугой, в основном превращается в тепло. Тепловую мощность дуги можно принять равной тепловому эквиваленту Q (Дж/с) электрической энергии, пренебрегая теплом, идущим на химические реакции в дуговом промежутке и несколько меняющим тепловой баланс дуги. Тепловой эквивалент электрической мощности можно определить по формуле

$$Q = k I_{CB} U_{CB}, \quad (4)$$

где k — коэффициент, учитывающий влияние, оказываемое несинусоидальностью кривых напряжения и тока на мощность дуги переменного тока, принимается равным 0,70-0,97 (при постоянном токе $K=1$);

I_{CB} — сила тока сварки, А;

U_{CB} — напряжение дуги, В.

Не все тепло сварочной дуги идет на нагрев изделия: часть тепла затрачивается на нагревание не расплавившейся части электрода, часть на излучение в окружающее пространство, некоторое количество тепла теряется с каплями электродного металла при его разбрызгивании. Поэтому вводят понятие эффективной тепловой мощности дуги. Эффективная тепловая мощность дуги – это количество теплоты, введенное в металл изделия в единицу времени, равное

$$Q_{эф} = q_0 / t, \quad (5)$$

где q_0 – количество теплоты, введенное в металл изделия, Дж;

t – время горения дуги, с.

Потери тепла дуги на излучение, нагревание электрода за счет прохождения сварочного тока для различных способов сварки будут разными.

Величиной, характеризующей тепло, расходуемое на нагрев и плавление основного и электродного металлов, является коэффициент полезного действия дуги η , который представляет собой отношение эффективной тепловой мощности дуги к тепловому эквиваленту ее электрической мощности, т. е.

$$\eta = Q_{эф} / Q \quad (6)$$

Эффективный к. п. д. зависит от технологических условий сварки.

Сварка открытой металлической дугой 0,50—0,85

под слоем флюса 0,80—0,95

угольной дугой..... 0,50—0,65

Эффективная тепловая мощность сварочной дуги может быть определена калориметрическим методом.

1.1. Примеры решения задач

Задача 1. Определить эффективную тепловую мощность дуги, если сварка производится толстопокрытыми электродами $U_{CB} = 28$ В, $I_{CB} = 240$ А и $\eta = 0.7$.

Решение

1. Тепловой эквивалент электрической мощности рассчитывается по формуле (4)

$$Q = 1 \cdot 240 \cdot 28 = 6720 \text{ Дж/с.}$$

2. Эффективная тепловая мощность определяется из формулы (6)

$$Q_{\text{эф}} = Q \cdot \eta = 6720 \cdot 0,7 = 4704 \text{ Дж/с}$$

$$Q_{\text{эф}} = 4704 \text{ Дж/с}$$

Ответ

1.2. Задачи для решения

Задача 2. Определить эффективную тепловую мощность дуги, если сварка производится электродами с тонким покрытием при $I_{\text{св}} = 180 \text{ А}$, $U_{\text{св}} = 24 \text{ В}$, $\eta = 0,6$.

Задача 3. Определить силу тока, протекающего по сварочной цепи, если эффективная тепловая мощность дуги равна 9400 Дж/с , $U_{\text{св}} = 30 \text{ В}$, $\eta = 0,9$.

Задача 4. Определить эффективную тепловую мощность дуги при сварке неплавящимся электродом в среде аргона, если тепловая мощность дуги $Q = 16\,000 \text{ Дж/с}$, а $\eta = 0,5$.

Вопросы

1. Понятие об электрической и тепловой электрической мощности и их аналитическое выражение.
2. Что такое эффективная тепловая мощность дуги и что характеризует к. п. д. сварочной дуги?
3. Что такое тепловой баланс дуги и величина к. п. д. для основных способов электрической сварки плавлением?
4. Как практически определяется к. п. д. сварочной дуги?
5. Почему при малом вылете электрода может применяться большая плотность тока?

Задания

В настоящей работе при определении количества теплоты q_0 , введенного в пробу, допускается неточность, так как в калориметр вводится проба со шлаком. Количество теплоты, введенное шлаком, не учитывается, что в связи с учебно-познавательным характером работы считается допустимым.

Опыт 1. Определить к. п. д. нагрева изделий дугой при наплавке валиков электродами разных марок.

Зачистить и замаркировать пластины.

Взвесить калориметрический сосуд с мешалкой с точностью до 2 г.

Налить в калориметрический сосуд воду (3-3,5 л), взвесить с точностью до 2 г и разместить его на подставке в бачке калориметра (рисунок 1).

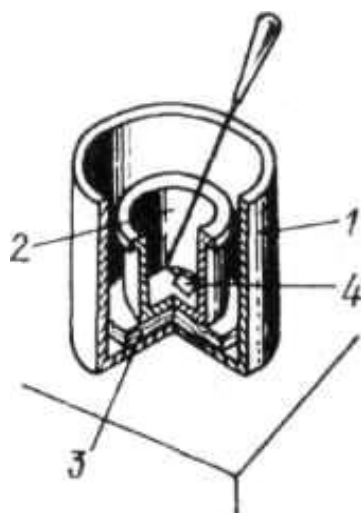


Рисунок 1. Калориметр

1. Уложить пластину на опоры, установленные на сварочном столе.
2. Перемешать воду и зафиксировать начальную температуру с точностью до 1°C .
3. Произвести наплавку валика электродом типа Э38 в течение 20—25 с, фиксируя время горения дуги, сварочный ток, напряжение на дуге.
4. Выполненную пробу быстро поместить калориметрический сосуд.
5. Перемешать воду и замерить установившуюся температуру T_{max} .
6. Вынуть пробу из калориметра, очистить от шлака и брызг,

высушить и взвесить.

Соблюдая указанный порядок работы, выполнить наплавку еще двумя-тремя электродами типа Э46, Э46А.

10. Определить тепловой эквивалент электрической мощности дуги, эффективную тепловую мощность и к. п. д. сварочной дуги по формулам (4) – (6).

Опыт 2. Определить к. п. д. нагрева изделия дугой при наплавке валика на автомате или полуавтомате под слоем флюса.

1. Прodelать все операции опыта 1, выполняя при этом наплавку валиков на автомате или полуавтомате.

2. Найти Q , $Q_{\text{эф}}$, q_0 , η по соответствующим формулам. Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1 Результаты опытов

Марка электрода, проволоки, флюса	Результаты замеров									Результаты расчетов		
	Масса, г			Режим			Температура воды, °С			Тепловая мощность, Дж/с		К. п. д. дуги, %
	калориметрического сосуда с мешалкой	воды	пробы	Сила тока, А	Напряжение, В	Время горения дуги, с	начальная	максимальная	Воздух	полная	эффективная	

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический

университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жияяков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_М 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа №6-7

Тема: «КОЭФФИЦИЕНТ ПЛАВЛЕНИЯ, НАПЛАВКИ, ПОТЕРЬ НА УГАР И РАЗБРЫЗГИВАНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ»

Цель: изучить влияние рода и силы тока, марки электродов на коэффициенты плавления и наплавки, потерь на угар и разбрызгивание, определить производительность при ручной наплавке.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: влияние рода и силы тока, марки электродов на коэффициенты плавления и наплавки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить производительность при ручной наплавке.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения влияния сварочного тока, коэффициента наплавки, коэффициента плавления на производительность процесса электрической дуговой сварки.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается влияние сварочного тока, коэффициента наплавки, коэффициента плавления на производительность процесса электрической дуговой сварки.

Теоретическая часть

На производительность процесса электрической дуговой сварки влияют следующие факторы: 1) сварочный ток; 2) коэффициент плавления a_p ; 3) коэффициент наплавки a_n , который обычно меньше a_p , так как не весь расплавленный электродный металл переходит в шов: часть его выгорает, часть разбрызгивается.

Потери металла на угар и разбрызгивание, а также значения коэффициентов плавления и наплавки зависят от сварочного тока. Увеличение

тока приводит к повышению температуры дуги, т. е. к интенсивности расплавления электрода и ускорению протекания химических реакций. Следовательно, с увеличением тока $a_{\text{э}}$ и $a_{\text{н}}$ увеличиваются, но на разные значения, так как увеличение температуры дуги приводит к увеличению количества образующихся газов и повышению их давления в капле, а значит, к повышению потерь на угар и разбрызгивание.

На величины $a_{\text{э}}$ и $a_{\text{н}}$, на потери от угара и разбрызгивание влияют количество тех или иных примесей в электродном металле и электродном покрытии, а также температура стержня электрода. В начальный момент сварки скорость плавления электродного металла небольшая, но по мере разогрева электрода джоулевым теплом проходящего по нему тока скорость его плавления увеличится в два раза, т. е. на 100% и более при значительных плотностях тока. При этом увеличиваются $a_{\text{э}}$ и $a_{\text{н}}$, потери же на угар и разбрызгивание практически не изменяются. Качество наплавки или шва будет обеспечено, если скорость плавления электрода вначале будет отличаться от скорости в конце не более чем на 30%. Джоулево тепло определяется уравнением

$$Q = J^2 R t \quad (1)$$

Покрытие электродов существенно влияет на коэффициенты плавления, наплавки и на коэффициент потерь, который равен

$$\psi = \frac{a_{\text{э}} - a_{\text{н}}}{a_{\text{э}}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$\psi = \frac{G_{\text{р}} - G_{\text{н}}}{G_{\text{р}}} \cdot 100 \quad (3)$$

Коэффициент плавления толстопокрытых электродов значительно уменьшается по сравнению с коэффициентом голых и тонкопокрытых электродов за счет того, что некоторое количество теплоты дуги расходуется

на плавление, испарение и разложение покрытия, но прямой зависимости $a_э$ от толщины покрытия нет.

Коэффициент потерь φ толстопокрытых электродов уменьшается по сравнению) с коэффициентом голых электродов за счет того, что материалы покрытий при испарении дают дополнительное количество газа, который увлекает за собой в шов пары металла и мелкие капли.

Коэффициент наплавки $a_н$ электродов с толстым покрытием обычно меньше коэффициента плавления, за исключением тех случаев, когда в покрытие входит большое количество металлических составляющих.

На $a_э$ и $a_н$ оказывают влияние полярность тока, тип соединения, положение шва в пространстве и т. д.; установлено, что род сварочного тока (существенно их не меняет. С' переходом на переменный ток в некоторой степени уменьшается ψ , но производительность практически не изменяется. Исследования показали, что $a_э$, $a_н$ и ψ будут иметь разные значения (при прочих равных условиях) при сварке электродами различных марок.

Примеры решения задач

Задача 1. Определить количество расплавленного металла, если сварка производится электродами УОНИ-135/45 при силе тока $J_{ев} = 160$ А, времени сварки $t=0,32$ ч и $a_э = 8,5$ г/(А·ч).

Решение

Масса расплавленного металла определяется по формуле

$$G_э = a_э \cdot I_{св} \cdot t, \quad (4)$$

Где t – время горения дуги, ч.

Следовательно,

$$C_э = 8,5 \times 160 \times 0,32 = 435 \text{ г. Ответ. } C_э = 435 \text{ г.ч.}$$

Задачи для решения

Задача 2. Определить количество наплавленного металла, если сварка производится электродами АНО-4С при силе тока $I_{св} = 140$ А, времени сварки $t = 0,02$ ч.

Задача 3. Определить количество наплавленного металла, если сварка производится электродами УОНИ-13/45 при электрической мощности, потребляемой дугой, $N = 4320$ Вт, напряжении на дуге $U_{св} = 24$ В; время сварки $t = 0,081$ ч.

Задача 4. Определить количество наплавленного металла, если сварка производится электродами 12АН/Л11ВТ при электрической мощности, потребляемой дугой, $N = 4400$ Вт, напряжении на дуге $U_{св} = 22$ В, длине шва $l = 0,42$ м, скорости сварки $V_{св} = 0,14$ м/с.

Задача 5. Определить коэффициент наплавки a_n , если известны коэффициенты плавления $a_p = 14$ г/(А-ч) и потерь $\psi = 20$ %.

Вопросы

1. От каких факторов зависит производительность электрической сварки плавящимся электродом?
2. Что характеризует коэффициенты плавления, наплавки, потерь; их единицы измерения и значение для основных марок электродов?
3. Почему коэффициент плавления a_p в начале и конце плавления электрода разный?
4. Как влияет плотность тока на размер потерь при ручной дуговой сварке?
5. В каких случаях коэффициент наплавки может оказаться больше коэффициента плавления?
6. Почему коэффициент наплавки при сварке электродами ЭА-395/9 будет больше, чем при сварке электродами УОНИ-13/45?

Задания

Опыт 1. Определить коэффициенты плавления, наплавки и потерь на угар и разбрызгивание при наплавке валиков электродами разных марок дугой, питаемой постоянным током.

- Зачистить пластину.
- Взвесить пластину с точностью до 1 г.
- Замаркировать концы электродов условными обозначениями.
- Определить массу металлического стержня электрода по формуле

$$g_{cm} = \frac{\pi d}{4} \gamma l \quad (5)$$

где d — диаметр стержня, см; γ — плотность, г/см³; l — длина электрода, см.

Для какой-либо марки электродов с толстым покрытием определить коэффициент массы покрытия (%) путем взвешивания с погрешностью до 0,1 г, рассчитывая по формуле

$$k_n = \frac{g_{эл} - g_{cm}}{g_{cm}} \quad (6)$$

Здесь $g_{эл}$, g_{cm} — соответственно массы покрытого электрода и покрытой части электродного стержня, г.

Подобрать действительную силу сварочного тока, например 160 А, немаркированным электродом на вспомогательной пластине. При переходе к наплавке электродами другой марки установленная по амперметру сила тока будет произвольно меняться, поэтому необходимо в процессе наплавки отмечать действительную силу тока по амперметру, которую затем использовать при расчетах.

При установленной силе сварочного тока наплавить на пластину валик электродом типа Э38, оставляя огарки длиной не более 40 мм. Зафиксировать точное время горения дуги и силу тока.

Подсчитать массу огарка по формуле (8).

Охладить пробу с наплавленным валиком, высушить тщательно очистить от брызг и шлака.

Взвесить пробку с наплавленным валиком.

Определить коэффициенты плавления и наплавки по следующим формулам:

$$\alpha_{\text{э}} = G_{\text{э}} \cdot 3600 / (I_{\text{св}} t), \quad (7)$$

где

$$G_{\text{э}} = g_{\text{ст}} - g_{\text{ог}}; \quad (8)$$

$$\alpha_{\text{н}} = G_{\text{н}} 3600 / I_{\text{св}} t \quad (9)$$

$$G_{\text{н}} = G_{\text{н.н}} - G_{\text{д.н}} \quad (10)$$

Где $g_{\text{ст}}$ – масса стержня, г;

$g_{\text{ог}}$ – масса огарка, г;

t – время горения дуги, с;

$G_{\text{н.н}}, G_{\text{д.н}}$ – соответственно массы пластин после и до наплавки валиков,

г.

Рассчитать коэффициент потерь на угар и разбрызгивание по формуле (3).

Определить теоретическую производительность, кг/ч,

$$G = \alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}} \cdot t / 1000, \quad (11)$$

где t — время горения дуги, ч.

По ранее указанной методике проделать пп. 3-10 электродами марок УОНИ-13/45, ЦТ-15 и порошковым на постоянном токе обратной полярности, а электродом марки АНО-4 на переменном токе.

