



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ  
государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Отраденский нефтяной техникум»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
**ПМ.02 РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА (НАПЛАВКА, РЕЗКА)**  
**ПЛАВЯЩИМСЯ ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**

Программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих

По профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной  
сварки (наплавки))

2022 год

Организация разработчик:

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Отраденский нефтяной техникум»

Разработчик:

Рау Ольга Сергеевна, преподаватель ГБПОУ «ОНТ»

Методические указания по выполнению лабораторно – практических работ разработаны в соответствии с программой профессионального модуля ПМ.02 Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки) при реализации ФГОС. Выполнение лабораторно – практических работ направлено на формирование первоначальных навыков по профессиональной подготовке.

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.....	4
Результаты освоения профессионального модуля.....	7
Лабораторная работа №1.....	8
Лабораторная работа №2.....	11
Лабораторная работа №3.....	14
Лабораторная работа №4.....	16
Лабораторная работа №5.....	18
Лабораторная работа №6.....	22
Лабораторная работа №7.....	24
Лабораторная работа №8.....	26
Лабораторная работа №9.....	31

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методические указания по выполнению лабораторно – практических работ (методические указания) разработаны в соответствии с программой профессионального модуля ПМ.01 Подготовительно – сварочные работы и контроль качества сварных швов после сварки, которая является частью программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих (ППКРС) в соответствии с ФГОС по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Методические указания используются для закрепления теоретических знаний и формирования первоначальных профессиональных умений (навыков).

Цель методических указаний: качественное освоение обучающимися общих и профессиональных компетенций по профессиональному модулю ПМ.01 Подготовительно – сварочные работы и контроль качества сварных швов после сварки по рабочей профессии в соответствии с ФГОС СПО, оценка знаний и умений, а также приобретение обучающимися практических навыков работы по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Целью оценки профессионального модуля является оценка:

### **профессиональных и общих компетенций**

ПК 1.1. Читать чертежи средней сложности и сложных сварных металлоконструкций.

ПК 1.2. Использовать конструкторскую, нормативно-техническую и производственно-технологическую документацию по сварке.

ПК 1.3. Проверять оснащенность, работоспособность, исправность и осуществлять настройку оборудования поста для различных способов сварки.

ПК 1.4. Подготавливать и проверять сварочные материалы для различных способов сварки.

ПК 1.5. Выполнять сборку и подготовку элементов конструкции под сварку.

ПК 1.6. Проводить контроль подготовки и сборки элементов конструкции под сварку.

ПК 1.7. Выполнять предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрева металла.

ПК 1.8. Зачищать и удалять поверхностные дефекты сварных швов после сварки.

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством.

В результате освоения МДК 01.01 Основы технологии сварки и сварочное оборудование профессионального модуля ПМ.01 Подготовительно - сварочные работы и контроль качества сварных швов после сварки обучающийся должен иметь

### **практический опыт:**

выполнения типовых слесарных операций,

применяемых при подготовке деталей перед сваркой;

выполнения сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку с применением сборочных приспособлений;

выполнения сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку на прихватках;

эксплуатирования оборудования для сварки;

выполнения предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева свариваемых кромок;

выполнения зачистки швов после сварки;

использования измерительного инструмента для контроля геометрических размеров сварного шва;

определения причин дефектов сварочных швов и соединений;

предупреждения и устранения различных видов дефектов в сварных швах;

**уметь:**

использовать ручной и механизированный инструмент зачистки сварных швов и удаления поверхностных дефектов после сварки;

проверять работоспособность и исправность оборудования поста для сварки;

использовать ручной и механизированный инструмент для подготовки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку;

выполнять предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрев металла в соответствии с требованиями производственно-технологической документации по сварке;

применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку;

подготавливать сварочные материалы к сварке;

зачищать швы после сварки;

пользоваться производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения трудовых функций;

В результате освоения междисциплинарного курса МДК 01.01 Основы технологии сварки и сварочное оборудование студент должен **знать:**

основы теории сварочных процессов (понятия: сварочный термический цикл, сварочные деформации и напряжения);

необходимость проведения подогрева при сварке;

классификацию и общие представления о методах и способах сварки;

основные типы, конструктивные элементы, размеры сварных соединений и обозначение их на чертежах;

влияние основных параметров режима и пространственного положения при сварке на формирование сварного шва;

основные типы, конструктивные элементы, разделки кромок;

основы технологии сварочного производства;

виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки;

основные правила чтения технологической документации;

типы дефектов сварного шва;

методы неразрушающего контроля;

причины возникновения и меры предупреждения видимых дефектов;

способы устранения дефектов сварных швов;

правила подготовки кромок изделий под сварку;

устройство вспомогательного оборудования, назначение, правила его эксплуатации и область применения;

правила сборки элементов конструкции под сварку;

порядок проведения работ по предварительному, сопутствующему (межслойному) подогреву металла;

устройство сварочного оборудования, назначение, правила его эксплуатации и область применения;

правила технической эксплуатации электроустановок;

классификацию сварочного оборудования и материалов;

основные принципы работы источников питания для сварки;  
правила хранения и транспортировки сварочных материалов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Результатом освоения программы профессионального модуля является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности **Проведение подготовительных, сборочных операций перед сваркой, зачистка и контроль сварных швов после сварки** соответствующих профессиональных компетенций(ПК):

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1.	Читать чертежи средней сложности и сложных сварных металлоконструкций
ПК 1.2.	Использовать конструкторскую, нормативно-техническую и производственно-технологическую документацию по сварке
ПК 1.3.	Проверять оснащенность, работоспособность, исправность и осуществлять настройку оборудования поста для различных способов сварки
ПК 1.4.	Подготавливать и проверять сварочные материалы для различных способов сварки
ПК 1.5	Выполнять сборку и подготовку элементов конструкции под сварку
ПК 1.6	Проводить контроль подготовки и сборки элементов конструкции под сварку
ПК 1.7	Выполнять предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрева металла
ПК 1.8	Зачищать и удалять поверхностные дефекты сварных швов после сварки

В процессе освоения ПМ.01 обучающиеся должны овладеть общими компетенциями (ОК):

Код	Наименование результата обучения
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.
ОК 3.	Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.
ОК 4.	Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6.	Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством.

## *Лабораторная работа №1*

### **Изучение строения сварочной дуги. Проектирование на экран.**

**Цель работы:** ознакомиться с процессом зажигания и строением электрической сварочной дуги; проектирование дуги на экран.

#### **Краткие теоретические сведения**

Электрод, присоединенный к положительному полюсу источника питания сварочной дуги, называют анодом, а к отрицательному полюсу - катодом. При сварке на постоянном токе катодом может быть свариваемое изделие и электрод, т. е. сварочная дуга может иметь прямую и обратную полярность.

При прямой полярности электрод соединен с минусом, а свариваемое изделие - с плюсом источника питания дуги. При обратной полярности это соединение выполнено наоборот. С помощью сварочной дуги обратной полярности уменьшают выделение тепла а свариваемом изделии (тонколистовой и легкоплавкий металл; легированные стали, чувствительные к перегреву).

Столб дуги нейтрален - суммы зарядов отрицательных и положительных частиц равны. Температура катодной области достигает  $3200^{\circ}\text{C}$ , а анодной -  $3400^{\circ}\text{C}$ . Разница температур обусловлена тем, что катодом выбрасывается больше заряженных частиц, которые сильно бомбардируют анод, в результате чего выделяется большое количество тепла.

В столбе дуги температура колеблется в пределах  $5000-8000^{\circ}\text{C}$ . При сварке на постоянном токе на аноде выделяется 43% тепла сварочной дуги, на катоде - 36%, в столбе дуги - 21%. Длина дуги равна расстоянию между торцом электрода и поверхностью расплавленного металла. У покрытых электродов 4-5 мм длина устойчиво горящей нормальной дуги составляет 5-6 мм. Такая дуга считается короткой.

Дуга длиной более 6 мм называется длинной. Горит она неустойчиво, металл электрода плавится неравномерно, капли металла больше подвергаются воздействию кислорода и азота воздуха, наплавленный металл пористый с неровной поверхностью.

Под действием тепла дуги металл свариваемого изделия расплавляется на определенную глубину, которая называется глубиной проплавления или проваром, а жидкий расплавленный металл - сварочной ванной. Давление газов сварочной дуги отбрасывает расплавленный металл со дна ванны на боковую ее поверхность. При этом образуется углубление - кратер.

