

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф.

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

## УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по материаловедению  
и технологии конструкционных материалов

Издание пятое, исправленное и дополненное

Раздел

## СВАРКА

**Направления** 35.03.06 Агроинженерия  
**подготовки** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
**бакалавров:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
23.03.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов

Уфа  
Башкирский ГАУ  
2019

УДК 669.015.8 (74)  
ББК 74.58+34.2  
М 34

**Рецензент:**

*д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Атрощенко В.В.*

**Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф.**

М 34 Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст]: сварка: учебное пособие: лабораторный практикум / Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф. . – Уфа : Изд-во БашГАУ, 2019. – 96 с.

Настоящее учебное пособие рассчитано на обучающихся, изучающих дисциплину «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

Целью лабораторных и практических занятий является изучение процессов, технологии и оборудования основных способов сварки, применяемых при изготовлении, монтаже и ремонте металлических конструкций и оборудования.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой изучения дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров: 35.03.06 Агроинженерия, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

УДК 669.015.8 (7)  
ББК 74.58+34.2  
М 34

© Сайфуллин Р.Н.,  
Исламов Л.Ф., 2019

© Башкирский государственный  
аграрный университет, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Лабораторная работа. Оборудование и технология ручной электродуговой сварки .....	4
2 Практическое занятие. Разработка технологического процесса ручной электродуговой сварки.....	20
3 Лабораторная работа. Механизация и автоматизация процессов дуговой сварки.....	31
4 Лабораторная работа. Технология электроконтактной сварки.....	38
5 Практическое занятие. Изучение оборудования и технологии газовой сварки.....	45
6 Лабораторная работа. Технология аргонодуговой сварки .....	53
7 Лабораторная работа. Выбор режимов стыковой и роликовой электрической контактной сварки .....	62
8 Лабораторная работа. Технология сварки трением.....	74
9 Лабораторная работа. Контроль элементов сварного шва универсальным шаблоном сварщика.....	84
10 Лабораторная работа. Изучение и работа на дуговом тренажере сварщика..	88

## Лабораторная работа № 1

# ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Овладение основами техники ручной электродуговой сварки металлическим электродом.
2. Приобретение практических навыков в расчете режимов ручной электродуговой сварки и получении сварных соединений.
3. Изучение конструкции и принципа действия сварочных аппаратов для ручной дуговой сварки. Освоение навыков выбора сварочного оборудования, электродов и параметров режима сварки.

## 2 ЗАДАНИЕ

- 1 Изучить физические основы электросварки, сварочную дугу, источники сварочного тока;
- 2 Изучить технику ручной электродуговой сварки, включающую сварочный пост, установку рабочего тока сварки, возбуждение сварочной дуги и поддержание ее горения, наложение ниточных и уширенных швов. Наплавить на поверхность пластины два контрольных шва (ниточный и уширенный);
- 3 Ознакомиться с типами и видами сварных соединений, способами подготовки заготовок под сварку, режимом сварки, марками электродов, технологией получения сварного соединения, дефектами сварного шва;
- 4 Выбрать электрод и электродное покрытие, рассчитать режим сварки для заданного варианта. Подготовить заготовку под сварку для получения неразъемного соединения. Провести внешний осмотр и дать оценку дефектам полученного сварного соединения.

## 3 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

- 1 Сварочный пост, средства защиты.
- 2 Стальные электроды.
- 3 Заготовки.
- 4 Методические указания, плакаты, разрезы источников питания сварочной дуги, стенд – типы сварных соединений.
- 5 Бланки для оформления отчета.

## 4 ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

### 4.1 Общие положения

- К сварочным работам допускаются лица, изучившие инструкцию по технике безопасности.

- Категорически запрещается включать какие-либо установки без разрешения преподавателя или учебного мастера.
- В процессе работы студент должен находиться на своем рабочем месте и не отвлекать от работы других.
- Категорически запрещается работать без защитного сварочного костюма, рукавиц и сварочного щитка.
- После окончания работы студент обязан выключить установку и убрать свое рабочее место.