Для одной марки электродов опыт повторить три раза в одинаковых условиях и вычислить среднее значение определяемых данных.

На основании расчетных данных построить графики зависимости $\alpha_{\text{э}}, \alpha_{\text{н}}, G_{\text{н}}$ от $I_{\text{св}}$ для данной марки электродов.

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты опытов

Марка элект- рода	Результаты замеров							Результаты расчетов					
	Масса, г				Режим			Масса, г		Коэффициент			Производительность, кг/ч
	металлического стержня, электрода		пластины										
	до наплавки	после наплавки	до наплавки	после наплавки	Род тока и полярность	Сила тока, А	Время горения дуги, с	расплавленного электрода металла	наплавленного металла	Плавления г/(А·ч)	наплавки, г/(А·ч)	потеря, %	

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>
3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_М 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа № 8

Тема: «ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ МЕТОДОМ ОКУНАНИЯ»

Цель: ознакомиться с технологией изготовления электродов методом окунания и контролем качества покрытия электродов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологию изготовления электродов методом окунания и контролем качества покрытия электродов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проверять качество электродов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методами определения качества покрытия электродов.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается технология изготовления электродов методом окунания, преимущество и недостатки этого метода по сравнению с другими способами (опрессовка, опудривание), а также методы определения качества покрытия электродов.

Теоретическая часть

Стальные электроды применяются при дуговой электрической сварке конструкционных, легированных сталей, сталей с особыми свойствами, при сварке чугунов и. при наплавке. Металлические электроды для дуговой сварки черных металлов в зависимости от толщины покрытия подразделяются на электроды с тонким (ионизирующим), средним и толстым покрытиями, способными еще легировать металл шва, и электроды с особо толстым покрытием, которое, выполняя обычные функции, способно значительно легировать металл шва, меняя химический состав, механические и физические свойства наплавленного металла. Степень легирования металла шва с некоторой погрешностью может быть установлена сопоставлением

химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по следующей формуле:

$$R_{\phi} = R_0\gamma + (1 - \gamma)R_{\gamma} \pm \Delta R \quad (1)$$

где R_{ϕ} – содержание рассчитываемого элемента в металле шва или наплавки, %;

R_0 – содержание этого же элемента в основном металле, %;

$(1 - \gamma)$ – доля участия электродного металла в металле шва или наплавки;

R_{γ} – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов или сварочной проволокой, %;

ΔR – переход данного элемента из покрытия или флюсов в шов или его выгорание (для упрощения расчетов не учитывается);

γ – доля участия основного металла в металле шва или наплавки.

Технология изготовления металлических электродов сводится к обработке электронной проволоки, материалов покрытия, приготовлению замеса, нанесению покрытия на стержень, сушке и прокатке готовых электродов.

Покрытия на металлические стержни могут наноситься опрессовкой, окунанием и опудриванием.

Опрессовка более производительна. Качество электродов при этом выше, чем при использовании других методов. Кроме того, применение прессов для нанесения покрытия позволяет включить в покрытия более тяжелые материалы и большее количество легирующих ферросплавов. Покрытие замешивается в виде густой массы, что способствует равномерному распределению материалов по объему. Этот метод наиболее часто применяется на практике.

Электроды, изготовленные методом окунания, по своим технологическим свойствам значительно уступают электродам, изготовленным опрессовкой.

Покрyтия на электроды, изготовленные окунанием, наносятся неравномерно, часто появляются вздутия, большой эксцентриситет, вследствие чего дуга горит менее стабильно, увеличиваются потери на разбрызгивание.

Примеры решения задач

Задача 1. Определить необходимую массу электродов марки УОНИ-13/45 для сварки однопроходного шва сечением $F = 60 \text{ мм}^2$ при длине шва 10 м.

Решение

Масса наплавленного металла 1 м шва при площади сечения шва (мм^2) численно равна объему 1 м шва (см^3) и определяется по формуле

$$G_{н1м} = \gamma V, \quad (2)$$

где γ — плотность, г/см^3 ; V — объем 1 м шва, см^3 .

Таким образом.,

$$G_{н1м} = 7,8 \cdot 60 = 468 \text{ г.}$$

Масса наплавленного металла 10 м шва рассчитывается по формуле

$$G_{н} = G_{н1м} \cdot l \quad (3)$$

Здесь l — длина шва, м.

Следовательно,

$$G_{н} = 468 \cdot 10 = 4680 \text{ г} = 4,680 \text{ кг.}$$

Необходимая масса электродов (кг) для сварки определяется по формуле

$$g_{эл} = G_{н}(1,6-1,8), \quad (4)$$

где (1,6 - 1,8)—коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла; принимаем среднее значение 1,7. Тогда

$$g_{эл} = 4,680 * 1,7 = 7,956 \text{ кг.}$$

Ответ. $g_{эл} = 7,956 \text{ кг.}$

Задача 2. Определить химический состав требующегося электродного металла для сварки стали марки X25T, пренебрегая ΔR и принимая $\gamma = 0,3$. Химический состав основного металла и металла шва:

Массовая доля, % :	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	
В основном металле	..0,15	1	0,8	25,5	—	0,8	
В металле шва.....	..0,12	0,69	1,08	25,6	8,8	0,24	

Решение

Содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов, определяется из формулы (18)

$$R_{\gamma} = \frac{R_{ш} - R_o \gamma}{1 - \gamma}$$

Задачи для решения

Задача 3. Определить необходимую массу электродов марки ЭА-395/9 (кг) для сварки 30 м шва сечением $F = 90 \text{ мм}^2$.

Задача 4. Определить химический состав металла шва, выполненного из стали марки X18H9T электродами марки ЦЛ-11, если $y = 0,4$. Химический состав основного и наплавленного электродами марки ЦЛ-11 металла (таблица 1).

Таблица 1. Состав стали X18H9T и электрода ЦЛ-11, %

Массовая доля, %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Nb
Сталь марки X18H9T	0,09	0,4	0,7	18,5	8,5	0,7	-
Электрод марки ЦЛ-11	0,12	1,0	1,6	20,0	9,5	-	1,0

Задания

Опыт 1. Изготовить толстопокрытые электроды.

1. Выполнить дозировку материалов. В целях ускорения работы дозировку материала можно производить не по массе, а по объему, для чего в паспортах на указанные марки электродов приведены соответствующие данные.

2. Из материалов, составляющих покрытия, приготовить механическую смесь в фарфоровой ступке. В первую очередь рекомендуется смешивать легкие и объемистые вещества с тяжелыми ферросплавами, а затем вводить остальные материалы.

3. К полученной механической смеси добавить жидкое стекло и, пользуясь мешалкой или пестиком, размешать смесь, добавляя воды по мере надобности, чтобы получить состав в виде густой сметаны.

4. Готовую жидкую массу налить в металлический стакан для окунания (рисунок 1)

1. Нанести покрытие, равномерно опуская и поднимая стержень два-три раза, оставляя непокрытым конец стержня длиной 40 мм. На стержень из порошковой проволоки нанести покрытие УОНИ-13/45.

2. Поставить или подвесить электрод в устройство для сушки и закрепить. Сушить в течение 24 ч.

3. Поместить электроды в печь и прокаливать: электрод МР-3 при температуре $T = 170-200^{\circ}\text{C}$ 1,5 ч, УОНИ-13/45 при температуре $T = 350 - 400^{\circ}\text{C}$ 30 - 40 мин, 13КН/ЛИБТ, 12АН/ЛИВТ при температуре $T = 250 - 270^{\circ}\text{C}$ 30 - 40 мин.

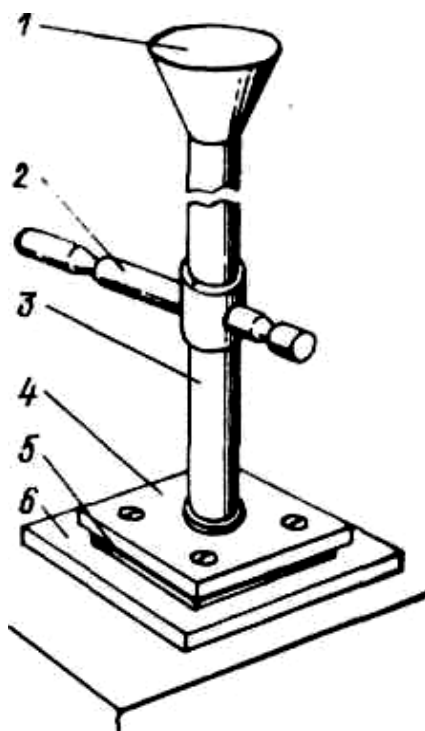


Рисунок 1. Стакан для окунаия электродов: 1-воронка, 2-ручка, 3-труба, 4-плита, 5-прокладка, 6-основание.

Опыт 2. Проверить качество электродов.

1. Проверить толщину и эксцентриситет покрытия электродов, изготовленных в лаборатории или на заводе. Для этого в трех местах электрода, смещенных относительно друг друга на 50—100 мм по длине и 120° по окружности, напильником снимают покрытие на участке 10—15 мм. Измерение в каждом месте производят микрометром с погрешностью 0,01 мм. Эксцентриситет

$$e = s - s_1. \quad (5)$$

Допустимый эксцентриситет электродов с тонким, средним и толстым покрытиями диаметром 4 мм в зависимости от группы колеблется от 0,16 до 0,28 мм, диаметром 5 мм – от 0,20 до 0,35, а особо толстых покрытий – от 0,3 до 0,5 мм.

2. Рассчитать коэффициент массы покрытия k_n (%). Массу следует определить взвешиванием с точностью 0,1 г.

3. Проверить прочность покрытия, которое не должно разрушаться при свободном падении электрода плашмя на гладкую стальную плиту с высоты: 1 м для электродов диаметром менее 4 мм; 0,5 м для электродов диаметром 4 мм и более. При этом допускаются частичные откалывания покрытия общей протяженностью до 5% длины покрытой части электрода.

Опыт 3. Провести сварочно-технологическую проверку электродов.

Сварочно-технологические свойства электродов определяются после их просушки и прокалки или на ранее изготовленных в лаборатории электродах при соблюдении режимов и условий сварки, установленных паспортом, и при отсутствии магнитного дутья. Электроды должны удовлетворять следующим требованиям: дуга должна легко возбуждаться и стабильно гореть; покрытие должно плавиться равномерно, без чрезмерного разбрызгивания, отваливания кусков и образования чехла или козырька, препятствующих нормальному плавлению электрода при сварке во всех пространственных положениях, рекомендуемых для электродов данной марки; образующийся при сварке шлак должен обеспечить правильное формирование валиков шва и легко удаляться после охлаждения; в наплавленном металле не должно быть трещин, надрывов и поверхностных пор.

Опыт 4. Определить химический состав металла наплавленных валиков.

Содержание отчета и его форма

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание технологии изготовления электродов с приведением химического состава использованных материалов.
3. Результаты проверки качества электродов.
4. Расчет химического состава наплавленного металла.
5. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Типы покрытий электродов, регламентируемые ГОСТ 9467-75; марки электродов, соответствующие данным типам.
2. Перечислить основные функции материалов электродных покрытий.
3. Как обозначается по ГОСТам типы плавящихся электродов разного назначения?
4. Какие факторы учитывают при выборе режима сварки для данной марки электрода?
5. Основные операции, составляющие технологический процесс изготовления средне- и толстопокрытых электродов, что характеризует коэффициент покрытия.
6. Исходные данные и порядок расчета химического состава металла шва.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Маслов, Б. Г. Производство сварных конструкций : учебник / Б.Г. Маслов, А.П. Выборнов. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2013. - 288 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование. Сварочное производство). - Прил.: с. 272-280. - Библиогр.: с. 281-282. - ISBN 978-5-7695-9922-4.
2. Гарифуллин, Ф. А. Материаловедение и технология конструкционных материалов / Ф.А. Гарифуллин ; Р.Ш. Аюпов ; В.В. Жияков. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - 248 с. - ISBN 978-5-7882-1441-2.
3. Тимофеев В.Л. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие (ГРИФ) /[В.Л. Тимофеев, В.П.Глухов и др.]. Под общ. ред. проф. В.Л. Тимофеева. –3-е изд.,испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 272 с.

Дополнительная литература:

1. Азаров, Н. А. Производство сварных конструкций: Учебное пособие /

Азаров Н. А. - Томск : Томский политехнический университет, 2010. - 141 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-98298-718-1.

2. Маслов, Б. Г. Производство сварных конструкций: учебник / Б.Г. Маслов, А.П. Выборнов. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 288 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование. Сварочное производство). - Прил.: с. 272-280. - Библиогр.: с. 281-282. - ISBN 978-5-7695-7370-5.

3. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. - 3-е изд., испр. и доп. - Минск : Новое знание, 2009. - 670 с. : ил. - (Техническое образование). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 662. - ISBN 978-985-475-355-3.

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа № 9-10

Тема: «ДОЛЯ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛЕ ШВА И ПОГОННАЯ ЭНЕРГИЯ»

Цель: изучить влияние режима ручной сварки, погонной энергии q_n на долю основного металла шва и на его размеры.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: режимы ручной сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рассчитать силу сварочного тока и скорость перемещения дуги.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками расчета режимов ручной дуговой сварки.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается влияние режима ручной сварки (сила сварочного тока, напряжение на дуге, диаметр электрода, скорость перемещения дуги, угол наклона электрода и т.д.), погонной энергии на долю основного металла шва и на его размеры.

Теоретическая часть

Независимо от типа и способа выполнения шов состоит из определенной доли основного и электродного металлов. Рассмотрим вопрос о влиянии режима ручной дуговой сварки на долю основного и электродного металлов в металле шва и на его размеры. Режим ручной дуговой сварки — это сила сварочного тока, напряжение на дуге, диаметр электрода, скорость перемещения дуги, угол наклона электрода и т. д. Сила сварочного тока (А) может быть определена по следующей формуле:

$$I_{св} = kd_{эл} \quad (1)$$

где k – коэффициент, принимаемый для электродов $d = 3-4$ мм равным $30-60 \text{ А/мм}^2$;

$d_{эл}$ – диаметр стержня электрода, мм.

Увеличение силы сварочного тока приводит к увеличению эффективной тепловой мощности дуги $Q_{эф}$, вследствие чего увеличивается глубина проплавления, выпуклость, ширина валика и скорость плавления электрода. В результате этого доля основного металла в металле шва повышается.

Для определения доли основного металла в металле шва (а в данном случае наплавленного валика) требуется знать площадь сечения наплавленного валика F_n (мм^2), рассчитываемую по формуле

$$F_n = 0.75e q, \quad (2)$$

и площадь сечения проплавленного металла, которая с некоторой погрешностью может быть определена по формуле

$$F_{np} = 0,75e h, \quad (3)$$

тогда

$$\gamma = F_{np} / (F_{np} + F_n). \quad (4)$$

Повышение напряжения на дуге приводит к снижению глубины провара, так как увеличиваются потери тепла на лучеиспускание, угар разбрызгивание. Вследствие увеличения длины дуги увеличивается площадь прогрева изделия, т.е. увеличивается ширина валика и, следовательно, уменьшается его выпуклость, так как на величину коэффициентов $a_э$ и a_n напряжение влияет незначительно. Доля же основного металла в металле шва при ручной электродуговой сварке с увеличением напряжения практически не меняется.