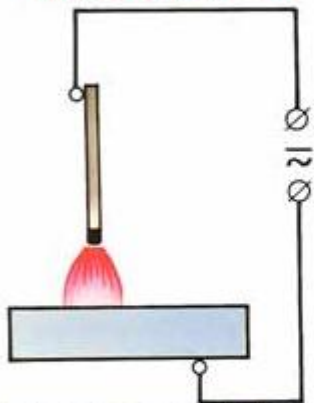
В конце сварки необходимо с помощью специальных технологических приемов заделать кратер, так как в нем, как правило, обнаруживаются усадочные рыхлости, часто переходящие в трещины.



## КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ К ИСТОЧНИКУ ПИТАНИЯ

**Прямого действия**

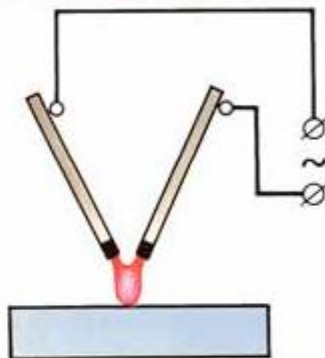


ДУГОВОЙ РАЗРЯД - МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДОМ И ИЗДЕЛИЕМ

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:

- при дуговой сварке покрытыми электродами
- при сварке неплавящимся электродом в защитных газах
- при сварке плавящимся электродом под флюсом или в защитных газах

**Косвенного действия**

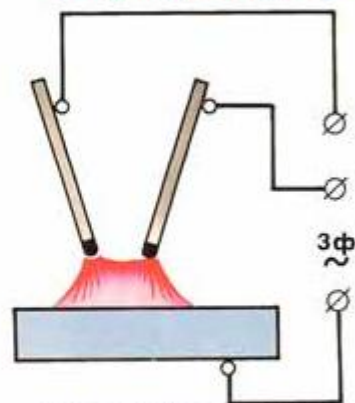


ДУГОВОЙ РАЗРЯД - МЕЖДУ ДВУМЯ ЭЛЕКТРОДАМИ

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:

- при специальных видах сварки и атомно-водородной сварке и наплавке

**Комбинированная**



ДВА ДУГОВЫХ РАЗРЯДА - МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ И ИЗДЕЛИЕМ, А ТРЕТИЙ - МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:

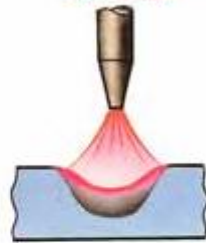
- при сварке спиралешовных труб на станках автоматической сварки под флюсом

**ПО ПРИМЕНЯЕМЫМ ЭЛЕКТРОДАМ**

При плавящемся электроде



При неплавящемся электроде

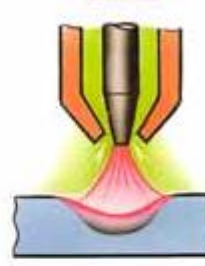


**ПО СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ДУГИ**

Свободная

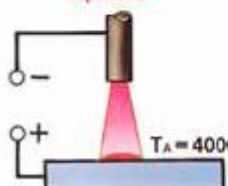


Сжатая

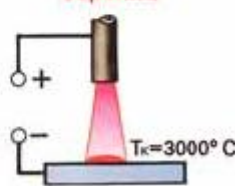


**ПО ПОЛЯРНОСТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Прямая



Обратная



При обратной полярности температура на поверхности металла ниже. Используют при сварке тонкой или высоколегированной стали

**ПО ДЛИНЕ**

$l_{д}, \text{мм}$

2 - 4 короткая

4 - 6 нормальная

свыше 6 длинная

### Оборудование

1. Установка для разжигания дуги.
2. Линейка.
3. Набор электродов.
4. Проект – экран.

### Порядок выполнения работы

1. Закрепить электрод на установке.
2. Установить номинальную величину сварочного тока.

3. Включить источник питания.
4. Возбудить дугу дополнительным электродом.
5. Зафиксировать изображение на проект – экране.

#### **Содержание отчета**

1. Цель работы
2. Схема установки
3. Краткая характеристика работы
4. Зарисовать рисунок с проект – экрана
5. Выводы по работе.

#### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой электрическая дуга?
2. Что называется эмиссией электронов?
3. Чем вызывается электронная эмиссия?
4. Что называется ионизацией?
5. На какие виды подразделяется сварочная дуга по действию?

## Лабораторная работа №2

### Исследование ионизирующего действия материалов покрытий электродов разных марок

**Цель работы:** исследовать влияние электродных покрытий на длину дуги в момент её обрыва.

**Краткие теоретические сведения.**

Сварочной дугой называется длительный разряд электрического тока в газовой среде между находящимися под напряжением электродом и свариваемым изделием.

Электрические разряды в сварочной дуге переносятся электрически заряженными частицами – электронами и ионами.

Электронем называется материальная частица, обладающая отрицательным зарядом.

Ионом называется атом и молекула, потерявшая один или несколько электронов. Такие ионы относятся к положительным. Если же материальные частицы присоединяют к себе электроны, то такие ионы относятся к группе отрицательных. Положительные ионы могут образовываться из атомов всех элементов, отрицательные – не из всех.

Процесс, в котором в газе образуются ионы, называется ионизацией.

Эмиссию электронов с катода и ионизацию в дуговом промежутке вызывает ряд факторов. Так, в частности, выделение электронов с поверхности катода (электрода) достигается за счет термоэлектронной эмиссии в результате удара тяжелых ионов по катоду.

Термоэлектронная эмиссия заключается в способности раскаленной поверхности электрода испускать электроны. Для плавящихся электродов такая эмиссия не играет основной роли для ионизации межэлектродного промежутка вследствие низкой температуры их кипения и малой плотности тока. При термоэлектронной эмиссии имеет место охлаждение электрода за счет уноса электронами значительной энергии.

Автоэлектронная эмиссия характеризуется тем, что энергия, необходимая для вырывания электрона с поверхности катода, сообщается внешним электрическим полем, создаваемым источником питания. Оно облегчает выход электронов, как бы вытягивая их за пределы действия сил притяжения между электронами и положительными зарядами. Автоэлектронная эмиссия возможна даже при низкой температуре катода (электрода).

Эмиссия электронов в результате ударов ионов по катоду возникает в тех случаях, когда положительные ионы под действием электрического поля устремляются к катоду и передают энергию, достаточную для выбивания электронов. Этот вид эмиссии играет значительную роль в создании мощного потока электронов в сварочной дуге.

На стабильность горения сварочной дуги, наряду с названными выше процессами, существенное влияние оказывают процессы возникновения заряженных частиц в объеме нейтрального газа межэлектродного промежутка – объемная ионизация.

Существует три вида ионизации в газе: соударением, облучением и нагревом.

Ионизация облучением – процесс образования заряженных частиц за счет поглощения газом световых квантов. Видимый свет ионизировать газ не может. Ультрафиолетовые лучи вызывают ионизацию паров щелочных и щелочно – земельных металлов. Рентгеновские и гамма – лучи способны ионизировать все газы.

Ионизация нагревом протекает при высоких температурах. Она практически заметна уже при  $T=1750^{\circ}\text{C}$ . Поэтому при сварке соприкосновение нейтральных атомов с капельками перегретого расплавленного металла приводит к усилению ионизации.

Для характеристики ионизации можно использовать такую величину, как потенциал ионизации – количество энергии, которое необходимо затратить для отрыва электрона от атома элемента, находящегося в газообразном состоянии, с превращением его в положительный ион. Величина потенциала ионизации зависит от строения атома и

энергетического уровня, с которого удаляется электрон. В таблице приведены данные о значении потенциала ионизации некоторых элементов.

Элементы	K	Na	Al	Ca	Ti	Fe	C	O	Ar	He
$U_{и}, \text{эВ}$	4.3	5.1	5.9	6.1	6.8	7.8	11.2	13.6	15.7	24.7

Из приведённых данных следует, что присутствие в атмосфере дуги уже сравнительно небольшого количества вещества с низким потенциалом ионизации обеспечивает устойчивое горение дуги. На этом эффекте основано введение в покрытие электродов стабилизирующих веществ с низким потенциалом ионизации. Для этих целей в практике чаще всего используются соединения калия и натрия.

Помимо стабилизирующих, в состав электродных покрытий вводятся следующие элементы: газообразующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие, связующие и наполнители.

Газообразующие вещества при нагреве разлагаются и образуют газовую атмосферу, которая препятствует проникновению кислорода и азота воздуха в сварочную ванну.