#### 4.2 Электродуговая сварка

- Сварочная дуга является источником опасных излучений, которые вредны для глаз и открытых участков тела. Поэтому категорически запрещается смотреть на сварочную дугу без защитного щитка. При проведении сварочных работ необходимо следить за тем, чтобы защитный щиток полностью закрывал лицо работающего студента. Свет сварочной дуги, даже отраженный от стенок кабины, не должен попадать на глаза других людей. Студенты без щитка должны отвернуться от света дуги или его отражения. Одноразовое краткое облучение (в течение 2-3 с) светом сварочной дуги не приводит к неприятным последствиям и проходит безболезненно. При многократном частом облучении глаз возможны болевые ощущения (слезоточивость, ощущение, что в глаза попал песок), которые проходят через некоторое время, не влияя на остроту зрения.
- Сварочный щиток должен быть исправным: не иметь никаких отверстий, разбитых стекол (цветного и предохранительного).
- В процессе сварки образуется большое количество искр, разлетающихся в разные стороны. Искры–капли расплавленного металла с температурой более 1500 °С, попадая на незащищенные участки тела (руки, ноги), на одежду, могут привести к ожогам или прожечь одежду. Для защиты от ожогов и прожога одежды студент должен надеть специальный защитный костюм – куртку, брюки, рукавицы.
- В процессе сварки свариваемые пластины нагреваются до высоких температур (1200 °С). Горячую пластину следует взять специальными клещами, которые имеются в каждой кабине. **ПОМНИТЕ**, что горячую пластину ни в коем случае нельзя подносить к лицу, так как от нее отскакивает шлак, что может привести к весьма сильному травматизму.
- Нельзя бросать огарки электродов на пол, так как, наступив на огарок, можно поскользнуться и упасть.
- Обгоревшие рукавицы и костюм должны быть переданы учебному мастеру.

### 5 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ

#### 5.1 Основные положения теории и техники сварки

*Сваркой* называется технологический процесс получения неразъемного соединения. Для получения сварного соединения соединяемые поверхности

сближают на расстояния, в пределах которых действуют силы межатомного сцепления. Расплавленный металл получают путем плавления кромок заготовок и электродного (или присадочного) металла электрической дугой (рисунок 1.1). После заполнения зазора между заготовками металл затвердевает, образуя прочный сварочный шов.

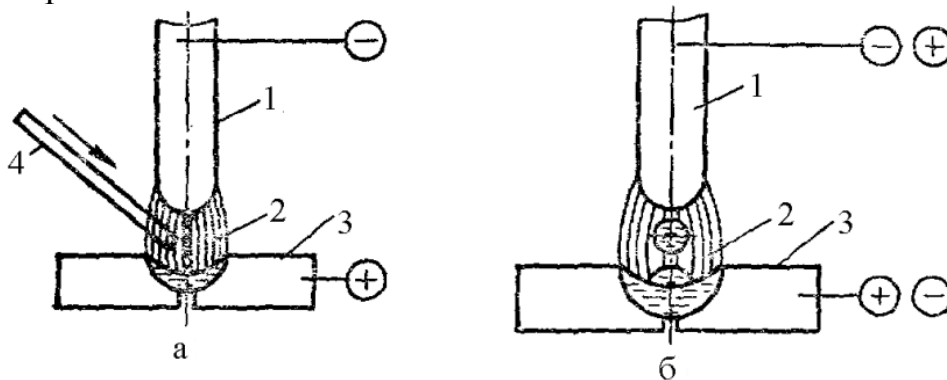


Рисунок 1.1 Схемы сварки неплавящимся (а) и плавящимся (б) электродами: 1 – электрод; 2 – свариваемое изделие; 3 – присадочный металл.

Ручную электродугую сварку применяют для соединения металлов толщиной от 1 до 60 мм при выполнении коротких швов в различных пространственных положениях (рис.2) и в труднодоступных местах.