Увеличение диаметра электрода (при одной и той же силе сварочного тока) приводит к уменьшению плотности сварочного тока, температуры дуги, что влечёт за собой уменьшение глубины провара и доли основного металла в металле шва, а также увеличение ширины валика.

Погонная энергия – это отношение эффективной тепловой мощности дуги, расходуемой на нагрев изделия, к скорости перемещения дуги, и определяет количество теплоты, введенное дугой в 1 см однопроводного шва или валика, т.е.

$$q_p = \frac{Q_{эф}}{V_{св}} = \frac{J_{св} \cdot U_{св} \cdot \eta \cdot F}{V_{св}} \approx 650F \quad (5)$$

где F – площадь сечения шва или валика, мм^2 . Следовательно, увеличение энергии приводит к увеличению площади сечения шва, т.е. к изменению доли основного металла в металле шва и формы валика. Скорость перемещения дуги при однопроводной сварке равна скорости сварки.

Примеры решения задач

Задача 1. Определить погонную энергию q_{II} , если известно, что площадь сечения валика $F = 70 \text{ мм}^2$.

Решение

Погонная энергия рассчитывается по формуле (5), т.е

$$q_{II} = 650 \cdot 70 = 45500 \text{ Дж/см}$$

Ответ. $q_{II} = 45500 \text{ Дж/см}$.

Задача 2. Определить режимы и массу электродов при сварке встык пластин толщиной 8 мм и длиной 10 м. Сварка проводилась электродами УОНИ-13/45 диаметром 4 мм. Площадь поперечного сечения шва 12 мм^2 .

Решение

Сила сварочного тока рассчитывается по формуле (1)

$$J_{св} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ А.}$$

Скорость сварки определяется по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot J_{св}}{(\gamma \cdot F_n)} \quad (6)$$

Следовательно,

$$V_{св} = 8 \cdot 160 / (7,8 \cdot 12) = 13,6 \text{ м/ч,}$$

где a_H берём по данным паспорта на эту марку электрода (см. приложение II).

Масса 1 м наплавленного металла при площади сечения шва (мм^2) численно равна объёму 1 м шва (см^3), т.е.

$$G_{н1м} = \gamma \cdot V = 7,8 \cdot 12 = 93,6 \text{ г}$$

Масса 10 м шва

$$G_{н10м} = G_{н1м} \cdot l = 93,6 \cdot 10 = 936 \text{ г} = 0,936 \text{ кг}$$

Масса электродов для сварки рассчитывается по формуле

$$q_{эл} = 0,936 \cdot 1,7 = 1,59 \text{ кг}$$

Ответ: $V_{св} = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$; $G_n = 0,936 \text{ кг}$; $q_{эл} = 1,59 \text{ кг}$

Задачи для решения

Задача 3. Определить площадь сечения валика, если $q_{II} = 50000 \text{ Дж/см}$.

Задача 4. Определить эффективную тепловую мощность дуги, если скорость сварки $V_{CB} = 9 \text{ м/ч}$ и площадь сечения валика $F_H = 68 \text{ мм}^2$.

Задача 5. Определить погонную энергию, при которой производилась наплавка валика на пластину при $J_{CB} = 250 \text{ А}$, $U_{CB} = 25 \text{ В}$, $V_{CB} = 18 \text{ м/ч}$, $\eta = 0,8$.

Задача 6. Определить режим сварки и вычислить массу электродов, необходимых для наплавки валика площадью поперечного сечения 42 мм^2 , длиной 8 м, если известно, что сварка производилась электродами УОНИ-13/45 диаметром 5 мм.

Задача 7. Определить силу сварочного тока и скорость перемещения дуги, если известно, что сварка производилась электродами ЦТ-28 диаметром 4 мм, и площадь поперечного сечения валика 40 мм^2 .

Вопросы

1. Что характеризует погонная энергия и ее аналитическое выражение?
6. Какая существует зависимость между погонной энергией и площадью сечения валика? Вывести ее для случая наплавки электродом

УОНИ-13/45.

7. Как определяется доля основного металла в металле шва?

4. Влияние погонной энергии, силы сварочного тока, напряжения на дуге, диаметра электрода на долю основного металла в металле шва при ручной сварке.

5. Как определяется скорость перемещения дуги при отсутствии специальных фиксирующих приборов?

Задания

Опыт 1. Изучить влияние марки электрода на форму шва.

- Зачистить пластины.
- Прихватить их по торцам, пользуясь специальной струбциной (рисунок 1).
- Выправить пластины.
- Разметить на пробе мелом положение валиков.
- Подобрать силу тока 140 - 150 А при диаметре электрода 4 мм.
- Наплавить валики перпендикулярно к стыку электродами различных марок при данном режиме, отмечая силу тока, напряжение на дуге и время ее горения. Наплавку каждого валика производить только на охлажденную пробу, для чего после наплавки валика проба охлаждается в воде до комнатной температуры. Отклонение силы тока допускается в пределах 10%.

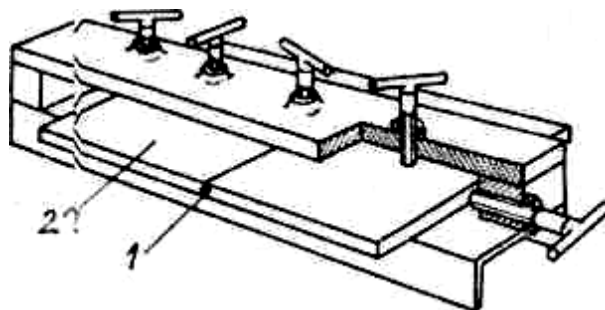


Рисунок 1. Приспособление для сборки пластин: 1 – прихватка; 2 – пластина

- Замаркировать каждый валик.

- Измерить длину каждого валика.
- Произвести излом пробы на ручном прессе (рисунок 2) предварительно охладив ее до комнатной температуры.

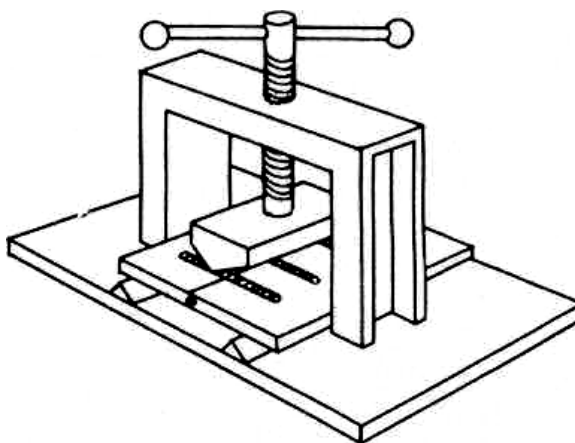


Рисунок 2. Пресс для излома проб

- Половину пробы (образца) закрепить в тиски и, пользуясь линейкой и чертилкой, провести линию раздела наплавленного и проплавленного металлов (рисунок 3).

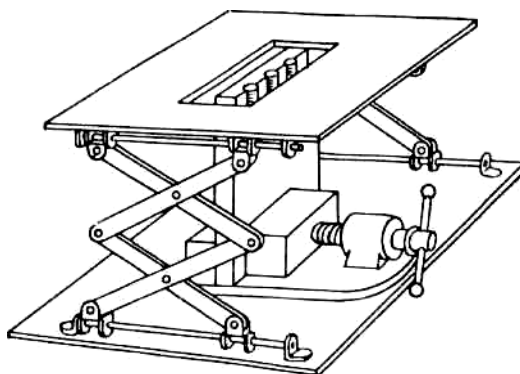


Рисунок 3. Настольные переносные тиски

- Размеры валиков (h , e , q) на образцах измерить штангенциркулем.
- Рассчитать F_{np} , F_H , γ , v_{CB} , q_n по соответствующим формулам.

Опыт 2 Изучить влияние силы сварочного тока на форму и размеры шва.

– Повторить пп. 1-4 опыта 1.

– При силе сварочного тока 190 и 220 А на пробе наплавить два валика перпендикулярно к стыку электродами типа Э46Р (данные при силе тока 150 А взять из опыта 1, руководствуясь п. 6 и п повтор и в пп. 7 - 12 опыта 1.

Опыт 3. Изучить влияние напряжения на дуге на форму шва, разбрызгивавшие и угар, для чего электродами марки УОНИ-13/45 выполнить наплавку трех валиков при силе сварочного тока 200 - 220 А, меняя напряжение от 24 до 36 В (за счет длины дуги). Коэффициент потерь рассчитать по данным a_3 и a_H опыта 2 работы 4.

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты опытов

Марка электрода	Результаты замеров									Результаты расчетов			
	Режим			Размеры валика, мм				Площадь мм ²		Доля основного металла в металле наплавки, %	Скорость сварки, см/с	Погонная энергия, Дж/см	Коэффициент потерь. %
	Сила тока, А	Напряжение, В	Время горения дуги, с	Длина	Ширина	Выпуклость	Глубина провара	проплавления	Наплавки				

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009.

– 670 с. : ил. – (Техническое образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 662. – ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа №11-12**Тема: «РАСЧЕТ И ПРОВЕРКА РЕЖИМОВ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА ПО
ЗАДАННОЙ ГЛУБИНЕ ПРОВАРА**

Цель: установить влияние параметров режима сварки на коэффициент наплавки α_n , производительность ГН, расход флюса μ , г и размеры отдельных элементов шва.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: параметров режима сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: установить влияние силы сварочного тока на форму и размеры валиков, коэффициент наплавки, расход флюса, производительность.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения влияния на размеры валика скорости перемещения дуги и диаметра сварочной проволоки.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается влияние параметров режимов сварки (приводится методика расчета режимов сварки) на коэффициент наплавки α_n , производительность ГН, расход флюса μ , г и размеры отдельных элементов шва.

Теоретическая часть

На практике обычно приходится рассчитывать режим автоматической сварки по шву, указанному на чертеже той или иной конструкции. Изменение размеров швов сварных конструкций нежелательно, так как их уменьшение снижает прочность конструкции, а увеличение вызывает дополнительный расход флюса, проволоки, электроэнергии, повышается основное время на изготовление изделия.

Сварные швы, выполненные автоматом, имеют три наиболее важных размера, влияющих на качество соединения: глубину провара h , ширину шва e , выпуклость q . Их размеры устанавливаются по размерам шва, заданным в чертеже, затем по формулам определяется площадь сечения наплавленного валика F_n . Отношение ширины шва к глубине провара называется коэффициентом формы провара $\psi_{пр}$ и рассчитывается по формуле

$$\psi_{пр} = e/h \quad (1)$$

Коэффициент формы провара для автоматических швов должен быть в пределах 1,3-4,0, чтобы уменьшить вероятность образования горячих трещин.

Отношение ширины шва к выпуклости валика называется коэффициентом формы валика ψ_v , т. е.

$$\psi_v = e/q. \quad (2)$$

Для швов, выполненных автоматической сваркой, $\psi_v = 5-8$.

Отдельные параметры режима сварки существенно меняют размеры элементов шва при автоматической сварке.

С увеличением силы сварочного тока повышается эффективная мощность дуги, вследствие чего увеличивается количество расплавленного основного и электродного металлов, значительно возрастают глубина провара, выпуклость валика, незначительно - ширина валика, $\psi_{пр}$ и ψ_v также увеличиваются.

Повышение напряжения на дуге увеличивает ее тепловую мощность. При этом увеличиваются длина дуги и площадь ее воздействия на изделие. В результате интенсивно увеличивается ширина шва и уменьшается выпуклость валика. Повышение напряжения существенного влияния на провар не оказывает, но приводит к заметному увеличению расхода флюса.

Увеличение скорости перемещения дуги до 40-50 м/ч приводит к увеличению горизонтальной составляющей давления дуги на

расплавленный металл сварочной ванны. Толщина слоя жидкого металла под дугой уменьшается, тепловое воздействие; дуги на основной металл возрастает, глубина проплавления увеличивается, несмотря на уменьшение погонной энергии. При дальнейшем увеличении скорости перемещения дуги погонная энергия и глубина провара уменьшаются., Ширина валика и выпуклость при возрастании скорости перемещения дуги снижаются.

Увеличение диаметра электрода вызывает уменьшение глубины провара и выпуклости валика, а ширина валика увеличивается. Коэффициенты ψ_{np} и ψ_e с уменьшением диаметра резко уменьшаются. Увеличение вылета электрода усиливает предварительный нагрев электрода джоулевым теплом. Это вызывает повышение a_3 и снижение глубины провара.

Заданная форма шва может быть обеспечена соответствующим режимом автоматической сварки.

Примеры решения задач

Задача 1. Рассчитать режим автоматической сварки под флюсом стыкового соединения, если толщина листов $s = 10$ мм, сварка производится без зазора на весу $h = 0,6s$. Ток постоянный обратной полярности; $d_{эл} = 4$ мм. Флюс АН-348А.

Решение

Определить силу сварочного тока (А) из уравнения

$$I_{св} = h/k \quad (3)$$

где k - коэффициент, зависящий от рода тока и полярности, диаметра электрода, а также марки флюса (по данным Института электросварки им. Е. О. Патона принимаем $k = 1,1$ мм/100 А).

Таким образом,

$$I_{св} = 6 \cdot 100 / 1,1 = 545 \text{ А.}$$

Зная, что напряжение на дуге меняется в пределах 32-40 В, принять $U_{CB} = 36$ В.

По графику (рисунок 1) в зависимости от силы тока и напряжения установить коэффициент формы провара $\psi_{np} = 3,31$ Зная ψ_{np} , определить ширину шва из формулы (1)

$$e = \psi_{np} h = 3,3 \cdot 6 = 19,8 \approx 20 \text{ мм.},$$

Выпуклость рассчитать из уравнения (2), если $\psi_{\varepsilon} = 5 - 8$ мм.

$$q = e / \psi_{\varepsilon} = 20 / 7 = 2,9 \text{ мм.}$$

Определить площадь сечения наплавленного металла по формуле (4)

$$a_H = 0,75 \cdot 20 \cdot 2,9 = 43 \text{ мм}^2 \quad (4)$$

Определить коэффициент наплавки по формуле (5)

$$a_H = 11,6 \pm 0,4 \quad (5)$$

В данном случае

$$a_H = 11,6 + 0,4 = 12 \text{ г/(А·ч)}$$

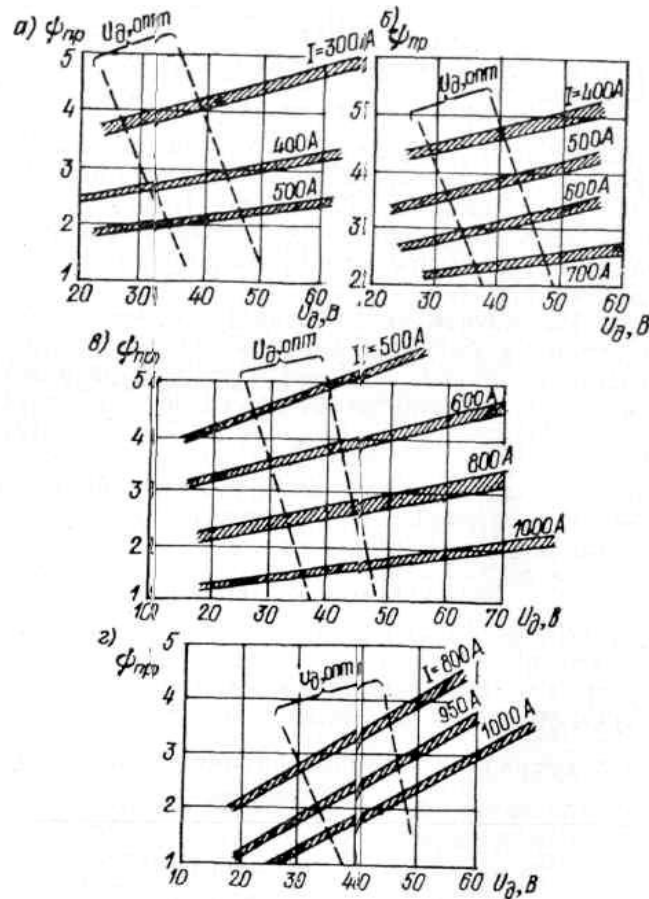


Рисунок 1. Зависимость коэффициента формы провара от напряжения на дуге для проволоки различных диаметров:

а - $d = 2$ мм; б - $d = 4$ мм; в - $d = 5$ мм; г - $d = 6$ мм.