Шлакообразующие составляющие при расплавлении образуют жидкий шлак на поверхности расплавленного металла, который защищает его от внешней среды. Кроме того, шлак является средой, через которую проводится раскисление и легирование металла шва.

Раскисляющие компоненты обеспечивают восстановление окислов железа, находящихся в сварочной ванне.

Легирующие материалы служат для получения требуемого химического состава и механических свойств металла шва.

Связующие вещества связывают порошкообразные составляющие покрытий, соединяют их с металлическим стержнем электрода.

Наполнители (металлические порошки) обеспечивают повышение производительности процесса электродов.

### **Оборудование**

1. Установка для определения длины дуги
2. Линейка
3. Набор электродов

### **Порядок выполнения работы**

Судить о влиянии действия электродных обмазок на стабильность горения дуги можно по длине обрывной дуги в момент её обрыва.

Для этого необходимо выполнить следующее:

1. Закрепить исследуемый электрод на установке.
2. Установить номинальную величину сварочного тока, используя при этом формулу  $I_{св} = (40...60) \cdot d_{э}$ , где  $d_{э}$  - диаметр сердечника исследуемого электрода.
3. Включить источник питания сварочной дуги.
4. Дополнительным электродом возбудить дугу между электродом и металлической пластиной.
5. Зафиксировать величину сварочного тока в момент обрыва дуги.
6. Выключить источник питания.
7. Линейкой замерить расстояние между наплавленным металлом и концом стержня электрода, что соответствует длине дуги в момент её обрыва.
8. Опыт повторять по три раза с каждым из предложенных для исследования электродов. Данные опытов занести в таблицу.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы

2. Схема установки
3. Краткая характеристика исследуемых электродов
4. Таблица с результатами опытов
5. Выводы по таблице.

Наименование электрода	Время горения дуги	Диаметр электрода, мм	Род тока	Ток обрыва дуги, А	Длина зазора при обрыве дуги, мм			
					$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_{cp}$

### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой электрическая дуга?
2. Что называется эмиссией электронов?
3. Какие виды эмиссии электронов Вам известны?
4. Чем вызывается электронная эмиссия?
5. Как электронная эмиссия влияет на стабильность горения дуги?
6. Что называется ионизацией? Виды ионизации?
7. Какой вид ионизации оказывает наиболее существенное влияние на устойчивость горения дуги?

### *Лабораторная работа №3*

#### **Исследование ионизирующего действия материалов флюсов разных марок**

**Цель работы:** исследовать влияние флюсов на алюминий в процессе сварки.

#### **Краткие теоретические сведения**

Флюс для сварки – это материал, который используется для защиты зоны сварки от попадания атмосферного воздуха, а также помогает сформировать качественный сварочный шов и обеспечивает более устойчивую сварочную дугу. К примеру, во время газовой или кузнечной сварки металлов широко используют такие материалы, как борная кислота, бура, фториды и хлориды. Благодаря использованию этих флюсов в области сварки образуется жидкий слой защиты, который растворяет оксиды, образующиеся на поверхностях в результате сваривания.

#### *Особенности флюсов и их воздействие на алюминий.*

Главное воздействие флюсов во время сварки алюминия основано на химических процессах растворения и смывания оксидной пленки с помощью расплавленных компонентов флюса. Для того, чтобы процесс прошел качественно и без повреждений основного металла, покрытия электродов изготавливаются с такими же компонентами, как и сами флюсы. Но, как правило, основу флюсов составляют легкоплавкие смеси солей щелочноземельных и щелочных элементов, и плюс небольшое количество фтористых компонентов, благодаря чему активизируются свойства флюсов.

Ранее ученые предполагали, что флюсы воздействуют на металлы во время сварки таким образом, что лишь растворяют оксидную пленку благодаря фторидам в их составе. Но через некоторое время эта аксиома подверглась сомнению: растворимость во фторидах не столь велика и, кроме того, их содержание во флюсах крайне мало. Также можно вспомнить, что в чистых солях натрия и калия, которые служат основой флюсов во время сварки алюминия, оксид данного металла практически не подлежит растворению. Но если ввести в компоненты флюса криолит, то растворимость оксида возрастает в несколько раз. И здесь также есть свои особенности – при 900 градусной температуре по Цельсию, а также при содержании во флюсе 10 % криолита, растворимость оксида алюминия во флюсе составляет чуть больше 0,15%.

#### *Принцип действия флюсов во время сварки алюминия.*

Во время нагрева поверхности свариваемых металлов и благодаря различным коэффициентам теплового расширения пленки и металла, в оксидной пленке образуются микротрещины. В образующиеся трещины вливается расплавленный флюс, который в своём составе имеет хлориды. Таким образом компоненты взаимодействуют, в результате химической реакции образуется соединение  $AlCl_3$  или хлорид алюминия, который возгорается при температуре 183 градуса Цельсия. Важной особенностью обладают эти компоненты: на месте контакта алюминия с жидким хлоридом последние частично отрывают пленку от поверхности алюминия, и после этого частицы этих двух элементов растворяются во флюсе.

Общеизвестный факт благоприятного влияния фторидов, которые входят в состав флюса, состоит в том, что благодаря этим химическим элементам растворяется оксидная пленка алюминия, за счёт того, что фториды попадают в трещины пленки, образующиеся во время нагревания поверхности металла. Таким образом, флюсы для сварки алюминия получают облегченный доступ к жидкому металлу под оксидной пленкой и активизируют процесс её смывания и разрушения.

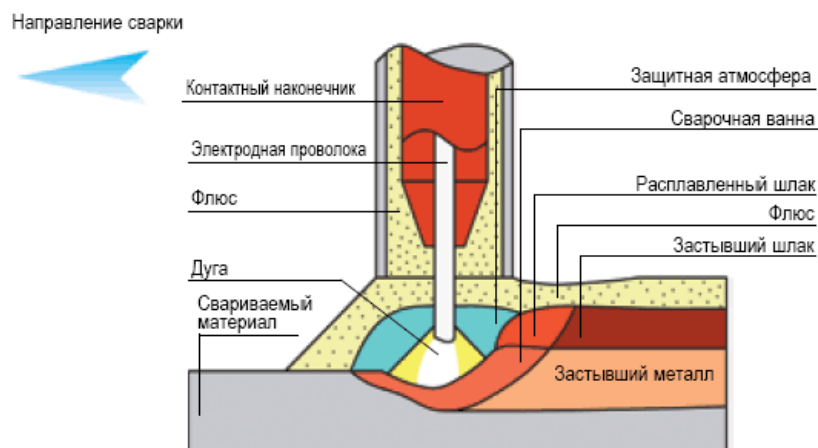


Рис. Сварка под флюсом

В результате благоприятного влияния фторидов и хлоридов, которые содержатся во флюсах, становится возможным образование качественного шва на поверхности металлов, минуя прочную и упругую пленку из оксидов алюминия. И благодаря флюсам, поверхность сварочного шва остаётся чистой от различных примесей и окислителей, которые могут повредить структуру шва.

**Оборудование**

1. Установка
2. Линейка
3. Набор электродов
4. Разные марки флюсов

**Порядок выполнения работы**

1. Закрепление элементов установки
2. Установить номинальную величину сварочного тока
3. Включить источник питания сварочной дуги
4. Зафиксировать подачу флюса в место сварки стыкового соединения алюминия.
5. Данную процедуру повторить с несколькими марками флюса для разных толщин листа.
6. Заполнить таблицу.

Наименование флюса	Диаметр электрода	Толщина листа металла	Толщина флюса	Время	Результат

**Контрольные вопросы**

1. Какими характеристиками обладают флюсы?
2. Ионизирующее воздействие флюса на металлы при сварке.
3. Какими особенностями обладают флюсы во время сварки?

## Лабораторная работа №4

### Изучение влияния магнитных полей ферромагнитных масс на устойчивость горения дуги

**Цель работы:** исследовать влияние магнитных полей на устойчивость горения дуги.

#### Краткие теоретические сведения

Сварочная дуга является гибкой газовой вставкой между электродом и изделием и, как всякий проводник с током, взаимодействует с магнитным полем. Отклонение столба дуги под действием магнитного поля, наблюдаемое в основном при сварке постоянным током, называется магнитным дутьем (рис.). Возникновение его объясняется тем, что в местах изменения направления тока создаются различные напряженности магнитного поля. Это приводит к отклонению дуги в сторону, противоположную большей напряженности. При сварке переменным током, в связи с тем, что полярность меняется с частотой тока, это явление проявляется значительно слабее. Магнитное дутье также имеет место при сварке вблизи ферромагнитных масс (железо и сталь). Дуга в этом случае отклоняется в сторону этих масс. Возникновение магнитного дутья вызывает непровары и ухудшает внешний вид шва.