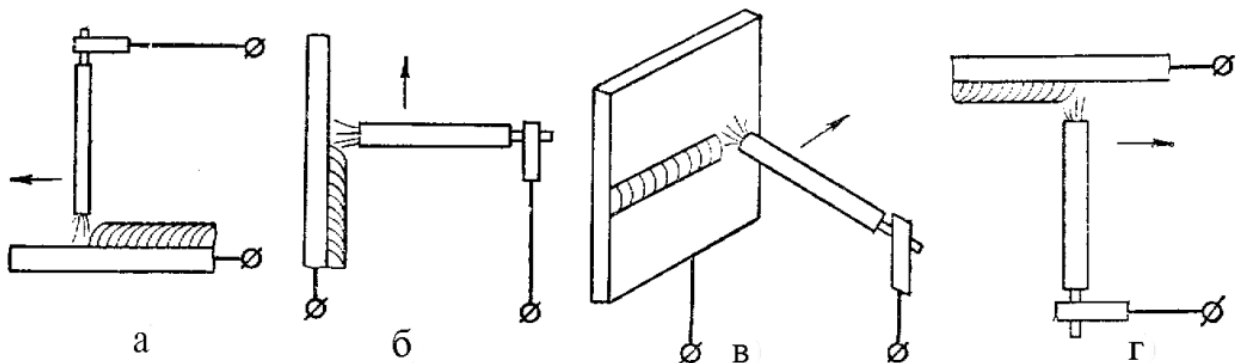


Рисунок 1.2 Возможные пространственные положения шва при ручной электродугуговой сварке: а – нижнее; б – вертикальное; в – горизонтальное; г – потолочное.

## 5.2 Сварочная дуга и источники сварочного тока

**Сварочная дуга** – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги включает три этапа: **короткое замыкание электрода на заготовку**, отвод на расстояние 3 – 6 мм и возникновение устойчивого дугового разряда. Короткое замыкание (рис.3а) выполняется для разогрева торца электрода 1 и заготовки 2 в зоне контакта с электродом. После отвода электрода (рисунок 1.3 б) с его разогретого торца (катода) под действием электрического поля начинается **эмиссия электронов** 3. Столкновение быстро движущихся по направлению к

аноду электронов с молекулами газов и паров металла приводит к их ионизации. В результате дуговой промежуток становится электропроводным и через него начинается разряд электричества. Процесс зажигания дуги заканчивается **возникновением устойчивого дугового разряда** (рисунок 1.3 в).

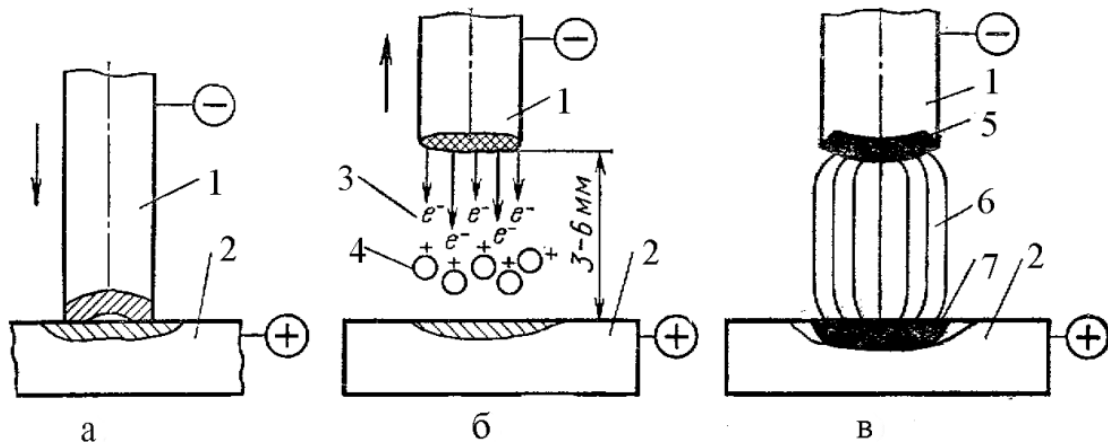


Рисунок 1.3 Схема процесса зажигания дуги: 1 – электрод; 2 – свариваемое изделие; 3 – электроны; 4 – положительные ионы (молекулы) газа; 5 – плавящийся конец электрода; 6 – ионизированная сварочная дуга; 7 – сварочная ванна.