Производительность сварки за 1 ч.

$$G_n = \alpha_n \cdot I_{св} \cdot t = 12 \cdot 545 \cdot 1 = 6540 \text{ г.} \quad (6)$$

Скорость перемещения дуги

$$v_{n.d} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{F \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 545}{43 \cdot 7.8} = 19.5 \text{ м/ч} \quad (7)$$

Определить скорость подачи сварочной проволоки

$$v_{n.пр} = \frac{4\alpha_n \cdot I_{св}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 545}{3.14 \cdot 16 \cdot 7.8} = 67 \text{ м/ч} \quad (8)$$

Удельный расход флюса рассчитать по следующей формуле:

$$\mu = G_{\text{фл}} / G_n, \quad (9)$$

где $G_{\text{фл}}$ - масса расплавленного флюса, г.

Задачи для решения

Задача 2. Рассчитать режим двусторонней автоматической сварки под слоем флюса стыкового соединения, если толщина листа $s = 16$ мм, зазор в стыке 3 мм, $k = 1,15$.

Задача 3. Рассчитать режим автоматической наплавки валика на пластину толщиной $s = 12$ мм при глубине проплавления 8 мм, $k = 1,0$.

Задача 4. Рассчитать режим автоматической сварки под флюсом и основные размеры стыкового шва с полным проваром при толщине материала $s=12$ мм, зазоре 3 мм. Ток постоянный обратной полярности, флюс АН-348А.

Вопросы

1. Какие величины составляют режим автоматической сварки под флюсом и как влияет на размеры валика сила сварочного тока?
2. Почему с увеличением напряжения на дуге увеличивается ширина валика и уменьшается выпуклость?
3. Как влияют на размеры валика скорость перемещения дуги и диаметр сварочной проволоки?

Задания

За несколько дней до выполнения работы в лаборатории преподаватель задает учащимся глубину провара, по которой они рассчитывают режим сварки, и полученные результаты предъявляются преподавателю перед началом работы.

Опыт первый. Установить влияние силы сварочного тока на форму и размеры валиков, коэффициент наплавки, расход флюса, производительность.

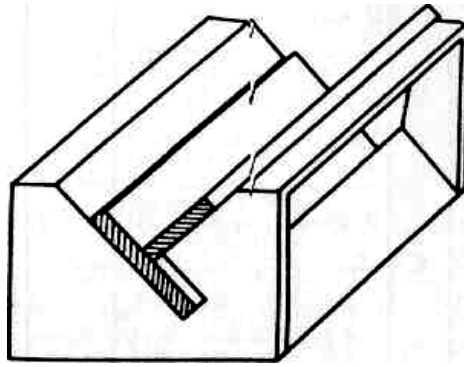


Рисунок 2. Приспособление для сборки сварки тавра

- Зачистить пластины. Собрать их встык и приварить по торцам.
- Разметить мелом на пластине положение валиков.
- Взвесить пробу с точностью до 2 граммов.
- Подготовить сварочный автомат к работе. Рассчитать $I_{св}$, U_d и время горения дуги.

- Охладить пробу в воде. Снять шлаковую корку, и взвесить пробу с точностью до 2 граммов. Замерить длину валика. Наплавить на пробу ещё два валика, увеличивая или уменьшая силу сварочного тока примерно на 100 А.

- Измерить (в ходе наплавки) основные параметры режима.

Опыт второй. Установить влияние напряжения дуги на форму и размеры валика, коэффициент наплавки, расход флюса, производительность.

- Подобрать режим с изменением напряжения для одного валика на 5 В больше, а другого – на 5 В меньше напряжения дуги, при котором производительность наплавки валиков первой пробы.

- Наплавить валики на пробу, выполнив предварительную подготовку.

Опыт третий. Установить влияние скорости перемещения дуги на форму и размеры валика, коэффициент наплавки, расход флюса и производительность, для чего наплавить на третью пробу два валика, увеличивая или уменьшая скорость сварки примерно на 10 м/ч (от первого и второго опыта), пользуясь зависимостью показания потенциометра от скорости сварки. Сломать все три пробы. Определить размеры валиков h , b , c и вычислить F_n и F_{np} . Определить G_n , α_i , $\Psi_{i\delta}$, Ψ_d , $G_{\bar{m}}$, g_i , $V_{\bar{m}d}$, μ .

Опыт четвертый. Установить влияние влаги, ржавчины и окалины на склонность шва к порообразованию.

- Собрать и прихватить тавровое соединение.
- Засыпать в «лодочку» ржавчину, окалину и влажный флюс отдельными участками длиной 50 мм с интервалом 10 мм.
- Произвести сварку пробы по всей длине.
- Удалить флюс и шлаковую корку, и подсчитать количество пор на каждом участке.

Примечание. Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты опытов

Результаты замеров									Результаты расчётов										
Масса пробы, г		Масса шлаковой корки, г	Режим			Размеры валика, мм			Коэффициент формы			Площадь, мм ²		Доля основного металла в металле наплавки	Скорость перемещения дуги, см/с	Погонная энергия, Дж/см	Масса наплавленного металла, г	Удельный расход флюса	Коэффициент наплавки, г/(А*ч)
До наплавки	После наплавки		Сила тока, А	Напряжение, В	Время горения дуги, с	Длина	Ширина	Выпуклость	Глубина провара	Провара	Валика	Проплавления	Наплавки						

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический

университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа № 13-14

Тема: «УСЛОВИЯ ГОРЕНИЯ ДУГИ, ФОРМИРОВАНИЯ ВАЛИКА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ СВАРКЕ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА»

Цель: изучить влияние параметров режима сварки малоуглеродистой стали в среде: CO_2 на производительность процесса, качество и форму шва.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: влияние параметров режима сварки малоуглеродистой стали в среде: CO_2 на производительность процесса, качество и форму шва.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить коэффициенты плавления, наплавки, потерь на угар и разбрызгивание при сварке на постоянном токе обратной полярности.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками подбора режима сварки в зависимости от диаметра проволоки и толщины пластины.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Рассматривается влияние параметров режима сварки малоуглеродистой стали на условия горения дуги, формирования валика, производительность процесса, качество и форму шва в среде CO_2 .

Теоретическая часть

Сущность сварки в среде CO_2 состоит в том, что дуга горит в среде защитного газа, оттесняющего воздух от зоны сварки и защищающего наплавленный металл от O_2 и N_2 воздуха. Особенностью данной сварки является сравнительно сильное выгорание элементов, обладающих большим сродством с O_2 (C, Al, Ti, Si, Mn и др.). Окисление происходит за счет как CO_2 , так и атомарного O, который образуется при диссоциации CO_2 под действием тепла дуги. Непрерывный уход окислов C, Si, Mn из ванны

приводит к значительному обеднению металла шва раскислителями, что ухудшает механические свойства соединения. Поэтому для получения качественных соединений необходимо при сварке в среде CO_2 иметь в сварочной ванне достаточное количество раскисляющих элементов, которые обычно вводят за счет проволоки (Св-08Г2С, Св-08ГС).

Химический состав металла шва зависит не только от основного и электродного металлов, но и от параметров режима сварки, особенно от $U_{\text{св}}$ и $J_{\text{св}}$. Повышение силы сварочного тока при том же диаметре сварочной проволоки приводит к уменьшению времени пребывания капли на конце электрода и ее контакта с газами. Вследствие этого уменьшается степень выгорания раскислителей из сварочной проволоки. Повышение напряжения на дуге приводит к значительному обеднению металла шва раскислителями, так как процент выгорания их в столбе дуги повышается за счет увеличения времени контакта капли электродного металла с газом.

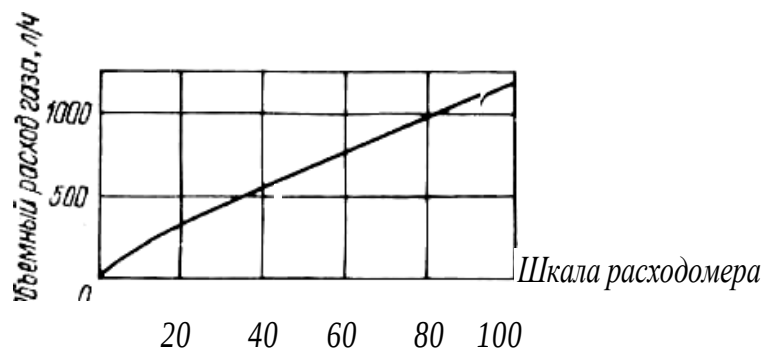


Рисунок 1. Градуировочная кривая к расходомеру РС-3.

Влажность и расход CO_2 также влияют на качество шва. С повышением влажности CO_2 увеличивается количество растворенного в металле шва H_2 , который образуется при диссоциации H_2O :



При недостаточном расходе CO_2 в зону сварки проникает воздух. Из-за этого в металл шва попадает N_2 что приводит к образованию пор, как и при попадании H_2 . Расход газа обычно устанавливается по РС-3. Шкала этого расходомера отградуирована на расход воздуха при 20°C и 1013 ГПа.

Защитные газы легче или тяжелее воздуха, поэтому для них вводят поправочные коэффициенты k :

N ₂	1.02	He.....	2.7
Ar.....	0.85	O ₂	0.955
H ₂	3.8	CO ₂	0.81

Например, показание расходомера 60; проводя перпендикулярную линию из этой точки до пересечения с кривой расхода воздуха, получим, что расход воздуха 750 л/ч. Допустим, что газ, применяемый при сварке, - CO₂; поправочный коэффициент для него $k = 0,81$. Объемный расход CO₂

$$V_{CO_2} = V_{возд} \cdot k = 750 \cdot 0,81 = 607 \text{ л/ч}, \quad (2)$$

таким образом можно определить расход и других газов.

Сварка в среде CO₂ - процесс высокопроизводительный, в настоящее время, как правило, осуществляемый на постоянном токе обратной полярности. Переменный и постоянный токи прямой полярности не применяются из-за недостаточной устойчивости процесса и неудовлетворительного качества и формы шва. Это происходит вследствие того, что наличие в дуговом промежутке O₂, имеющего большое сродство с электроном, приводит к образованию большого количества отрицательных ионов, нарушающих нормальные условия горения дуги, питаемой переменным и постоянным токами прямой полярности.

На производительность сварки оказывают влияние коэффициенты плавления и наплавки. При сварке в среде CO₂ коэффициент наплавки значительно превышает коэффициент наплавки под слоем флюса. Это объясняется тем, что тепло дуги, горящей в среде CO₂, не тратится на плавление флюсов, т. е. эффективная тепловая мощность дуги повышается. С увеличением силы тока при сварке в среде CO₂ потери на угар и разбрызгивание уменьшаются. С увеличением силы тока и уменьшением диаметра электродной проволоки (повышением плотности тока) коэффициенты a_3 и a_n увеличиваются. Повышение напряжения, на дуге и скорости сварки приводит к

снижению коэффициентов $a_э$ и a_n . Это объясняется увеличением потерь тепла с ростом длины дуги на излучение в окружающее пространство, а также увеличением потерь металла на разбрызгивание и угар. Повышение скорости перемещения дуги влечет за собой некоторое снижение $a_э$ и a_n потому что с увеличением скорости сварки погонная энергии уменьшается.

Целесообразность внедрения сварки в среде CO_2 подтверждается практикой работы многих предприятий.

Вопросы

1. Диссоциация CO_2 , ее влияние на условия горения дуги и выбор рода тока.
2. Почему для сварки в среде CO_2 требуется проволока с повышенным содержанием марганца и кремния?
3. Почему коэффициент α_n в среде CO_2 больше, чем при сварке под флюсом?
4. Как влияет на качество шва размер капли и когда наблюдается струйный переход металла с электрода в сварочную ванну?
5. Причины возникновения в шаре пор.
6. Почему при сварке стыковых соединений с разделкой кромок в среде CO_2 угол раскрытия берется меньше, чем при сварке под слоем флюса?

Задания

Опыт 1. Определить коэффициенты плавления, наплавки, потерь на угар и разбрызгивание при сварке на постоянном токе обратной полярности.

1. Подготовить пост к работе.
2. Зачистить пластины, собрать их встык, пользуясь специальной струбциной, и прихватить по торцам.
3. Взвесить собранные пластины с точностью до 2 г.

4. Подобрать режим сварки в зависимости от диаметра проволоки и толщины пластины по таблице 1 В последнее время находит применение сварка в среде CO_2 тонкой проволокой на повышенных режимах, например для проволоки $d = 1,2$ мм требуется следующий режим (таблице 2).

5. На выбранном режиме по нижнему пределу наплавить валик перпендикулярно стыку ($l = 150 - 160$ мм), фиксируя время горения дуги, напряжение, силу сварочного тока и показания счетчика расхода проволоки. Длина расплавленной проволоки определяется как произведение показаний счетчика (оборотов) на длину окружности подающего ролика.

6. Охладить пробу в воде, осушить и затем тщательно очистить от брызг и шлака.

Таблица 1. Режим сварки в среде CO_2

Толщина металла, мм	Вылет электрода, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Объемный расход CO_2 , л/мин
8—12	15—22	1,6—2,4	200—500	26—32	250-300	14-24

1. Взвесить пробу с наплавленным валиком и измерить его длину.

2. Увеличивая силу тока примерно на 100—150 А и сохраняя при этом остальные параметры режима по возможности постоянными, наплавить еще два валика на эту же пробу, выполнить пп. 3,5 - 7.

Таблица 2. Повышенные режимы сварки в среде CO_2

Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Отношение $l_{эл} / d_{эл}^2, 1/мм$	Размеры электрода, мм		Скорость подачи проволоки, м/ч	Производительность, кг/ч
			диаметр	длина		
300	31-36	8-18	1,2	10—22	450—790	4,0—7,0
400	36-42	12-18	1,2	14-22	900-1200	8,0-10,7

Один из валиков наплавить на токе прямой полярности.

9. Размеры валиков h , e , q на образцах определить по методике, указанной в работе 6.