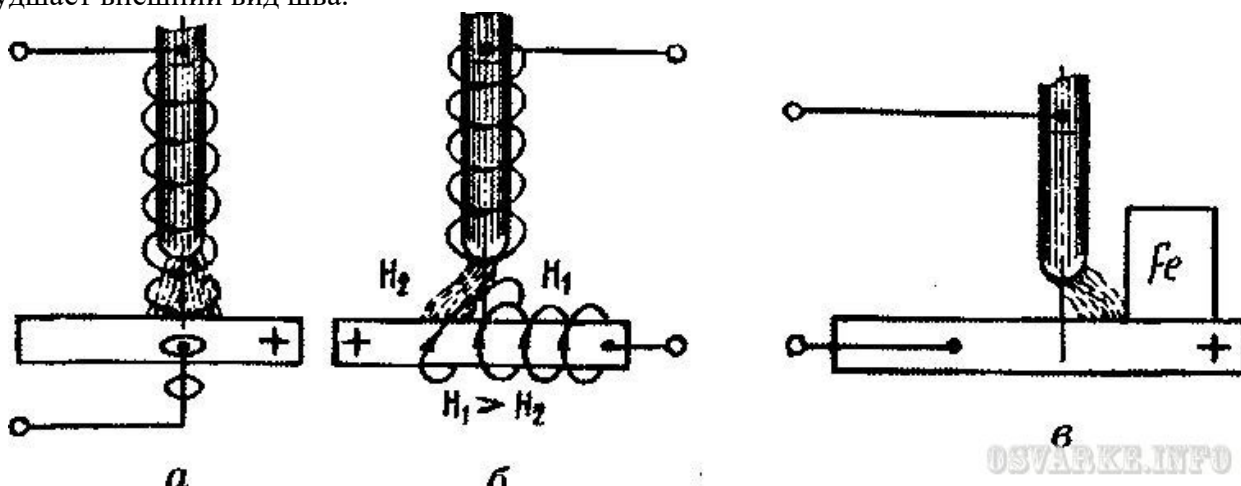


Рис. Влияние магнитных полей и ферромагнитных масс на сварочную дугу: а - нормальное положение дуги; б - отклонение дуги под влиянием неравномерной напряженности магнитного поля; в - отклонение дуги под влиянием ферромагнитных масс;  $H_1$  и  $H_2$  - напряженности магнитного поля

Устранить его можно:

- изменением места токоподвода и угла наклона электрода;
- временным размещением дополнительного ферромагнитного материала, создающего симметричное магнитное поле;
- заменой постоянного тока переменным.

#### Оборудование.

1. Установка
2. Пластины металла
3. Магнит
4. Линейка, транспортир
5. Проект – экран

#### Порядок выполнения работы

1. Закрепить электрод на установке
2. Установить номинальную величину тока
3. Включить источник питания сварочной дуги



4. Дополнительным электродом возбудить дугу между электродом и металлической пластиной
5. На некотором расстоянии положить магнит
6. Зафиксировать отклонение дуги на проект – экране.
7. Полученные данные зафиксировать в таблицу.

Опыт	Род тока	Угол отклонения	Результат опыта

**Контрольные вопросы.**

1. Что называется магнитным дутьем?
2. Влияние магнитного поля на устойчивость дуги.
3. Какими способами можно устранить влияние магнитного дутья.

## Лабораторная работа №5

### Определение коэффициента полезного действия сварочной дуги

**Цель работы:** определить эффективный КПД нагрева изделия при ручной дуговой сварке.

#### Краткие теоретические сведения

При электрической дуговой сварке часть тепла, необходимая для нагрева и плавления металла, получается за счет дугового разряда, возникающего между свариваемым металлом и электродом. Под действием тепла дуги кромки свариваемых изделий и торец электрода расплавляются, образуя сварочную ванну, которая некоторое время находится в расплавленном состоянии. После затвердевания металла образуется сварочное соединение.

Процесс ионизации протекает следующим образом. При соприкосновении торца электрода и свариваемого изделия (во время зажигания дуги) выступы шероховатых металлических поверхностей мгновенно разогреваются током до температуры плавления и испарения.

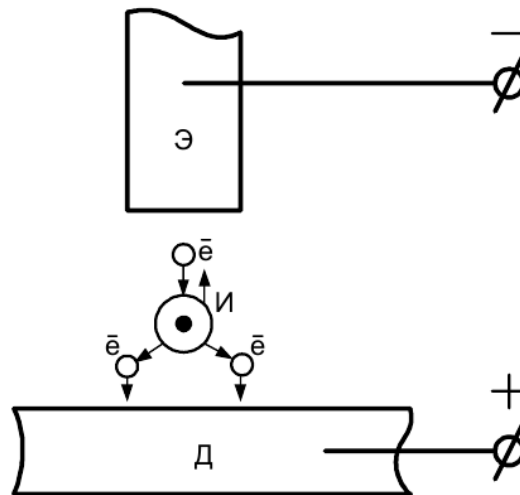


Рис. 5.1 Схема процесса ионизации при дуговой сварке: Э - электрод(катод); Д- изделие(анод); ē - отрицательный электрон, И- положительный ион.

После отрыва электрода от изделия разогретый торец электрода (отрицательный плюс) начинает испускать электроны, которые устремляются к изделию (аноду) под действием разности Потенциалов. На своем пути они сталкиваются с атомами компонентов, находящихся в области между анодом и катодом и ионизируют их. Этот процесс мгновенно охватывает весь межэлектродный промежуток. В непосредственной близости к поверхности свариваемого изделия электроны со значительной скоростью ударяются о последнюю.

При этом кинетическая энергия движения электрона из-за резкого торможения превращается в тепловую. Так как число стопорящихся электронов весьма велико, то выделяемого тепла становится достаточно для расплавления поверхности изделия.

Аналогичная картина наблюдается на отрицательном полюсе-электроде, где тепло, необходимое для расплавления электрода, образуется от соударения с поверхностью последнего положительных частиц-ионов. Температура электрической дуги зависит от мощности дуги, материала электрода, рода тока и полярности сварочного тока, расположение дуги относительно свариваемого изделия и ряда других факторов. Так при использовании угольных электродов она составляет на катоде около 3200С, на аноде- 3900С, при металлических электродах 2400С и 2600С соответственно. По оси дуги, в ее центре, температура достигает величины 6000...7000С. Интенсивность нагрева металла

дугой соответствует полной тепловой мощности сварочной дуги(без учета потерь, связанных со световым излучением и химическими реакциями), которую можно принять равной тепловому эквиваленту электрической энергии, потребляемой при сварке:

$$Q_n = 1,003 \cdot K \cdot U_d \cdot I_{св}, \text{ где}$$

1,003-коэффициент, учитывающий тепловой эквивалент электрической мощности и перевод калорий в джоули;

K-коэффициент, учитывающий влияние, оказываемое несинусоидальностью кривых напряжения и тока на мощность дуги(при сварке на постоянном токе K=1, на переменном K=0,7...0,9);

U<sub>д</sub> - напряжение на дуге, В;

I<sub>св</sub> - сварочный ток, А.

Тогда тепло, выделяемое сварочной дугой за время ее горения t, можно определить:

$$Q_n = 1,003 \cdot K \cdot U_d \cdot I_{св} \cdot t, \text{ где}$$

t-время горения дуги, с.

Однако не все тепло, выделяемое дугой, используется productively.



Рис. 5.2 Схема теплового баланса электрической сварки плавящимся электродом

Исследования показывают, что на нагрев изделия при прямой полярности (плюс источника сварочного тока присоединен к детали, а минус – к электроду) расходуется 50% тепла дуги, на нагрев электрода – 30% и потери в окружающую среду составляют 20%.

Следовательно, эффективная тепловая мощность, т.е. мощность расходуемая на плавление основного металла и металла электрода, будет меньше полной тепловой мощности в соответствии с выражением:

$$\eta_э = \frac{Q_э}{Q_n}, \text{ где}$$

$\eta_э$  – эффективный к.п.д. нагрева изделия;

$Q_э$  – эффективная тепловая мощность, Дж/с.

Величина  $\eta_э$  может колебаться в широких пределах: при сварке открытой дугой плавящимся электродом 0,70...0,85; при сварке под флюсом 0,90...0,99.

Эффективный к.п.д. нагрева изделия можно определить калориметрическим способом, используя формулу:

$$\eta_э = \frac{Q_u}{Q_d}, \text{ где}$$

$Q_u$  – тепло, введенное в деталь электрической дугой.

$$Q_u = 4,18 \cdot [m_в \cdot C_в \cdot (t_2 - t_1) + m_к \cdot C_к \cdot (t_2 - t_1) + m_{пл} \cdot C_{пл} \cdot (t_2 - t_в)]$$

где 4,18 – коэффициент перевода калорий в джоули;

$m_в, m_к, m_{пл}$  – соответственно масса воды в калориметре, масса колбы калориметра и масса пластинки с наплавленным валиком, г;

$C_в$  - удельная массовая теплоемкость воды, кал/г град ( $C_в=1,0$ );

$C_k, C_{пл}$  – соответственно удельная массовая теплоемкость материалов колбы и пластины (можно принять  $C_k = C_{пл} = 0,12$  кал/г град);

$t_1$  – начальная температура воды в калориметре, С;

$t_2$  – температура воды в калориметре после охлаждения в нем наплавленной пластины, С;

$t_{в}$  – температура воздуха в лаборатории, С.

### Оборудование

1. Сварочный пост
2. Калориметр
3. Опытная пластина
4. Термометр
5. Электроды

### Порядок выполнения работы

1. Замерить температуру воздуха в лаборатории и температуру воды в калориметре.
2. Наплавить валик по всей длине опытной пластины.
3. Во время наплавки замерить напряжение на дуге, ток сварки и зафиксировать время горения дуги.
4. По окончании наплавки пластину немедленно опустить в калориметр и через минуту замерить температуру воды в нем.
5. Взвесить пластину с наплавленным валиком с точностью до одного грамма.
6. Полученные параметры занести в таблицу исходных данных. По формулам определить  $\eta_s$ , проанализировать его величину и сделать заключение.

### Содержание отчета

1. Цель работы
2. Краткие сведения об эффективном  $\eta_s$  нагрева изделия.
3. Таблица исходных данных.
4. Порядок и результаты расчета  $\eta_s$ .
5. Результаты анализа величины  $\eta_s$ .

#### Исходные данные для определения $\eta_s$

Параметры		Величины параметров
Масса, г	Воды в колбе	
	Колбы калориметра	
	Пластины с наплавленным валиком	
Напряжение в дуге, В		
Сварочный ток, А		
Время горения дуги, с		
Температура, °С	Воздуха в помещении	
	Воды в колбе до охлаждения пластины	
	Воды в колбе после охлаждения пластины	

### Контрольные вопросы

1. Как и за счет чего протекает процесс ионизации межэлектродного промежутка?
2. Какие факторы влияют на процесс ионизации?
3. Что оказывает влияние на температуру электрической дуги в процессе сварки?
4. Какова температура электрической дуги в процессе сварки?
5. Как расходуется тепло, выделяемое сварочной дугой?
6. Дать определение полной тепловой мощности.

7. Что называется эффективным коэффициентом полезного действия нагрева изделия при сварке?
8. Какие факторы влияют на эффективный  $\eta$ , нагрева изделия при сварке.

## Лабораторная работа №6

### Определение погонной энергии

**Цель работы:** определить погонную энергию

**Краткие теоретические сведения.**

Отношение эффективной тепловой мощности дуги (источника)  $q_{\text{н}}$  к скорости перемещения дуги  $v$  называется погонной энергией.

$$\frac{q_{\text{н}}}{v} = \frac{0,24IU_{\text{д}}h_{\text{н}}}{v}$$

*Погонная энергия* - это количество теплоты в калориях, введенное на единицу длины однопроходного шва или валика.

Полную тепловую мощность сварочной дуги приближенно считают равной тепловому эквиваленту ее электрической мощности  $Q=0,24U_{\text{д}}I$ , где  $U_{\text{д}}$  - падение напряжения на дуге, В;  $I$  - величина сварочного тока, А;  $Q$  - тепловой эквивалент электрической мощности сварочной дуги, кал/с (Вт).

Количество теплоты, введенной сварочной дугой в изделие в процессе его нагрева за единицу времени, называется *эффективной тепловой мощностью* сварочной дуги, которая является суммой тепловой энергии, выделяющейся в пятне дуги на изделии, вводимой в изделие при теплообмене со столбом дуги и пятном на изделии и поступающей с каплями расплавленного флюса, электродного металла и покрытия:  $q_{\text{н}}=0,24U_{\text{д}}h_{\text{н}}$ , где  $q_{\text{н}}$  - эффективная тепловая мощность сварочной дуги, кал/с;  $h_{\text{н}}$  - эффективный КПД процесса нагрева металла сварочной дугой. Откуда  $h_{\text{н}}=q_{\text{н}}/(0,24U_{\text{д}}I)$ .

*Эффективным КПД* процесса нагрева металла сварочной дугой называется отношение количества введенной в металл теплоты к тепловому эквиваленту электрической мощности дуги. Этот коэффициент характеризует эффективность процессов выделения теплоты и теплообмена в дуговом промежутке по отношению к нагреву металла изделия и зависит в основном от способа сварки.

На рис. приведен тепловой баланс теплоты, выделяемой дугой, из которого видно, что более полно используется теплота дуги при автоматической сварке под флюсом. При увеличении длины дуги эффективный КПД падает и возрастает с углублением дуги в ванну. При сварке металлическими электродами этот коэффициент мало зависит от рода, полярности и величины сварочного тока.

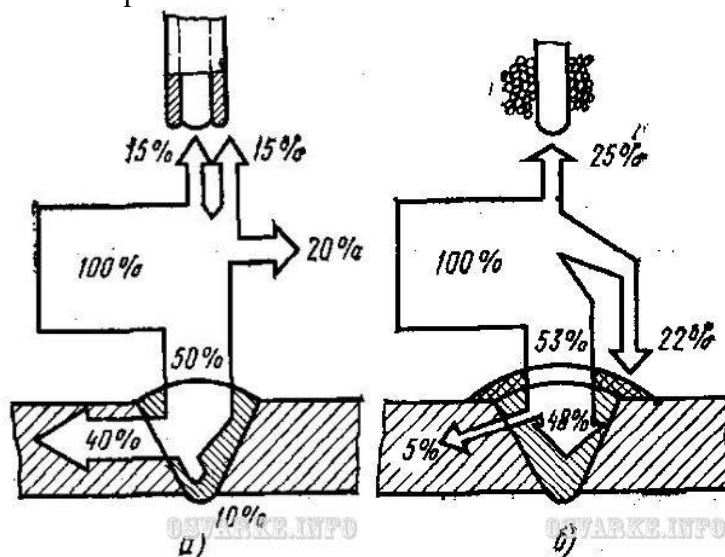


Рис. Тепловой баланс сварочной дуги при ручной сварке покрытым электродом (а) и автоматической сварке под флюсом (б)

**Оборудование.**

1. Установка

2. Электроды
3. Опытная пластина

#### **Порядок выполнения работы**

1. Взвесить опытную пластину с точностью до 1 г
2. Измерить и рассчитать площадь поперечного сечения шва
3. Установить требуемую величину сварочного тока
4. Наплавить валик по всей длине опытной пластины. Во время наплавки зафиксировать напряжение на дуге, сварочный ток, время горения дуги.
5. Охладить наплавленную пластину, тщательно очистить её от шлака и брызг, взвесить с точностью до 1 гр.
6. Опыт следует провести три раза при заданных преподавателем значениях силы сварочного тока. Данные экспериментов занести в таблицу исходных данных.

Номер опыта	Вес пластины, г		Режим наплавки		
	До опыта	После опыта	I, А	U, В	t, с
1					
2					
3					

7. Рассчитать величины: массу наплавленного металла, коэффициент наплавки

#### **Содержание отчета**

1. Цель работы
2. Краткие сведения о работе
3. Таблица исходных данных
4. Таблица экспериментальных результатов отчета

#### **Контрольные вопросы**

1. От каких факторов зависит количество расплавленного металла при РДС?
2. От каких факторов зависит количество наплавленного металла при РДС?
3. Что называется коэффициентом наплавки?
4. Что называется погонной энергией?
5. От каких параметров зависит погонная энергия?

## *Лабораторная работа №7*

### **Определение влияния окалины, ржавчины и влаги на качество сварного шва**

**Цель работы:** определить влияние окалины, ржавчины и влаги на качество сварного шва.

**Краткие теоретические сведения.**

Все отклонения от технологических параметров, вызванные небрежностью в работе, нарушением режимов и внешними причинами, часто не зависящими от сварщика, могут привести к возникновению дефектов в сварочном шве и околошовной зоне, попадающей в область термического воздействия. К дефектам приводит и нарушение технологических приемов, как самого процесса сварки, так и некачественная подготовка, неисправность оборудования, отклонения от норм качества сварочных материалов, влияние погодных условий, низкая квалификация сварщика.