10. Рассчитать F_u , F_{np} , ψ_s , ψ_{np} , γ , $v_{св}$, q_n , α_s , α_n , ψ , G .

Опыт 2. Повторить опыт 1, изменяя напряжение; при этом остальные параметры режима по возможности сохранить постоянными.

Опыт 3. Повторить опыт 1, производя наплавку проволокой Св-08 и применяя такой же режим сварки, что и для проволоки Св-08Г2С. Сравнить швы по внешнему виду.

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты опытов.

Марка и диаметр проволоки		Результаты замеров									
		Масса пробы, г		Режим			Размеры валика, мм				
		До наплавки	После наплавки	Сила тока, А	Напряжение, В	Время горения дуги, с	Длина	Ширина	Выпуклость	Глубина провара	
Результаты расчетов											
Коэффициент формы		Площадь, мм		Доля основного металла в металле шва	Скорость сварки, м/ч	Погонная энергия, Дж/см	Масса, г		Коэффициент		
Провара, $\psi_{\text{пр}}$	Валика, $\psi_{\text{в}}$	проплавления	наплавки				Расплавленной проволоки	Наплавленного металла	Плавления г/(Ач)	Наплавки г/(Ач)	Потерь, %

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009.

– 670 с. : ил. – (Техническое образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 662. – ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа № 15

Тема: «ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ»

Цель: изучить оборудование для дуговой сварки и приобрести навыки его настройки на оптимальный режим по качеству сварного шва.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: оборудование для дуговой сварки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить влияние силы сварочного тока на качество шва при сварке стали различной толщины.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками настройки оборудования на оптимальный режим по качеству сварного шва.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Заключается в изучении сварочного оборудования (виды источников питания сварочной дуги, их устройство и принцип действия), приобретении навыков настройки на оптимальный режим, который оказывает существенное влияние на качество сварного шва.

Теоретическая часть

При дуговой электросварке применяют следующие источники питания дуги: сварочные генераторы постоянного тока, сварочные выпрямители и сварочные трансформаторы. Все источники сварочного тока должны обеспечивать возможность короткого замыкания, надежность зажигания и горения дуги, регулирование силы тока. При сварке на постоянном токе дуга отличается устойчивостью, возможна сварка высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов, сталей малых толщин. На рисунке 1 показана принципиальная электрическая схема

распространенного сварочного преобразователя постоянного тока ПС-500. Такие преобразователи имеют две обмотки – намагничивающую (возбуждения) Φ_n и размагничивающую Φ_p , включенную в сварочную цепь. При сварке размагничивающая обмотка создает магнитный поток, обратный потоку, создаваемому намагничивающей обмоткой, и поэтому результирующий магнитный поток уменьшается. С уменьшением сопротивления сварочной электрической цепи (при уменьшении длины дуги) отношение напряжения к сопротивлению остается практически неизменным. Таким образом, сила тока при колебаниях длины дуги и коротких замыканиях (замыкание дуги, переход капли металла с электрода в шов) практически изменяется мало.

Силу сварочного тока регулируют реостатом R , включенным в цепь намагничивающей обмотки (обмотки возбуждения). Силу сварочного тока регулируют (грубо) секционированием размагничивающей обмотки. В таблице 1 приведены технические данные однопостовых сварочных преобразователей.

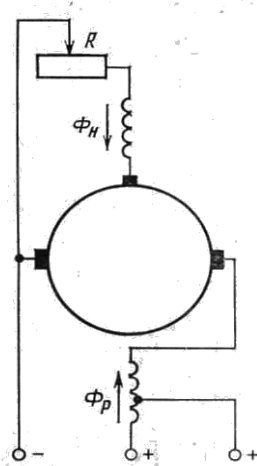


Рисунок 1. Электрическая схема сварочного преобразователя ПС-500

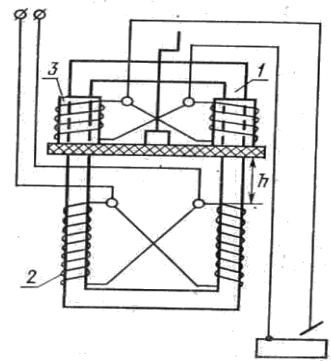


Рисунок 2. Схема сварочного трансформатора ТД-303 (ТД-504):

1 – стержень сердечника; 2 – первичная обмотка; 3 – вторичная обмотка.

Питание сварочной дуги постоянным током возможно от сварочных выпрямителей, которые собраны из полупроводников (селеновых или

кремниевых диодов). В таблице 2 приведены технические данные однопостовых сварочных выпрямителей.

Сварочные трансформаторы ТД-303 и ТД-504 (номинальные сварочные токи 300 и 500 А) имеют одинаковое устройство и отличаются размерами и мощностью (табл. 3). Они относятся к сварочным трансформаторам с увеличенным магнитным рассеиванием. На рисунке 2 приведена принципиальная схема сварочного трансформатора ТД-303. На сердечнике 1 внизу размещены неподвижные катушки 2 с первичной обмоткой, вверху – подвижные катушки 3 со вторичной обмоткой. Первичная обмотка включена в силовую сеть, а вторичная – в сварочную цепь. Силу сварочного тока регулируют изменением расстояния h между первичной и вторичной обмотками. При увеличении расстояния h магнитный поток рассеивается, то есть не полностью идет по стержню 1, э. д. с. самоиндукции и индуктивное сопротивление увеличиваются и соответственно уменьшается ток в сварочной цепи. С увеличением сварочного тока (например, при замыкании) магнитный поток рассеивания возрастает и во вторичной обмотке трансформатора увеличиваются э.д. с. самоиндукции и индуктивное сопротивление, что создает резкое падение напряжения (крутопадающую внешнюю характеристику источника питания).

Для сварки конструкционных сталей применяют электроды, изготовленные из проволоки длиной от 225 до 450 мм и диаметром от 1,6 до 12 мм (ГОСТ 94-75). Наиболее часто используют электроды длиной 350, 400 и 450 мм и диаметром 3,4 и 5 мм.

Согласно ГОСТ 9466-75 условное обозначение электродов для сварки и наплавки представляют собой длинную дробь, например:

Э46-МР-3-4.0-УД2 Е431 (3) - РБ23

В числителе записаны: Э46 — тип электрода; МР-3 — его марка; 4,0 — диаметр, мм; УД2: У — название электрода (для сварки конструкционных сталей с $\sigma_{\text{в}} < 600$ МПа), Д — толщина покрытия (толстое), 2 — группа электрода по качеству изготовления.

В знаменателе записаны: буква «Е» (электрод); 431 (3) – группа индексов, характеризующая металл шва; РБ23; РБ – вид покрытия, 2 – допустимые пространственные положения при сварке (кроме вертикального, сверху вниз), 3 – требования к электропитанию дуги (переменный и постоянный ток, обратная полярность) .

Важным параметром электродуговой сварки является сила сварочного тока. При недостаточной силе сварочного тока шов получается тонким с непроварами, при избыточной силе сварочного тока возникают подрезы, прожоги, ухудшается структура металла. В данной работе сила сварочного тока $I_{св}$ для ручной электродуговой сварки стали в нижнем положении ориентировочно определяется по формуле академика К. К. Хренова

$$I_{св} = (20 + 6d_э) \cdot d_э,$$

где $d_э$ – диаметр металлического электрода, мм.

Таблица 1. Преобразователи и генераторы для дуговой сварки

Марка преобразователя, генератора	Сила тока, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВА	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальная ПН-60%	предел регулирования	номинальное рабочее	холостого хода			
ПД-305У2	315	40-350	32	82	10,4	1300х600х850	295
ПД-502У2	500	75-500	40	80	33	1065х650х935	550
ПСО-ЭОО-2У2	315	115-315	32	90	16	1069х620х822	435
ГД-304У3	315	15-350	32,6	75-80	-	676х622х698	260
ПСО-300-5У2	315	100-315	32	90	9,6	740х475х860	275

Таблица 2. Выпрямители сварочные

Марка выпрямителя	Сила тока, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВА	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальная ПН-60%	предел регулирования	номинальное рабочее	холостого хода			
28	200	30-200		64-71	15	716х622х775	120
32	315	45-315		61-70	24	785х780х830	180
ВД-502-2У3	500	50-500	40	80	42	810х550х1077	348

Таблица 3. Сварочные трансформаторы

Марка выпрямителя	Сила тока, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВА	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальная ПН-60%	предел регулирования	номинальное рабочее	холостого хода			
ТД-166У2	160	60-175	26,4	70	11,4	570x325x530	38
ТД-506У2	250	100-300	30	70	17,5	630x365x590	65
ТДМ-250У2	250	100-260	30	80	—	420x260x450	49
ТД-500-4У2	500	100-560	40	60/76*	32	570x520x835	210
ТДМ-317У2	315	60-360	32,6	80/62*	—	585x555x818	130
ТДМ-401У2	400	80-460	36	80/64*	—	585x760x819	160
ТДМ-503У2	500	75-580	40	75/65*	35	555x585x688	175
ТДМ-502У3	500	100-565	40	75	26,5	720x845x780	240
ТД-504	500	165-650	40	60	—	—	195
ТД-303	300	110-385	35	65	20,0	—	120

Вопросы

1. Сущность ручной дуговой сварки.
2. Исследование влияния покрытия электродов на качество сварного шва.
3. Источники питания сварочной дуги постоянным
4. Источник питания сварочной дуги переменным током.

Задания

1. Ознакомиться с техникой безопасности при электродуговой сварке.

Изучить оборудование, приборы, и приспособления для дуговой сварки.

Приобрести практические навыки зажигания и поддержания дуги с различными положениями сварного шва при сварке стыкового соединения пластин из стали.

Определить влияние силы сварочного тока на качество шва при сварке стали различной толщины в такой последовательности:

- а) определить ориентировочно силу сварочного тока для сварки стальных пластин электродом диаметром $d_{э}=3$ мм;
- б) очистить металлической щеткой пластины из стали Ст3 толщиной 1, 3 и 6 мм и собрать под прихватку;
- в) прихватить и сварить пластины толщиной 1, 3 и 6 мм в один проход (режим, см. пункт а);
- г) удалить со швов шлак (после полного остывания) и визуально оценить качество швов, полученных на пластинах различной толщины, измерить ширину шва;
- д) сломать по шву сваренные пластины, измерить высоту усиления и глубину провара шва;
- е) визуально оценить по ширине шва и излому его качество.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>
2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялов, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>
3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. —

216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009. — 670 с. : ил. — (Техническое образование). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 662. — ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_М 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

Практическая работа №16

Тема: «ДУГОВАЯ И ВОЗДУШНО-ДУГОВАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ»

Цель: изучить особенности дуговой и воздушно-дуговой резки металлов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: особенности дуговой и воздушно-дуговой резки металлов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить производительность процесса и расход материалов при резке электрической дугой листовой низкоуглеродистой стали плавящимся и неплавящимся электродами.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками настройки оборудования на оптимальный режим.

Формируемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

Актуальность темы: Изучается сущность дуговой и воздушно-дуговой резки металлов и область их применения.

Теоретическая часть

При дуговой резке расплавленный металл удаляется из зоны резки механическим воздействием сварочной дуги и под действием собственного веса. Этим методом можно резать низкоуглеродистые стали, легированные, цветные металлы и чугун.

Резку электрической дугой производят металлическим и угольным электродами. В практике широко применяют обычные толстопокрытые электроды типа Э42, Э46. Метод резки металлов электрической дугой имеет и некоторые недостатки: низкую производительность процесса, недостаточную чистоту реза, науглероживание кромок, при резке угольным электродом, натеки на нижней кромке, большой расход основного металла.

Производительность процесса электродуговой резки определяется количеством (г) выплавленного металла в единицу времени

$$G_B = \alpha_B \cdot I_{CB} \cdot t \quad (1)$$

откуда

$$\alpha_B = \frac{G_B}{(I_{CB} \cdot t)}, \quad (2)$$

где G_B – количество металла, выплавленного за 1 ч, г;

α_e – коэффициент выплавки, г/(А·ч).

Производительность зависит от силы тока и угла наклона электрода относительно поверхности обрабатываемого металла. Установлено, что наибольшая производительность будет при угле наклона 10° (рисунок 1). При таком угле наклона повышается эффективная тепловая мощность дуги за счет уменьшения потерь тепла в окружающее пространство.

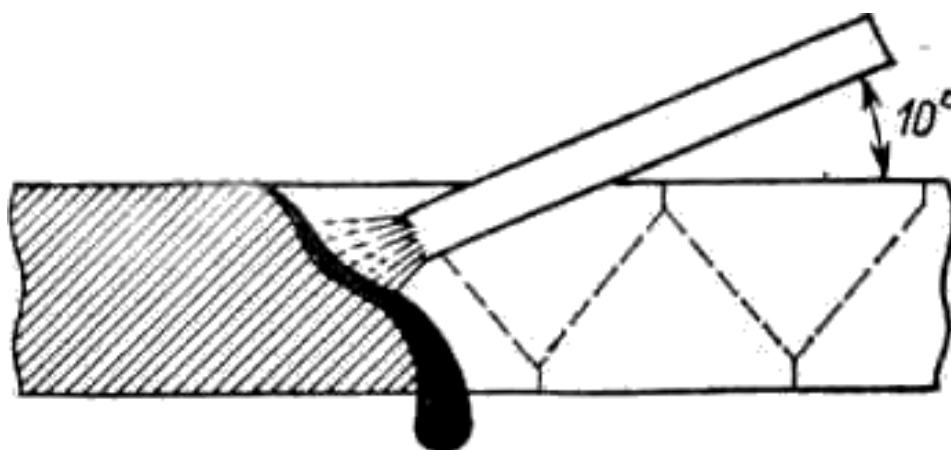


Рисунок 1 – Схема дуговой резки металлическим электродом

Воздушно-дуговая резка черных металлов наиболее производительна при использовании постоянного тока обратной полярности, а при резке цветных металлов – прямой полярности. При дуге прямой полярности под действием высокой температуры и других факторов на аноде плавление металла происходит интенсивно. При этом образуется чашеобразное углубление, по которому растекается расплавленный металл, удаление которого воздухом затруднено. Производительность резко падает. При резке на постоянном токе обратной полярности расплавленный металл образует форму конического выступа за

счет движения потока электронов к аноду. Он более подвижен и текуч и легко удаляется струей воздуха.

Основным рабочим инструментом является резак. В зависимости от назначения и метода подачи воздуха применяют в основном два вида резаков: резак с обтекаемой подачей воздуха и с боковой подачей воздуха.

Производительность воздушно-дуговой резки и строжки прямо пропорциональна силе тока, поэтому целесообразно применять мощные сварочные генераторы. Рекомендуемые значения силы тока в зависимости от диаметра электрода приведены ниже:

Диаметр электрода, мм	6	8	10	12
Сила тока, А	120 – 250	160 – 320	250 – 400	350 – 500

Питание резака сжатым воздухом осуществляется от цеховой сети под давлением 0,4-0,6 МПа или от сети индивидуального компрессора. Если давление больше, то обрывается дуга, а если меньше – слабо выдувается металл. Вылет электрода не должен превышать 100 мм. При работе электрод «обгорает» и периодически должен выдвигаться на ту же величину. Воздушный вентиль открывают до начала резки. Возбуждение дуги производится при поступлении воздуха. Выплавка металла начинается немедленно с появлением дуги, поэтому дугу надо возбуждать в намеченной точке реза. Во всех случаях строжки электрод устанавливается под углом 35-40° к поверхности металла. При использовании резаков с боковой подачей воздуха (рисунок 2) отверстия для воздуха должны быть внизу по отношению к рабочему концу угольного электрода в призме резака.