Возникновение дефектов часто связано с металлургическими и тепловыми явлениями, возникающими в процессе образования сварочной ванны и ее кристаллизации (горячие и холодные трещины, поры, шлаковые включения и т.д.). Эти дефекты снижают прочность и надежность сварного соединения, его герметичность и коррозионную стойкость. Все это может оказать значительное влияние на эксплуатационные возможности всей конструкции и даже вызвать ее разрушение.

Дефекты сварочных швов могут быть наружными и внутренними.

В данной лабораторной работе рассматривается влияние внешних условий на процесс формирования сварного шва.

Ржавчина, окалина и влага могут вызывать появление пористости. Исходя из этого:

1. Пользоваться нужно только чистыми электродами без следа ржавчины.
2. Зачищать поверхность свариваемого изделия до блеска, необходимо снимать слой ржавчины и окалины и очищать от жидкой и густой смазки и влаги.

При наличии каких – либо загрязнений и влаги необходимо применять скорость сварки меньше максимальной с тем, чтобы дать газам возможность уйти с пузырями из шва прежде, чем он затвердеет. Поэтому часто более экономично обезжирить место сварки или удалить влагу горелкой предварительного нагрева.

**Оборудование**

1. Сварочный пост
2. Щетка по металлу
3. Electroды
4. Пластины

**Порядок выполнения работы**

1. Закрепление элементов установки.
2. Установить номинальную величину сварочного тока.
3. Включить источник питания сварочной дуги.
4. Наплавить валик на пластину с ржавчиной, окалиной, на влажную пластину.
5. Наплавить валик на обработанную пластину.
6. Результаты экспериментов зафиксировать в сравнительную таблицу.



### Содержание отчета

1. Цель работы
2. Краткие сведения о работе
3. Таблица исходных данных
4. Таблица экспериментальных результатов отчета

Металл	Способ сварки	Наличие дефектов при сварке	Сварка без дефектов	Результат	Теоретическое обоснование полученных результатов

### Контрольные вопросы

1. Перечислить виды дефектов, появляющиеся при сварке.
2. Как влияет ржавчина, окалина и влага на качество шва?
3. Как подготовить деталь к сварке в целях предупреждения появления пористости?
4. Какие электроды нужно использовать при сварке?

## Лабораторная работа №8

### Определение доли основного металла в металле шва при различных способах сварки. Свариваемость металлов.

*Понятия о свариваемости металлов.*

Под свариваемостью металлов по ГОСТ 26001-84 понимают их свойство, характеризующие способность образовывать при установленной технологии сварки соединения с требуемым комплексом свойств, обусловленным условиями эксплуатации.

Различают понятия физической и технологической свариваемости.

Физическая свариваемость свойство материалов образовывать монолитное неразъемное соединение с установлением в нем химических связей. Физической свариваемостью обладают практически все однородные металлы и большинство их сочетаний. Качество соединений во многом зависит от применяемой технологии сварки, поэтому вводится понятие технологической свариваемости металлов, определяющей их реакцию на воздействие конкретных условий сварки и способность при этом образовывать соединения с требуемыми свойствами. Свариваемость не является неизменным свойством материала, подобно его физическим характеристикам. Свариваемость зависит

- способа и режима сварки,
- состава присадочного металла, флюса, покрытия, защитного газа,
- сопровождающих условий (например, подогрев или сквозняк) и т.п. Понятие свариваемость является комплексным и характеризуется совокупностью свойств соединений в зависимости от природы металла и условий эксплуатации.

Под свариваемостью в основном понимают склонность сварного соединения к образованию трещин закалочных структур и других структурных изменений в ЗТВ. Свариваемые металлы должны иметь близкие физические, механические, термические, химические свойства, близость коэффициентов термического линейного расширения металлов в стыке.

Критерием хорошей свариваемости является способность сохранения сварным соединением специальных физических, механических свойств — равнопрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости, антифрикционное, прочности, вязкости и т. д. Свариваемость различных металлов и сплавов неодинакова.

Свариваемость характеризуется способностью изменять свойства шва и сварного соединения по сопоставлению со свойствами основного металла, способностью к взаимной кристаллизации. На свариваемость стали и сплавов оказывают влияние химические элементы, входящие в их состав, прежде всего углерод и легирующие элементы.

Свариваемость стали определенного химического состава характеризует эквивалент углерода, определяемый по формуле, где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора, %. содержания, по ГОСТ 27772 - 88 для оценки свариваемости. Углеродный эквивалент позволяет оценить риск развития холодных трещин.

$$C_3 = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2 \quad (1)$$

$$C_3 = C + Mn/6 + Cr/5 + V/5 + Mo/4 + Ni/15 + Cu/13 + P/2 \quad (2)$$

По расчету получено значение эквивалента углерода, необходимо рассчитать склонность стали к горячим трещинам. Можно применить параметрическое уравнение Итамур:

$$HCS = C * (S + P + Si|25 + Ni|100) * 1000 / 3Mn + Cr + M \quad (3)$$

Условием появления горячих трещин является  $HCS > 2$ . При сварке низколегированной стали трещины возникают при  $HCS = 4$ .

Основываясь на подсчетах эквивалента углерода, и склонности стали к образованию горячих трещин необходимо выбрать подогрев металла перед сваркой. Температуры предварительного подогрева считают по методике учитывающей химический состав стали и её толщину.

$$C_{\Sigma} = C_X + C_P \quad (4)$$

где  $C_X$  – химический эквивалент углерода;  $C_P$  – размерный эквивалент углерода.

$$C_P = 0,005 * S \quad (5)$$

где  $S$  – толщина свариваемого металла, мм.

Если в уравнении (4) подставить значение  $C_P$  из формулы (5), то полный эквивалент углерода

$$C_{\Sigma} = C_X(1 + 0,005S)$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева находят по формуле

$$T_{II} = 350 * \sqrt{C_{\Sigma} - 0,25} \quad (6)$$

Полученная температура, корректируется для цеховых условий, где трудно контролировать температуру до градуса, поэтому выбираю температуру предварительного подогрева в диапазоне.

Таблица 10.1 - Определение свариваемости по эквиваленту углерода

Группа свариваемости	Эквивалент углерода	Условия сварки
Хорошая	$C_{\text{экв}} < 0,25$	Сварка таких сталей выполняется без предварительного и сопутствующего подогрева, без последующей термической обработки, обычно они не дают трещин при сварке.
Удовлетворительная	$C_{\text{экв}}$ от 0,25 до 0,35	Сварка таких сталей без трещин возможна в нормальных условиях, когда температура окружающей среды выше 0 °С, отсутствует ветер и т. п. В других условиях сварка сталей этой группы возможна с предварительным подогревом или с предварительной и последующей термообработкой
Ограниченно	$C_{\text{экв}}$ от 0,35 до 0,45	Стали в обычных условиях сварки склонны к образованию трещин. Сварка таких сталей производится по специальной технологии с предварительной термообработкой и тепловой обработкой после сварки.
Плохая	$C_{\text{экв}} > 0,45$	Стали этой группы плохо поддаются сварке и склонны к образованию трещин. Их сварка выполняется с предварительной термообработкой, подогревом в процессе сварки и термообработкой после сварки.

**Пример** Расчет свариваемости стали 20ХГСА производить необходимо по максимальным значениям содержания химических элементов, которые берутся изГОСТ табличных данных.

$$C_3=0,23+1,1/6+1,2/24+1,1/5+0,3/40+0,3/13=0,723 \quad (1)$$

Сталь 20ХГСА ГОСТ 4543-71 является конструкционной низколегированной хромокремнемарганцевой сталью. Буква «А» в конце марки обозначает, повышенное качество стали, т.е. низкое содержание серы и фосфора до 0,025%. Содержание углерода 0,23% сталь ферритного класса, сталь 20ХГСА относится группе удовлетворительно свариваемых сталей. Полученное значение эквивалента углерода показывает, что легирующие добавки в данной стали, могут при максимальных значениях повышать вероятность образования кристаллизационных трещин.

По расчету получено значение эквивалента углерода, Необходимо рассчитать склонность стали 20ХГСА к горячим трещинам. Можно применить параметрическое уравнение Итамурь:

$$HCS=0,23*(0,025+0,025+1,2/25+0,3/100)*1000/3*1,1+1,1=5,2 \quad (3)$$

Из данного подсчета видно, что  $HCS > 4$  и  $HCS = 5$  значит, сталь 20ХГСА имеет склонность к горячим трещинам.

Основываясь на подсчетах эквивалента углерода, и склонности стали к образованию горячих трещин необходимо выбрать подогрев металла перед сваркой. Температуры предварительного подогрева считают по методике учитывающей химический состав стали и её толщину.

$$C_3=C_X+C_P \quad (4)$$

где  $C_X$ –химический эквивалент углерода;  $C_P$  - размерный эквивалент углерода.

$$C_P=0,005*S \quad (5)$$

где  $S$  - толщина свариваемого металла, мм.

Если в уравнении (3) подставить значение  $C_P$  из формулы (5), то полный эквивалент углерода

$$C_3=C_X(1+0,005S)$$

$$C_3= 0,723(1+0,005*6)=0,75$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева находят по формуле

$$T_{II}=350*\sqrt{(C_3-0,25)} \quad (6)$$

$$T_{II}=350*\sqrt{(0,75-0,25)}=247^{\circ}C \quad (6)$$

Полученная температура,корректируется для цеховых условий, где трудно контролировать температуру до градуса, поэтому выбираю температуру предварительного подогрева в диапазоне 250-265<sup>o</sup>C

### **Порядок выполнения работы**

Работа состоит из пяти заданий, которые выбираются согласно варианту таблицы 10.2.

Задание № 1.

По заданному содержанию углерода, используя ГОСТы на материалы (приложения Д,Е,Ж), определите марку стали, указать ГОСТ на эту сталь, характеристики механических свойств и применение.

Все данные заполнить в виде рекомендуемой таблицы 10.3

Задание № 2.

По заданной марке стали, используя ГОСТы на материалы (приложения Д,Е,Ж),определить содержание углерода, указать ГОСТ на эту сталь, характеристики механических свойств и применение. Рассчитать технологическую свариваемость стали.

Все данные заполнить в виде рекомендуемой таблицы 10.3

Задание № 3.

Используя настоящую методику, ответе на контрольные вопросы, номера указаны в вариантах задания таблицы 10.3.

Задание № 4.

Расшифровать марку стали по ее написанию, указать ГОСТ на материал и назначение согласно ГОСТу.

Задание № 5.

Расшифровать марку стали по ее написанию, указать назначение и расшифровать все цифры буквы входящие в эту марку.

#### **Порядок оформления отчета**

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. формулировка цели;
2. краткую теоретическую часть с перечислением ГОСТа на углеродистые стали и принципов классификации, формулы расчета свариваемости;
3. выписка задания согласно варианту;
4. практическая часть, состоящую из пяти заданий, оформляйте в виде рекомендуемой таблицы 10.3.

Таблица. Зависимость применения углеродистых сталей от химического состава и механических свойств.

№ п/п	Содержание углерода	Марки стали и ГОСТ	Прочностные характеристики			Характеристика пластичности, %	Ударная вязкость	Свариваемость
			$\sigma_{в};$ [МПа]	$\sigma_{т};$ [МПа]	НВ			

#### Контрольные вопросы

1. Понятие свариваемости.
2. Перечислите виды свариваемости.
3. Что означает формула Итамурэ?
4. Содержание углерода в углеродистых и легированных сталях.

## *Лабораторная работа №9*

### **Исследование деформации полосы в плоскости при наплавке валика на её кромку.**

**Цель работы:** исследовать деформацию полосы при наплавке валика на её кромку.

#### **Краткие теоретические сведения**

При сварке в каждой точке сварного соединения или конструкции возникают напряжения и деформации. В начальный период сварки, когда происходит нагрев металла, и в процессе последующего охлаждения они существенно изменяются по величине, знаку, характеру распределения в том или ином сечении и их принято называть временными. Временные напряжения и деформации по мере охлаждения постепенно переходят в остаточные, которые для большинства конструкционных материалов существуют в металле в течение всего дальнейшего периода эксплуатации.

В результате образования в каждой точке металла деформаций, формируются перемещения свариваемых элементов и за счет этого возникает формоизменение свариваемых изделий. Можно выделить несколько наиболее типичных видов формоизменения, которые проявляются отдельно или в определенных комбинациях друг с другом. Принято различать перемещения в плоскости свариваемых листов - продольное укорочение от продольной усадки металла, поперечное укорочение от поперечной усадки, изгиб в плоскости. Далее следует указать на перемещения из плоскости свариваемых листов - угловые деформации при сварке как стыковых, так и тавровых соединений. Важное место занимают деформации балочных конструкций - изгиб и укорочение от сварки как продольных, так и поперечных швов, а также в ряде случаев деформации закручивания балок. При сварке тонкостенных элементов могут возникать деформации в виде бухтиноватости от потери устойчивой формы равновесия при действии сжимающих остаточных напряжений в одном или двух направлениях.

Последовательность сварки отдельных элементов конструкции может оказывать существенное влияние напряженно-деформированное состояние в связи с изменением условий закрепления свариваемых элементов. В качестве примера можно привести случай сварки двутавровой балки со стенкой, составленной из нескольких листов, которые должны быть сварены вертикальными стыковыми швами. Если сначала сварить продольные поясные швы, а затем варить поперечные стыковые на стенке, то в них возникнут высокого уровня поперечные напряжения по причине жесткого закрепления отдельных листов стенки за счет сварки поясных швов. При иной последовательности сварки, когда вначале завариваются стыковые швы на стенке, а затем поясные, в стыковых швах на стенке поперечные напряжения будут незначительными из-за возможности поперечных перемещений листов стенки при сварке стыковых швов. По этим же соображениям при изготовлении днища вертикальных цилиндрических резервуаров из отдельных листов сначала сваривают все поперечные швы, а затем варят продольные швы. Подобных примеров можно привести достаточное количество. Последовательность сварки имеет значение и с точки зрения возникающих деформаций коробления. Не случайно широко известно правило сварки полотнищ от середины к периферии с целью уменьшения коробления. Если последовательность сварки оказывает влияние на распределение остаточных продольных пластических деформаций укорочения, то значит она влияет и на остаточное напряженное состояние в сварном соединении. Примером этому является обратноступенчатый способ сварки, при котором, как известно, остаточные напряжения в соединении уменьшаются по причине изменения характера распределения остаточных продольных пластических деформаций укорочения.

Влияние остаточных напряжений на поведение конструкции при эксплуатации в наибольшей степени проявляется в случае хрупких разрушений. Остаточные напряжения являются силовым фактором, действие которого может в полной мере проявиться при хрупком состоянии металла сварной конструкции. Можно указать на три аспекта влияния

остаточных напряжений на хрупкое разрушение сварных конструкций. Во-первых, они могут суммироваться с напряжениями от внешних нагрузок на конструкцию и таким образом уменьшать величину внешней нагрузки, необходимой для разрушения. Во-вторых, они могут в отдельных объемах металла создавать объемное напряженное состояние, которое затрудняет пластическое деформирование металла и способствует переходу его в хрупкое состояние со всеми вытекающими из этого последствиями. Наконец, в-третьих, имея сложный характер распределения в различных сечениях сварного изделия, остаточные напряжения могут влиять на устойчивость процесса хрупкого разрушения, что очень важно с точки зрения разработки мероприятий по его предотвращению. Изучение влияния остаточных напряжений на хрупкое разрушение сварных конструкций является крупной научно-технической проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение и которой занимаются исследователи во многих странах в течение многих лет.

Остаточные напряжения и деформации в сварных изделиях необходимо уменьшать. Анализ их образования показывает, что существуют следующие факторы, вызывающие напряженно-деформированное состояние сварной конструкции:

- а) остаточное продольное пластическое укорочение в пластической зоне;
- б) пластическая деформация укорочения поперечного по отношению к шву направления;
- в) несовпадение центра тяжести поперечного сечения зоны пластических деформаций укорочения с центром тяжести поперечного сечения свариваемых элементов (внецентренное приложение усадочной силы);
- г) структурные изменения, вызванные сварочным нагревом.

Для уменьшения влияния теплоты и нагрева на сварные конструкции сварку желательно вести по схемам наложения швов применяемых при необходимости соблюдения правильных размеров и форм сварных изделий.