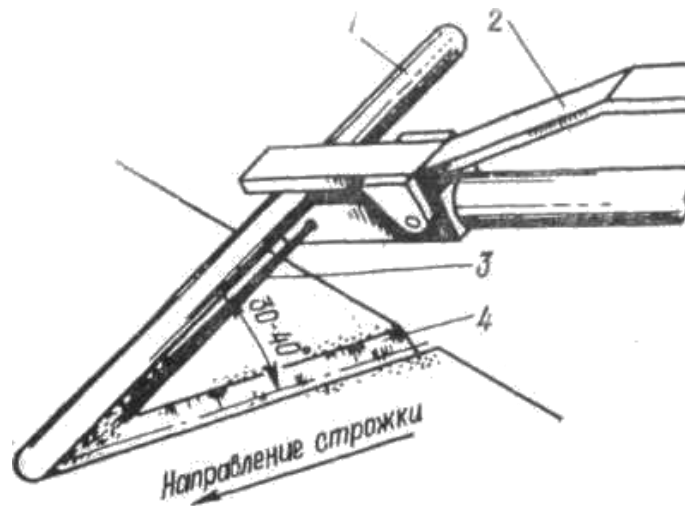


Рисунок 2 - Схема воздушно-дуговой строжки: 1 – электрод; 2 – резак;
3 – воздушная струя; 4 – канавка

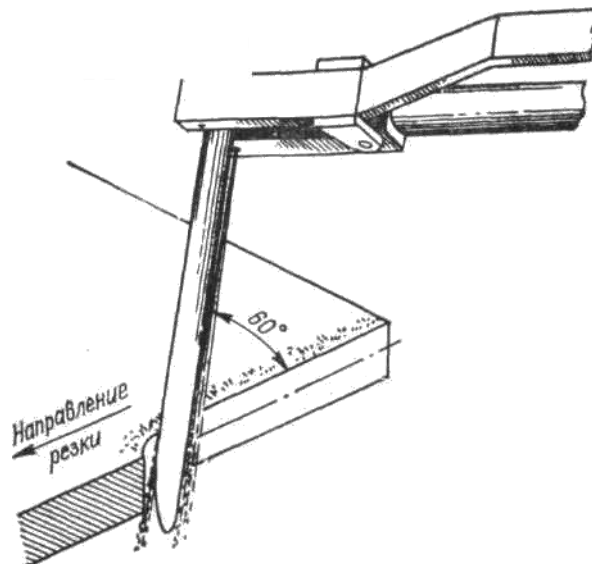


Рисунок 3 - Схема разделительной воздушно-дуговой резки

Движение резака производится по направлению конца электрода с постоянным касанием передней кромки расплавленной ванны. Скорость перемещения примерно 500-2000 мм/мин, а глубина канавки увеличивается с увеличением силы тока, угла между электродом и металлом и с уменьшением скорости движения электрода.

При резке (рисунок 3) электрод располагается под углом $45-60^\circ$ по отношению к изделию. Если наклонить электрод в поперечном направлении к линии реза, то можно получить резку со скосом кромок. Особого внимания заслуживает резка этим способом нержавеющей стали толщиной до 15 мм.

Воздушно-дуговой поверхностной и разделительной резке могут подвергаться цветные металлы и их сплавы. Однако применение этого способа для разделения цветных металлов требует повышения погонной энергии ввиду более высокой теплоемкости и теплопроводности этих материалов. С помощью воздушно-дуговой резки можно удалять все дефекты в сварных швах, в стальном литье – газовые и усадочные раковины, шлаковые включения, земляные засоры, трещины, рыхлости и пористости.

Задания

Опыт первый

1. Определить производительность процесса и расход материалов при резке электрической дугой листовой низкоуглеродистой стали плавящимся и неплавящимся электродами.
2. Заточить графитовый или угольный электрод под углом $60-90^\circ$ и закрепить его в держателе.
3. Зачистить и взвесить пластины и графитовые электроды с держателем.
4. Рассчитать массу стержня металлического электрода.
5. Подобрать силу тока для резки по диаметру электрода. Для всех случаев резки сила тока сохраняется.
6. Закрепить пластину струбциной к подставке.
7. Отметить мелом линии реза.
8. Произвести резку угольным электродом на длине 70-80 мм, отмечая силу тока, напряжение и время горения дуги.
9. Охладить пробу в воде и очистить от брызг и шлака.

10. Взвесить пластину и электрод с держателем. Количество выплавленного металла и части угольного электрода устанавливается как разность масс до и после резки.

11. Повторить опыт, выполняя резку толстопокрытыми электродами на этой же пластине.

12. Рассчитать производительность для обоих методов резки.

13. Определить α_e по формуле (2).

14. Повторить опыт 1 при резке нержавеющей стали.

Опыт второй

1. Определить производительность, расход электродного материала при воздушно-дуговой резке металлов из низкоуглеродистой стали марки 1Х18Н9Т, руководствуясь указаниями опыта 1.

Опыт третий

1. Определить производительность воздушно-дуговой строжки низкоуглеродистой стали. Выплавить три канавки при различных наклонах электрода к обрабатываемой поверхности, руководствуясь указаниями опыта 1.

Опыт четвертый

1. Произвести резку и строжку низкоуглеродистой стали воздушно-дуговым способом на постоянном токе на прямой полярности и убедиться в непригодности этого способа (малая производительность, большой расход электроэнергии, неустойчивость процесса резки и строжки)

Опыт пятый

1. Произвести воздушно-дуговую резку и строжку малоуглеродистой стали и стали марки 1Х18Н9Т при питании дуги переменным током и наличии в цепи осциллятора, руководствуясь указаниями опыта 1.

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты опытов

Вид резки	Результаты замеров								Результаты расчетов			
	Масса электрода, г		Масса пробы, г		Режим				Масса, г		Коэффициент выплавки, г/(А·ч)	Производительность процесса, кг/ч
	до резки	после резки	до резки	после резки	Род тока и полярность	Сила тока, А	Напряжение, В	Время горения дуги, с	расходованных электродов	выплавленного металла		

Содержание отчета и его форма

1. Название и цель работы.
2. Методика постановки опытов.
3. Таблица записей и результатов расчетов.
4. Выводы и объяснения полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Сущность дуговой и воздушно-дуговой резки металлов и область их применения.
2. Почему при воздушно-дуговой резке металлов применяется постоянный ток обратной полярности?
 1. От чего зависит производительность процесса дуговой резки?
 2. Преимущества воздушно-дуговой резки и строжки металлов.
 3. Техника воздушно-дуговой резки и строжки металлов.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература:

1. Шестель, Л. А. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. А. Шестель, В. Ф. Мухин, Д. А. Куташов. — Электрон. текстовые данные. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 171 с. — 978-5-8149-2463-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78457.html>

2. Аюпов, Р. Ш. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиялков, Ф. А. Гарифуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 424 с. — 978-5-7882-2084-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79570.html>

3. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 216 с. — 978-5-7829-0514-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73320.html>.

4. Технология изготовления сварных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. — 4-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский политехнический университет, 2016. — 112 с. — 978-5-4387-0667-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83988.html>

Дополнительная литература:

1. Волхонов, В. И. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Волхонов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 85 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46303.html>

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / [О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. — 3-е изд., испр. и доп. — Минск : Новое знание, 2009.

– 670 с. : ил. – (Техническое образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 662. – ISBN 978-985-475-355-3; 621.7_M 34

Интернет-ресурсы:

1. www.dprm.ru/materialovedenie
2. k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml

Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение не требуется.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ПРОИЗВОДСТВО СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Общая характеристика самостоятельной работы бакалавра по дисциплине «Производство сварных конструкций»	4
План-график выполнения самостоятельной работы	6
Методические рекомендации по изучению теоретического материала	8
Вопросы для собеседования	13
Вопросы к экзамену	16
Тесты	21
Литература	35

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, прежде всего в связи с подписанием Болонской конвенции и вступлением России в международное образовательное сообщество, возрастает роль компетентностного подхода в подготовке бакалавров, который предусматривает переход от так называемой «знаниевой» парадигмы к системно-деятельностной. Возрастает роль самостоятельной работы студентов, и в связи с этим, особую значимость в практике современного образования приобретают формы и методы работы, которые стимулируют самостоятельность и творчество студентов.

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и научная работа, выполняемая по заданию преподавателя под его методическим и научным руководством. Это неотъемлемая составляющая образовательного процесса в высшем учебном заведении. Самостоятельная работа – это активные формы и методы обучения, это единство учебно-воспитательной и научно-производственной работы, это сотрудничество студента с преподавателем.

Самостоятельная работа может быть как аудиторной, так и внеаудиторной и включает: подготовку к аудиторным занятиям и выполнение соответствующих заданий; выполнение самостоятельных заданий в лабораторных практикумах и практических заданиях; работу над отдельными темами учебных дисциплин; выполнение контрольных и курсовых работ, написание рефератов; прохождение практик и выполнение предусмотренных ими заданий; подготовку ко всем видам контрольных испытаний; подготовку к итоговой аттестации и выполнение выпускной квалификационной работы; участие в научной и научно-методической работе, в научных и научно-практических конференциях, семинарах.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОИЗВОДСТВО СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Цель освоения дисциплины – расширенное ознакомление студентов с технологическими процессами, применяемыми в современном сварочном производстве при изготовлении разнообразных сварных конструкций, выработка инженерного представления о целесообразности применения тех или иных технических средств, приёмов и способов, обеспечивающих условия для протекания сварочных процессов в установленных режимах.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами знаний и практических навыков по современным технологиям производства сварных конструкций и тенденциям их совершенствования;
- владение приемами работы на современных видах оборудования для производства сварных конструкций, обеспечивающих широкие возможности реализации современных технологий;
- формирование у студентов представлений о возможностях использования современных видов сварочного оборудования на основе вычислительной техники, современных технологий и технологий программирования при решении различного вида производственных задач;
- обучение принципам построения моделей сварочных приспособлений и оборудования;
- развитие навыков алгоритмического мышления, получение знаний и практических навыков по разработке, отладке и тестированию современных сварочных установок;
- систематизация и расширение знаний приемов и методов проектирования сварочных технологий, оборудования для производства сварных конструкций, подготовка к их осознанному использованию при решении различного вида прикладных задач.

Цель самостоятельного решения задач : Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов;
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Цель подготовки к собеседованию - освоить материал, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в

соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по дисциплине "Технологические процессы в машиностроении". В ходе собеседования преподаватель ориентирует студента на успешную сдачу экзамена.

Студент в ходе выполнения самостоятельной работы должен овладеть следующими компетенциями и индикаторами:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2. Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности	ИД-1 _{ПК-2} Анализирует технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности	Анализировать технологичность конструкции деталей машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-2} Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства	Выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства деталей машиностроения средней сложности.
ПК-3. Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве.	ИД-1 _{ПК-3} Понимает причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.	Понимать причины брака при производстве изделий машиностроения средней сложности.
	ИД-2 _{ПК-3} Разрабатывает методики контроля изделий средней сложности	Разрабатывать методики контроля изделий средней сложности в механосборочном производстве.
	ИД-3 _{ПК-3} Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины	Осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Тема 1. Основные способы изготовления сварных конструкций сварки плавлением.	1 неделя
2	Тема 2. Классификация дефектов и методов контроля. Внешний осмотр и измерения сварных швов. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений и конструкций.	3 неделя
3	Тема 3. Технические условия на изготовление сварных конструкций. Технологичность изготовления сварных конструкций. Общие принципы проектирования технологических процессов сварки. Порядок разработки технологического процесса изготовления сварных конструкций. Порядок разработки технологического процесса изготовления сварных конструкций. Нормативная документация на сварочные технологические процессы.	5 неделя
4	Тема 4. Задачи проектирования сварочного производства. Структура сборочно-сварочного цеха. Планировка участков сборочно-сварочного цеха. Строительные конструкции промышленных зданий. Планировка размещения оборудования на участках. Планировка размещения оборудования на участках. Транспортные операции в сварочном производстве.	7 неделя
5	Тема 5. Классификация и общие требования к сборочно-сварочным приспособлениям. Порядок проектирования сборочно-сварочных приспособлений. Основные элементы сборочно-сварочных приспособлений. Типовые специализированные сборочно-сварочные приспособления. Основные элементы сборочно-сварочных приспособлений. Типовые специализированные сборочно-сварочные приспособления.	9 неделя
6	Тема 6. Требования к технологии изготовления сосудов, работающих под давлением. Изготовление тонкостенных сосудов. Изготовление толстостенных сосудов.	11 неделя
7	Тема 7. Изготовление сварных труб. Сварка стыков магистральных трубопроводов. Сборка и сварка технологических трубопроводов. Сварка трубопроводов из	13 неделя

	полимерных материалов. Технология сварки газопроводов из полимерных труб.	
8	Тема 8. Технология изготовления крупных деталей машиностроения в мелкосерийном производстве. Изготовление деталей машиностроения в серийном и крупносерийном производстве.	15 неделя

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к лекциям	1, 2,3,4	1, 2,3	1, 2, 3	1, 2,3
2	Подготовка к лабораторным работам	1, 2,3,4	1, 2,3	1, 2, 3	1, 2,3
3	Подготовка к практическим работам	1, 2,3,4	1, 2,3	1, 2, 3	1, 2,3
4	Самостоятельное изучение литературы	1, 2,3,4	1, 2,3	1, 2, 3	1, 2,3

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Радченко, М. В. Производство сварных конструкций. Опасные производственные объекты : учебник / М. В. Радченко, В. Г. Радченко, Т. Б. Радченко. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 532 с. — ISBN 978-5-9729-0746-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/192606>

2. Мандров, Б. И. Технологическая оснастка и механическое оборудование сварочного производства : учебное пособие / Б. И. Мандров, А. А. Попова. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-9729-0868-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281849>

3. Овчинников, В. В. Сварочное производство. Оборудование для производства сварных конструкций : учебник / В. В. Овчинников, М. А. Гуреева. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024 — Том 3 — 2024. — 596 с. — ISBN 978-5-9729-1701-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/428873>

4. Федосов, С. А. Основы технологии сварки : учебное пособие / С. А. Федосов, И. Э. Оськин. — 3-е изд., испр. — Москва : Машиностроение, 2021.

— 125 с. — ISBN 978-5-907104-69-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175276>

Дополнительная литература

1. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки : учебное пособие / А. С. Климов, И. В. Смирнов, А. К. Кудинов, Г. Э. Кудинова. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1153-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210632>

2. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие для вузов / И. В. Смирнов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 268 с. — ISBN 978-5-507-54448-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/508565>

3. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением : учебное пособие для вузов / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин, В. И. Гирш [и др.] ; под редакцией Г. Г. Чернышова, Д. М. Шашина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-6853-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152649>

Методическая литература

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Производство сварных конструкций» – рукопись.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Производство сварных конструкций» – рукопись.

3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы студентов по дисциплине «Производство сварных конструкций» – рукопись.

4. Конспект лекций по курсу «Производство сварных конструкций» – рукопись.

Интернет-ресурсы

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.

2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.

3. <https://www.chipmaker.ru> – Металлический форум. Все о работе с металлом

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, –

советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Такой перечень должен быть систематизированным.
- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге.
- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.
- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

• Естественным, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

• Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

• Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

• «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

• Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае молодой ученый будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или

частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста**:

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от аспиранта целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Лабораторная и практическая работа.

Для того чтобы лабораторные и практические работы приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что работы проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а

именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных работах как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач в ходе подготовки к лабораторной работе и практической работе нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Отчеты по лабораторным работам при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код оцениваемой компетенции, индикатора (ов)	Этап формирования компетенции (№ темы)	Средства и технологии оценки	Вид контроля, аттестация	Тип контроля	Наименование оценочного средства
8 семестр					

ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3	Тема 1-8	Собеседование	Текущий	Устный	Вопросы для собеседования
ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3	Тема 1- 8	Тестирование	текущий	письменный	комплект тестовых заданий
ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3	Тема 1-8	Собеседование	Текущий	Письменный	Темы индивидуальных заданий
ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3	Тема 1-8	Собеседование	Промежуточный (Экзамен)	Устный	Вопросы к экзамену

Вопросы для собеседования

Тема 1. Классификация сварных конструкций. Общие вопросы технологии изготовления сварных конструкций.

1. Принципы классификаций сварных конструкций.
2. Материалы для изготовления сварных конструкций.
3. Детали для изготовления сварных конструкций.
4. Сварочные материалы.
5. Свариваемость металлов.
6. Общие вопросы технологии изготовления сварных конструкций.
7. Виды заготовительных операций и оборудования.
8. Основные способы изготовления сварных конструкций сварки

плавлением.

Тема 2. Методы контроля качества сварных соединений.

1. Классификация дефектов и методов контроля.
2. Внешний осмотр и измерения сварных швов.
3. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений и конструкций.

Тема 3. Проектирование технологических процессов изготовления сварных конструкций.

1. Технические условия на изготовление сварных конструкций.
2. Технологичность изготовления сварных конструкций.
3. Общие принципы проектирования технологических процессов сварки.

4. Порядок разработки технологического процесса изготовления сварных конструкций.

5. Порядок разработки технологического процесса изготовления сварных конструкций.

6. Нормативная документация на сварочные технологические процессы.

Тема 4. Основы проектирования цехов и участков сварочного производства.

1. Задачи проектирования сварочного производства.

2. Структура сборочно-сварочного цеха.

3. Планировка участков сборочно-сварочного цеха.

4. Строительные конструкции промышленных зданий.

5. Планировка размещения оборудования на участках.

6. Планировка размещения оборудования на участках.

7. Транспортные операции в сварочном производстве.

Тема 5. Технологические особенности изготовления сварных конструкций.

1. Классификация и общие требования к сборочно-сварочным приспособлениям.

2. Порядок проектирования сборочно-сварочных приспособлений.

3. Основные элементы сборочно-сварочных приспособлений.

4. Типовые специализированные сборочно-сварочные приспособления.

5. Основные элементы сборочно-сварочных приспособлений.

6. Типовые специализированные сборочно-сварочные приспособления.

Тема 6. Технология изготовления сварных сосудов, работающих под давлением.

1. Требования к технологии изготовления сосудов, работающих под давлением.

2. Изготовление тонкостенных сосудов.

3. Изготовление толстостенных сосудов.

Тема 7. Производство сварных труб и монтаж трубопроводов.

1. Изготовление сварных труб.

2. Сварка стыков магистральных трубопроводов.

3. Сборка и сварка технологических трубопроводов.

4. Сварка трубопроводов из полимерных материалов.

5. Технология сварки газопроводов из полимерных труб.

Тема 8. Производство корпусных конструкций и сварных деталей машин.

1. Технология изготовления крупных деталей машиностроения в мелкосерийном производстве.

2. Изготовление деталей машиностроения в серийном и крупносерийном производстве.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить лабораторные и практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-2}, ИД-2_{ПК-2}, ИД-1_{ПК-3}, ИД-2_{ПК-3}, ИД-3_{ПК-3}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-2} ,	степень усвоения программного материала	

ИД-2ПК-2, ИД-1ПК-3, ИД-2ПК-3, ИД-3ПК-3	Правильность и четкость ответов	
	способность ориентироваться при ответе на полученные навыки работы в изучаемом программном продукте;	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Вопросы к экзамену

1. Каковы принципы классификаций сварных конструкций?
2. На какие типы классифицируют сварные конструкции?
3. Каковы особенности работы сварных конструкций?
4. Какие материалы применяют для изготовления сварных конструкций?
5. Каковы основные способы изготовления заготовок для производства сварных конструкций?
6. Какие виды операций включает заготовительное производство?
7. Какие способы существуют для получения конических обечаек?
8. Какие основные причины возникновения сварочных напряжений, деформаций и перемещений?
9. Как классифицируют методы контроля материалов и сварных соединений?
10. Что включает в себя понятие «система контроля качества сварных конструкций»?
11. Какие существуют основные типы дефектов подготовки и сборки изделий под сварку?
12. Какие существуют основные типы дефектов формы швов?
13. Как выполняют контроль сосудов давления и труб на герметичность?
14. В чем состоит система аттестации сварочного производства?
15. Какие показатели оценивают при аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства?
16. Что понимают под технологичностью изготовления сварных конструкций?
17. Что такое сборочная единица?
18. По каким признакам классифицируют нормативные документы на сварку?
19. Как решаются вопросы автоматизации управления работой сварочных цехов?
20. Какие средства применяют для транспортировки заготовок, деталей и готовых узлов?
21. Какие грузозахватные устройства используют для захвата и перемещения деталей и узлов?

22. По каким признакам классифицируют сборочно-сварочные приспособления?

23. Какие возникают основные затруднения при сварке малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей?

24. Какие существуют способы дуговой сварки изделий из алюминиевых сплавов?

25. Какие основные затруднения возникают при сварке титановых сплавов?

26. Какие способы сварки применяют при изготовлении сосудов?

27. Каковы особенности изготовления толстостенных сосудов?

28. В каких случаях целесообразно использование многослойных сосудов?

29. Каковы приемы изготовления многослойных сосудов.

30. Опишите технологию изготовления прямошовных труб.

31. Опишите технологию изготовления спиралешовных труб.

32. Трубы каких диаметров изготавливают из рулонной стали?

33. Как сваривают поворотные и неповоротные стыки магистральных трубопроводов?

34. Чем различаются методы монтажа магистральных и технологических трубопроводов?

35. Какие способы сварки используют при монтаже трубопроводов и почему?

36. В чем заключается модульный принцип разбивки на секции для корпусов судов с упрощенной формой обводов?

37. В чем состоит различие условий сборки и сварки корпуса корабля на стапеле и в доке?

38. Какие виды покрытий существуют для покрытых электродов?

39. По каким признакам классифицируют сварочные флюсы?

40. Какие защитные газы применяют при сварке?

41. Что включает в себя понятие «свариваемость металлов»?

42. На какие группы классифицируют металлы по свариваемости.

43. Какие дефекты сварных соединений считают наиболее опасными и почему?

44. Какие существуют области применения разрушающих методов контроля?

45. Каковы физические принципы радиационных и ультразвуковых методов контроля сварных соединений и изделий?

46. Каковы физические принципы магнитных и электромагнитных методов контроля сварных соединений?

47. Каковы физические принципы методов контроля сварных соединений проникающими веществами?

48. Какие показатели оценивают при аттестации сварочных материалов и сварочного оборудования?

49. Какие показатели оценивают при аттестации технологий сварки?

50. Каковы общие правила заполнения технологических документов на сварку?
51. Что представляют собой технологические карты сборочно-сварочных работ?
52. Как классифицируют подвесные конвейеры?
53. Каковы основные типы загрузочных устройств?
53. В чем причина образования горячих трещин при сварке магниевых сплавов?
53. Какие особенности характерны для сварки латуни и бронзы?
53. Какие материалы могут быть использованы для изготовления тонкостенных сосудов?
54. Что является критерием при определении типа сосуда: тонкостенный сосуд или толстостенный?
55. В чем заключается целесообразность применения электрошлаковой сварки при изготовлении деталей тяжелого и энергетического машиностроения?
56. Чем определяется выбор метода сварки кольцевых стыков при изготовлении гидравлических и тепловых (газовых) турбин?

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед экзаменом студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-1_{ПК-2}, ИД-2_{ПК-2}, ИД-1_{ПК-3}, ИД-2_{ПК-3}, ИД-3_{ПК-3} компетенции и индикаторы. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и

учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу и выполнить практические работы по темам дисциплины.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность и четкость ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1ПК-2 ИД-2ПК-2 ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-3ПК-3	последовательность и рациональность изложения	
	степень усвоения программного материала	
	знание материала, рекомендованного по теме;	
	соответствие содержания теме	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Индивидуальные задания

по теме «Проектирование технологического процесса сварки конструкций из стали»

Структура работы:

1. Описать свариваемую сталь по плану: химический состав, механические свойства, свариваемость, мероприятия по предотвращению или уменьшению возможности получения холодных или горячих трещин, коробления и остаточных напряжений.
2. Выбрать по марке свариваемой стали и механическим свойствам, марку, тип электрода или присадочного материала.
3. Выбрать род сварочного тока (и при необходимости полярность).
4. Выбрать диаметр электрода.
5. Выбрать силу сварочного тока, используя формулы для ручной, полуавтоматической или автоматической сварки.
6. Выбрать источник сварочного тока с приведением технической характеристики.
7. Выбрать форму разделки кромок, технологию наращивания шва по длине и толщине, схему движения электрода, положение шва в пространстве, приспособления и т.п.
8. Зарисовать схему сварного соединения.

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части
Знать	Технологические процессы сварки, оборудование, материалы, инструменты и приспособления.	ИД-1 _{ПК-2} , ИД-2 _{ПК-2} , ИД-1 _{ПК-3} , ИД-2 _{ПК-3} , ИД-3 _{ПК-3}
Уметь	Привести схему сварного соединения с проставлением параметров, согласно заданию и обозначением на рисунке.	ИД-1 _{ПК-2} , ИД-2 _{ПК-2} , ИД-1 _{ПК-3} , ИД-2 _{ПК-3} , ИД-3 _{ПК-3}
Владеть	Методикой расчёта для электродуговой и газовой сварки.	ИД-1 _{ПК-2} , ИД-2 _{ПК-2} , ИД-1 _{ПК-3} , ИД-2 _{ПК-3} , ИД-3 _{ПК-3}

Графическая часть выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации, ГОСТ 2.001 – 2013; ГОСТ 2.123 – 93 и выполняется в одной из систем автоматизированного проектирования.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки или продемонстрированы навыки владения информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: темы индивидуальных заданий.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-2}, ИД-2_{ПК-2}, ИД-1_{ПК-3}, ИД-2_{ПК-3}, ИД-3_{ПК-3}.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо самостоятельное изучение литературы.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

При проверке задания, оцениваются последовательность и рациональность выполнения, точность расчетов.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-2} , ИД-2 _{ПК-2} , ИД-1 _{ПК-3} , ИД-2 _{ПК-3} , ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Тесты

Паспорт фонда тестовых заданий

№ п/ п	Проверяемые темы дисциплины	Проверяемые компетенции	Тип теста*			
			зф ¹	оф ²	ус ³	пп ⁴
1	Классификация сварных конструкций	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	20	-	-	-
2	Общие вопросы технологии изготовления сварных конструкций	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	10	1		
3	Методы контроля качества сварных соединений	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	16	-		-
4	Проектирование технологических процессов изготовления сварных конструкций	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	16	-	-	1
5	Основы проектирования цехов и участков сварочного производства	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}			-	1
6	Технологические особенности изготовления сварных конструкций	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	10	-	-	2
7	Технология изготовления сварных сосудов, работающих под давлением	ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	1	-	-	-
	Всего		73	1		4

* отметить тип теста «+»

¹ задания закрытой формы (с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора вариантов);

² задания открытой формы (ответ формулируется самостоятельно);

³ задания на установление соответствия (с установлением правильного соответствия между элементами двух представленных множеств);

⁴ задания на установление правильной последовательности (с указанием правильного порядка перечисленного набора элементов).

Тема 1. Классификация сварных конструкций

I:

S: Какой должна быть ширина зоны нагрева свариваемых стыков?

+: не менее 50мм в каждую сторону стыка

-: не более 20мм в каждую сторону стыка

-: не более 10мм в каждую сторону стыка

I:

S: Что обозначает «Н» в буквенно-цифровом обозначении сварного шва?

+: нахлесточное соединение

-: стыковое соединение

-: тавровое соединение

I:

S: Что обозначают цифры в буквенно-цифровом обозначении сварного шва?

+: цифры являются порядковым номером типа соединения

-: цифры обозначают количество углерода в свариваемом металле

I:

S: Приведите пример обозначения сварочной проволоки

+: Св-08ГА

-: Э46- УОНИ-13/45- 3,9

-: АНО-2

I:

S: Какой вид покрытия зашифрован в обозначении «П»?

+: с прочным покрытием

-: с кислым покрытием

-: с основным покрытием

I:

S: Какой вид покрытия зашифрован в обозначении «А»?

+: с кислым покрытием

-: с основным покрытием

-: с рутиловым покрытием

I:

S: Какое строение имеет углерод в графитовых электродах?

+: кристаллическое строение

-: аморфно

I:

S: Какой символ ставится после марки проволоки, если проволока с омедненной поверхностью?

+:буква «О»

-:буква «М»

-:буква «Д»

I:

S: Порошковая проволока – это

+:непрерывный электрод, состоящий из металлической оболочки и порошкового сердечник

-:электрод источником тепла, которого является дуга

I:

S: Какое свойство не является преимуществом плавящегося флюса перед керамическим?

+:сложный химический состав

-:более высокие технологические свойства

-:меньшая стоимость

I:

S: Какой способ сварки обозначается как «ЗП»?

+:дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом

-:газовая сварка

-:дуговая сварка под флюсом

I:

S: Какой способ сварки обозначается как «Г»?

+:газовая сварка

-:дуговая сварка под флюсом

-:дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом

I:

S: Какой способ сварки обозначается как «Ф»?

+:дуговая сварка под флюсом

-:газовая сварка

-:дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом

I:

S: Ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами – это

+:расплавление сварочной дугой металлического стержня электрода

-:нагрев кромок труб и присадочного металла

-:проплавление основного металла и расплавление электродной проволоки

I:

S: Как производят сварку трубопроводов из сталей марок 15ХМ; 12ХМ при толщине стенок свыше 30 мм?

+:непрерывно до окончательного заполнения разделки

-:с переменной подачей тока

I:

S: Свариваемость – это:

+: способность металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия

-: свойство материалов давать монолитное соединение с химической связью
расплавление металла кромки труб и присадочного материала для получения сварочной ванны

I:

S: Какой свариваемостью обладают низкоуглеродистые стали?