**Уменьшение остаточных напряжений и деформаций может быть достигнуто следующими методами:**

1. Рациональное проектирование сварных изделий, заключающееся в расположении сварных швов по возможности ближе к центру тяжести поперечного сечения с целью уменьшения изгибающих моментов от усадочных сил.
2. Рациональный выбор способа и режимов сварки с целью уменьшения тепловложения в металл и таким образом уменьшения эпюры остаточных продольных пластических деформаций укорочения, являющихся, в основном, ответственными за остаточные напряжения и деформации.
3. При сварке листов стремиться к возможно более равномерному их разогреву с целью уменьшения угловых деформаций.
4. Применение термической печной или локальной обработки сварных изделий.
5. Применение вибрационной обработки.
6. Применение взрывной обработки.
7. Применение активнонагружения свариваемых элементов в процессе сварки.
8. Применение сборочно-сварочной оснастки с охлаждением.
9. Статическоенагружение после сварки.
10. Предварительный подогрев перед сваркой.
11. Прокатка тонкостенных сварных соединений после сварки.
12. Термическая правка после сварки.

В качестве примеров управления короблением сварных изделий можно назвать термическую правку прогиба сварных балок, тепловую правку местных деформаций потери устойчивости тонколистовыми элементами сварных конструкций, правку грибовидности полок сварных тавровых или двутавровых балок механическим путем, устранение деформаций при вварке фланцев в оболочковые конструкции применением обратного выгиба свариваемых кромок, устранение деформаций "корсетности" при сварке



кольцевых швов на тонкостенных цилиндрических оболочках прокаткой роликами зоны пластических деформаций и др. При выпуске любых изделий, в том числе таких сложных, как большинство типов сварных конструкций, неизбежно появление дефектов, которые устраняют в процессе производства. Затраты на устранение дефектов могут существенно увеличить стоимость сварных конструкций, и учет этих реалий в плане уменьшения издержек подобного рода — важное направление повышения эффективности сварочного производства. Поэтому условием создания высокоэффективного сварочного производства, гарантирующего экономичность, качество, надежность, безопасность и конкурентоспособность продукции является использование системы обеспечения качества, которая охватывает весь цикл сварочного производства.

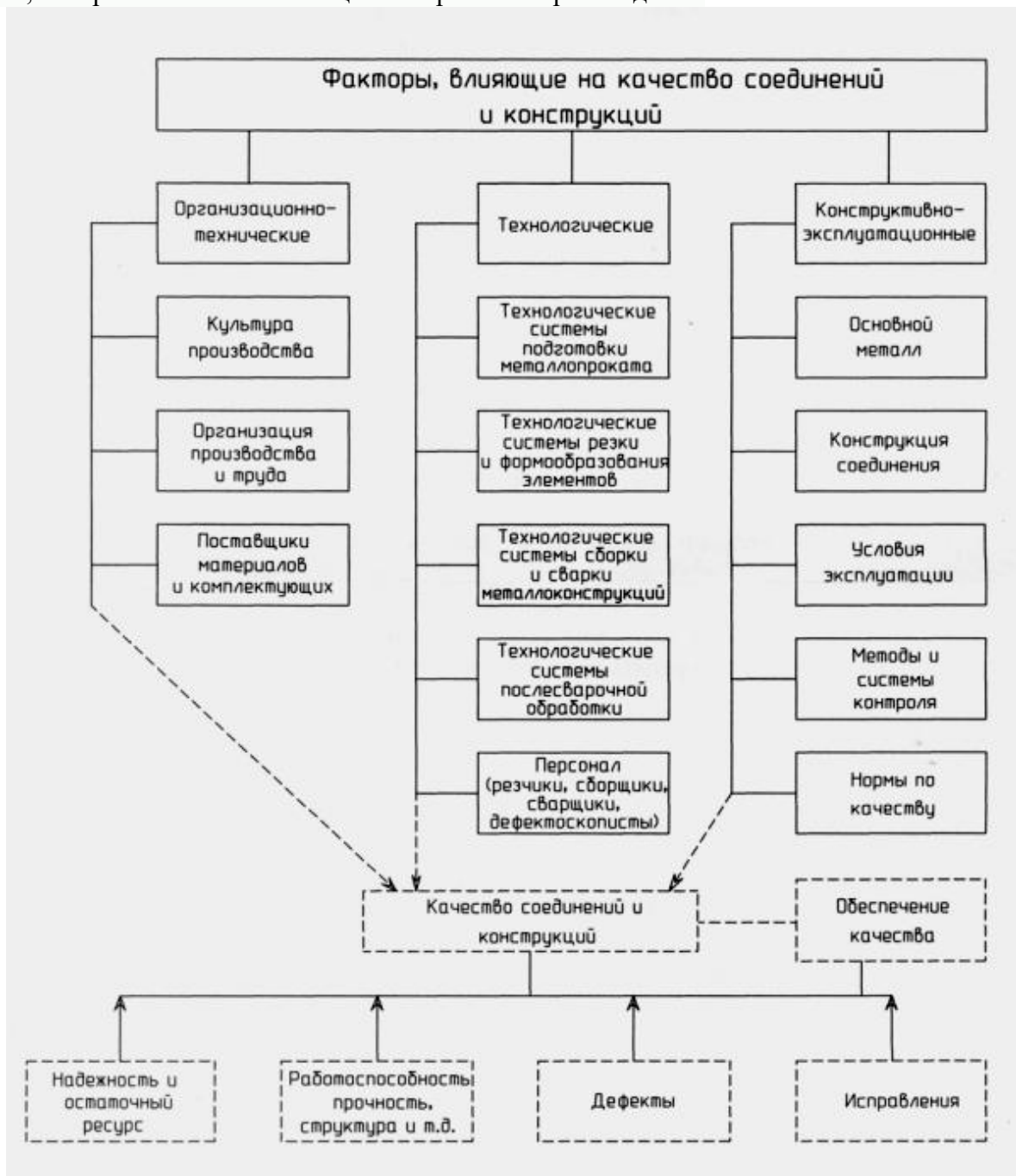


Рис. Факторы, влияющие на качество соединений и конструкций

На рис. 1 обобщены основные факторы (по группам), влияющие на качество сварных соединений и конструкций. В группе организационнотехнических факторов важную роль играет культура производства (выдача и контроль производственных заданий, выполнение регламентов, своевременная уборка рабочих мест, условия хранения

заготовок и деталей, отсутствие захламленности проходов и т. п.), условия труда работников.

Группа технологических факторов включает технологические системы для выполнения различных операций сварочного производства. В зависимости от серийности продукции, ее номенклатуры, степени автоматизации технологических процессов, операций загрузки-разгрузки и транспортировки обрабатываемых элементов и СК технологическая система может представлять собой механизированное или автоматизированное рабочее место или рабочий участок, механизированную, автоматизированную или автоматическую линию, робототехнологический комплекс, гибкую производственную систему. Механизированное или автоматизированное рабочее место, включающее технологический процесс, средство механизированного или автоматизированного труда (машину) и обслуживающего его человека представляет элементарную технологическую систему.

Высокое качество сварных соединений и конструкций можно обеспечить при условии, что металл, подвергаемый обработке, выправлен, очищен от окалины, ржавчины и других загрязнений, а при вырезке деталей используют высокоточные машины с программным управлением для кислородной, плазменной и газолазерной резки и механической вырубки. Формообразование элементов сварных конструкций производят путем точной гибки, штамповки и вырубки, в том числе с помощью лазер-прессов.

Операция сборки сварных конструкций в настоящее время наименее механизирована и автоматизирована, в основном из-за низкой точности элементов и деталей, поступающих на сборку. Поэтому повышение точности заготовок не только открывает путь к механизации и автоматизации сборочных операций, но и позволяет исключить сборку металлоконструкций «с натягом» и подгоночные работы, что существенно повышает качество СК.

#### **Оборудование**

1. Сварочный пост.
2. Электроды.
3. Пластины.
4. Линейка, транспортер.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Закрепление элементов установки.
2. Установить номинальную величину сварочного тока.
3. Включить источник питания сварочной дуги.
4. Наплавить валик на пластину толщиной 1 мм, 3 мм, 5 мм, 10 мм.
5. В зависимости от толщины металла регулировать силу тока от минимального до максимального значения на каждую пластину.
6. Результаты экспериментов обосновать.

### Содержание отчета

1. Цель работы
2. Краткие сведения о работе
3. Таблица исходных данных
4. Таблица экспериментальных результатов отчета

Металл	Минимальное значение тока	Оптимальное значение тока	Максимальное значение тока
1 мм			
3 мм			
5 мм			
10 мм			

### Контрольные вопросы

1. Дать определения деформации и напряжениям.
2. Как влияет сила тока на пластины металлов с разной толщиной?
3. Свариваемость разных металлов.
4. Как предупредить деформацию при сварке.