+: хорошо сваривающиеся

-: удовлетворительно сваривающиеся

-: плохо сваривающиеся

I:

S: Как изменяется свариваемость в зависимости от увеличения углерода в стали?

+: ухудшается

-: улучшается

-: никак не изменяется

I:

S: Что не является основным показателем свариваемости металлов?

+: нечувствительность металла к тепловому воздействию сварки

-: окисляемость металла при сварочном нагреве

-: сопротивляемость к образованию пор

I:

S: Какая отличительная особенность не затрудняет свариваемость высоколегированных хромоникелевых сталей?

+: повышенной теплопроводностью

-: высоким коэффициентом теплового расширения

-: полным отсутствием магнитных свойств

Тема 2. Общие вопросы технологии изготовления сварных конструкций

I:

S: Охарактеризуйте сущность сварки.

+: получение неразъемных соединений

-: обеспечение условий сближения кромок

-: изменения твердости и упругости в зоне сварки

-: разрушение пленочных загрязнений на кромках нагревом

-: процесс пластической деформации или расплавления кромок

I:

S: Какой из приведенных ниже видов сварок не является сваркой плавлением?

- +:Сварка трением
- :Газовая
- :Ручная дуговая

I:

S: Какой из приведенных ниже видов сварок не является сваркой трением?

- +:Газопрессовая сварка
- :Сварка взрывом
- :Магнитно-импульсная сварка

I:

S: Чем характеризуется термический класс сварок?

- +:сварку осуществляют плавлением кромок соединяемых частей
- :сварку осуществляют разделкой кромок соединяемых частей

I:

S: Ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами – это

- +:расплавление сварочной дугой металлического стержня электрода
- :нагрев кромок труб и присадочного металла
- :проплавление основного металла и расплавление электродной проволоки

I:

S: Какой шов, по положению в пространстве, наиболее предпочтителен?

- +:Нижний
- :Горизонтальный
- :Вертикальный
- :Потолочный
- :В стык

I:

S: Перечислите основные параметры режима сварки

1. _____,
2. _____,
3. _____.

I:

S:Операции резки, гибки, зачистки, правки по изготовлению деталей сварных конструкций называются:

- +:вспомогательные,
- :сборочные,
- :отделочные,
- :заготовительные.

I:

S: В каком сварном соединении возможны большие деформации?

- + : в тонкостенной конструкции с протяженными швами.
- : в стыковом соединении коротких незакрепленных труб.
- : в угловом соединении хорошо закрепленных пластин.
- : в толстостенной конструкции с протяженными швами.

I:

S: При каких условиях в сварной конструкции возможны большие напряжения?

- + : при сварке стыковых соединений.
- : при сварке пересекающихся стыковых швов.
- : при сварке нахлесточных соединений.
- : при сварке без подогрева.

I:

S: Изменение формы и размеров изделия под действием внешней и внутренней силы называется

- : Напряжением
- + : Деформацией
- : Прочностью
- : Растяжением

Тема 3. Методы контроля качества сварных соединений

I:

S: Обратноступенчатый шов выполняется следующим образом:

- + : от центра (середины) детали к краям,
- : участками (ступенями), длина которых равна длине при полном использовании одного электрод,
- : длину шва разбивают на ступени и сварка каждой ступени производится в направлении, обратном общему направлению сварки,
- : на проход.

I:

S: При сварке вертикальных и горизонтальных швов сила сварочного тока по сравнению со сваркой в нижнем положении должна быть

- + : увеличена на 5-10%,
- : увеличена на 15-20%,
- : уменьшена на 10-15%,
- : не изменяться.

I:

S: Сколько слоев выложите в разделку труб толщиной 4 мм?

- + : один слой.
- : два слоя.
- : три слоя.
- : четыре слоя

I:

S: Какое определение сварочной дуги наиболее правильно?

-:Электрический дуговой разряд в месте разрыва цепи.

+:Электрический дуговой разряд в межэлектродном пространстве в частично ионизированной смеси паров металла, газа, компонентов электродов, покрытий, флюсов.

-:Электрический дуговой разряд в смеси атомов и молекул воздуха.

I:

S: Какими параметрами режима определяется мощность сварочной дуги?

-:Сопротивлением электрической цепи.

-:Величиной напряжения дуги.

+:Величиной сварочного тока и напряжения дуги.

I:

S: Какой из перечисленных факторов в большей степени влияет на ширину шва при РДС?

+:Поперечные колебания электрода.

2-:Напряжение на дуге.

-:Величина сварочного тока.

I:

S: С какой целью на электродный стержень наносят покрытие?

+:Для стабилизации горения дуги, легирования металла шва и защиты сварочной ванны от попадания газов из воздуха и формирования шва.

-:Для предохранения стержня от попадания влаги.

-:Для снижения вероятности образования как холодных, так и горячих трещин в металле шва.

I:

S: Как влияет длина дуги на ширину шва?

-:Не влияет.

-:С увеличением длины дуги ширина шва уменьшается.

+:С увеличение длины дуги ширина шва увеличивается.

I:

S: Укажите максимальное напряжение сети, к которому должно подключаться сварочное оборудование?

+:Не более 380 В.

-:Не более 660 В.

-:Не более 220 В.

I:

S: С увеличением сварочного тока размеры сварочной ванны

+:увеличиваются

-:уменьшаются

-:не изменяются

I:

S: Какой сварной шов называется многослойным?

-:сварной шов, поперечное сечение которого заварено в один слой

+:сварной шов, поперечное сечение которого заварено минимум в два слоя

-:сварной шов, поперечное сечение которого заварено минимум в четыре слоя

I:

S: Что называется корнем шва?

-:часть сварного шва, расположенная на его лицевой поверхности

+:часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности

-:часть сварного шва, расположенная в последнем выполненном слое

I:

S: Непрерывным швом называется

-:сварной шов с равномерными промежутками по длине

+:сварной шов без промежутков по длине

-:сварной шов с неравномерными промежутками по длине

I:

S: Прерывистым швом называется

-:сварной шов с равномерными промежутками по ширине

+:сварной шов с промежутками по длине

-:сварной шов без промежутков по длине

I:

S: Какой тип сварного соединения не существует?

-:стыковое

-:угловое

+:круговое

I:

S: Что называется трещиной?

-:отсутствие соединения между металлом сварного шва и основным металлом или между отдельными валиками сварного шва

+:несплошность, вызванная местным разрывом шва или околошовной зоны, которая может возникнуть в результате охлаждения или действия нагрузок

-:скопление нескольких пор

Тема 4. Проектирование технологических процессов изготовления сварных конструкций

I:

S: Какой способ сварки труб применяется при неповоротном, недоступном положении?

+:способ "в лодочку",

-:способ "с козырьком",

-:с глубоким проваром,

-:погруженной дугой

I:

S: Какое сечение балок наиболее часто встречается?

+:коробчатое, уголок;

-:швеллер, двутавровое;

-:трубчатое, листовое;

-:уголок, труба.

I:

S: К оболочковым конструкциям относятся:

- +:рамы;
- :фермы;
- :резервуары;
- :решётки

I:

S: Конструкции и конструктивные элементы, работающие в основном на поперечный изгиб:

- +:балки;
- :фермы;
- :резервуары;
- :решётки

I:

S: Жестко соединенные между собой балки образуют

- +:колонны;
- :рамы;
- :решётки;
- :фермы.

I:

S: Прихватки следует устанавливать от края детали или от отверстия на расстоянии не менее:

- :5 мм;
- +:10 мм;
- :15 мм;
- :20 мм.

I:

S: Метод сборки, при котором вначале собирают всю конструкцию, а затем ее сваривают:

- :метод оптимальной сборки;
- :метод рациональной сборки;
- +:метод общей сборки;
- :метод узловой сборки.

I:

S: Метод сборки, предусматривающий сборку и сварку отдельных узлов, из которых состоит конструкция, а затем сборку и сварку всей конструкции:

- :метод общей сборки;
- :метод рациональной сборки;
- +:метод узловой сборки;
- :метод оптимальной сборки.

I:

S: К оболочковым конструкциям относятся:

- :конструкции, которые в основном испытывают переменные нагрузки;
- :балки и перекрытия;
- +:ёмкости, трубы, котлы;
- :рамы и фермы.

I:

S: Часть конструкции, представляющая собой соединение двух или нескольких деталей при помощи сварки:

-:позиционер;
 +:сварной узел;
 -:манипулятор;
 -:вращатель.

I:

S: Описание технологического процесса оформляют на специальных бланках, которые называют:

+ :технологическая карта;
 -:технологическая ведомость;
 -:технологическая последовательность;
 -:технологическая запись.

I:

S: В конструкциях мостовых кранов широко используют балки

+ :коробчатого сечения;
 -:круглого сечения;
 -:двутаврового сечения;
 -:таврового сечения.

I:

S: Приспособление для вращения изделия в процессе сварки при различных углах наклона оси вращения называется:

+ :манипулятор;
 -:вращатель;
 -:кантователь;
 -:эксцентрик.

I:

S: Поставьте операции по порядку (цифры 1-6)

1. зажигание дуги;
2. перемещение электрода;
3. удержание дуги;
4. подготовка кромок;
5. отбитие шлака;
6. сборка изделия.

I:

S: Устройство для закрепления изделия в заданном положении и вращения его со скоростью сварки:

+ :кондуктор;
 -:манипулятор;
 -:позиционер;
 -:вращатель.

I:

S: Составьте правильную последовательность принципиальной схемы технологического процесса

1. Механическая обработка
2. Сварка

- 3 Заготовительные работы
- 4. Контроль качества
- 5. Правка
- 6. Сборка и контроль сборки
- 7. Термическая обработка
- 8. Подготовка поверхности
- :А. 7-2-1-3-8-4-6-5
- +:Б. 3-8-6-2-7-5-1-4
- :В. 3-8-5-1-4-6-2-7
- :Г. 8-3-5-6-1-2-7-4

I:

S: В зависимости, от каких характеристик соединения устанавливают шаг и размер прихваток?

- :В зависимости от длины соединения
- :В зависимости от типа соединения
- :В зависимости от вида шва
- +:В зависимости от толщины соединения

Тема 5. Основы проектирования цехов и участков сварочного производства

I:

S: Заводы по производству сварных конструкций включают в себя следующие отдельные цеха или участки (1-6):

- 1. склад металла;
- 2. отделение сборки и сварки узлов конструкций;
- 3. отделение общей сборки и сварки конструкций;
- 4. заготовительное производство;
- 5. склад готовой продукции.
- 6. промежуточный склад заготовок (склад комплектации);

Тема 6. Технологические особенности изготовления сварных конструкций

I:

S: В какой последовательности обычно выполняют проектирование приспособлений:

- 1. разрабатывают принципиальную схему приспособления;
- 2. по сборочному чертежу изделия определяют базовую деталь и устанавливают базовые поверхности для фиксирования или крепления в приспособлении;
- 3. определяют экономическую эффективность применения предлагаемого приспособления;
- 4. определяют усилия, действующие на приспособление в процессе его эксплуатации;
- 5. окончательно оформляют конструкцию приспособления в виде сборочных чертежей;
- 6. разрабатывают конструктивную схему или эскизную компоновку приспособления и последующим расчетом или конструктивно определяют размеры его основных деталей;
- 7. при благоприятных результатах расчета экономической эффективности разрабатывают рабочие чертежи приспособления.

I:

S: Укажите последовательность проектирования сборочно-сварочных приспособлений:

- 1. выбор типа опорных и зажимных элементов;
- 2. разработка компоновочной схемы приспособления;

3. определение рационального порядка установки деталей в приспособление и наложения сварных швов;
4. компоновка отдельных элементов приспособления в соответствии с его общей компоновочной схемой.
5. выбор базовых элементов и поверхностей;
6. проектирование элементов приспособления;

I:

S: Конструкции и конструктивные элементы, работающие преимущественно на сжатие или на сжатие с продольным изгибом

-:Рамы

-:Фермы

-:Решетки

+:Колонны

I:

S: Определите последовательность сборки сварной конструкции

-:Установка в сборочном приспособлении; подача деталей к месту сборки; фиксация; сварка

-:Сварка; фиксация; установка в сборочном приспособлении; подача деталей к месту сборки

+:Подача деталей к месту сборки; установка в сборочном приспособлении; фиксация; сварка

-:Фиксация; подача деталей к месту сборки; установка в сборочном приспособлении; Сварка

I:

S: Технологический процесс сборки, характеризующийся трудоёмкостью и временем на его выполнения, называется

-:Схемой сборочного процесса

+:Длительностью сборочного цикла

-:Технологической картой

-:Производительным циклом

I:

S: При каком типе сборки длительность сборочного цикла самая минимальная?

-:Последовательная сборка и сварка элементов

-:Полная сборка всей конструкции с последующей сваркой

+:Параллельно-последовательная (поузловая) сборка и сварка

-:У всех перечисленных

I:

S: Способ сборки, при осуществлении которого детали собираются без каких – либо дополнительных работ – это

-:С неполной взаимозаменяемостью

-:Вариант А и Г

-:С подгонкой деталей

+:С полной взаимозаменяемостью

I:

S: Способ сборки, при осуществлении которого одну из деталей необходимо доработать – это

- +:С неполной взаимозаменяемостью
- :Вариант А и Г В. С подгонкой деталей
- :С полной взаимозаменяемостью

I:

S: Какой способ сборки применяются при единичном производстве?

- +:С подгонкой деталей
- :Любой из перечисленных
- :С неполной взаимозаменяемостью
- :С полной взаимозаменяемостью

I:

S: Какой способ сборки применяются при серийном производстве?

- :С подгонкой деталей
- :Любой из перечисленных
- :С неполной взаимозаменяемостью
- +:С полной взаимозаменяемостью

I:

S: Какими методами можно выполнять сборку? (Ответ содержит несколько правильных вариантов)

- +:В приспособлениях
- :По выступающим частям
- :По параллельным прямым
- +:По разметке
- :По любому из перечисленных
- +:По сборочным отверстиям

I:

S: Какой способ сборки обеспечивает точность сборки? (Ответ содержит несколько правильных вариантов)

- +:В приспособлениях
- :По выступающим частям
- :По параллельным прямым
- :По разметке
- :По любому из перечисленных
- +:По сборочным отверстиям

Тема 7. Технология изготовления сварных сосудов, работающих под давлением

I:

S: Какое напряжение осветительной аппаратуры считается безопасным при работе в закрытых емкостях?

- :48 В.
- :36 В.
- +:12 В

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить практические и лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-2}, ИД-2_{ПК-2}, ИД-1_{ПК-3}, ИД-2_{ПК-3}, ИД-3_{ПК-3}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3} ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Литература.

1. В. Сенашенко. Самостоятельная работа студентов: актуальные проблемы / В. Сенашенко, Н. Жалнина // Высшее образование в России №7, 2006. – с. 103-109.
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы. Разработано директором департамента по учебно-методической работе Т.Н. Фадеевой, начальником методического отдела Е.Е. Дурневой // МГГУ им. М.А. Шолохова. Москва, 2010. – 48 с.
3. ГОСТ 2.104-98 ЕСКД. Основные надписи. – М. : Изд. стандартов, 1998.
4. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М. : Госстандарт, 1995.
5. ГОСТ 7.203. Библиографическая запись. Библиографическое описание. – М. : ИПК Изд. стандартов, 2003.
6. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
7. ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.