Электрические свойства дуги выражаются статической вольтамперной характеристикой, которая представляет собой зависимость между напряжением на дуге и током дуги (рисунок 1.4 а).

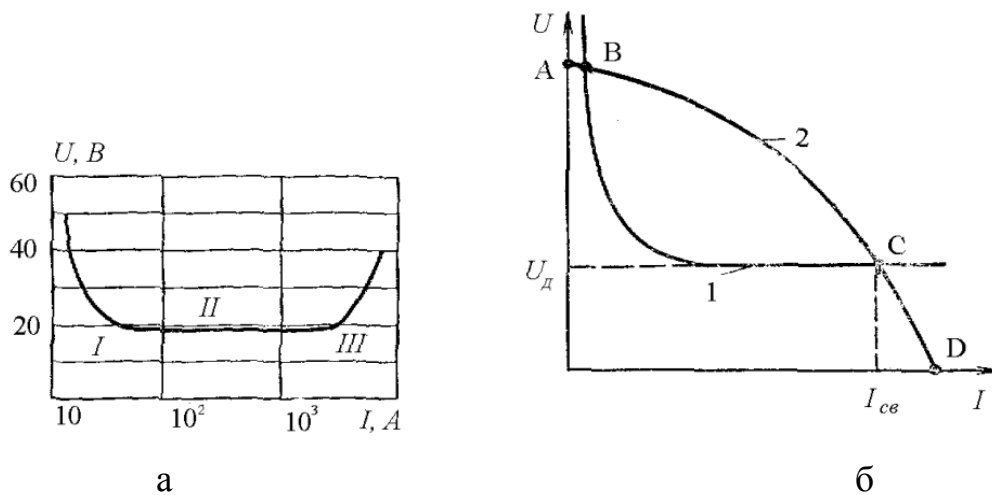


Рисунок 1.4 Вольтамперная характеристика дуги (а) и совмещенная вольтамперная характеристика дуги и источника тока (б)

**Источники сварочного тока** для дуговой электрической сварки должны иметь падающую (или пологую) внешнюю характеристику (рисунок 1.4 б). Внешней характеристикой источника электрического тока называют зависимость напряжения на его выходных клеммах от тока цепи при нагрузке. Режим горения сварочной дуги определяют точкой пересечения характеристики дуги (кривая 1) и источника тока (кривая 2).

На рисунок 1.4 б **точка А** соответствует режиму холостого хода источника тока (величина сварочного тока  $I = 0$ ; напряжение холостого хода

$U_{x,x} = 60 - 80 \text{ В}$ ). Дуга отсутствует. **Точка D** соответствует режиму короткого замыкания (напряжение короткого замыкания  $U_{K.З}=0$ ;  $I_{K.З.} = I_{MAX}$ ). **Точка B** соответствует моменту зажигания и неустойчивому горению дуги. **Точка C** соответствует рабочему сварочному режиму с устойчивым горением дуги и величиной сварочного тока  $I_{CB}$ .

Для питания сварочной дуги применяют источники переменного (сварочные трансформаторы) и постоянного тока (сварочные генераторы и выпрямители). Сварочные трансформаторы применяют чаще, так как они проще в эксплуатации и долговечнее.

При использовании постоянного тока различают *сварку на прямой и обратной полярностях*. В первом случае электрод подключается к отрицательному полюсу и служит катодом, во втором – к положительному и служит анодом.

Рассмотрим принцип работы сварочного трансформатора с повышенным магнитным рассеянием (тип ТДМ). В трансформаторах данного типа (рис.5) на стальном сердечнике 3 установлены две пары обмоток: *неподвижная первичная 1* и *подвижная вторичная 2*. Обе первичные обмотки, также как и вторичные электрически связаны между собой параллельно. Первичная обмотка подключается к сети с напряжением 220/380В, а вторичная к электрододержателю 5 и сварочному столу 6. Вращением винта 4 вторичная обмотка может быть приближена к неподвижной первичной обмотке или удалена от нее.

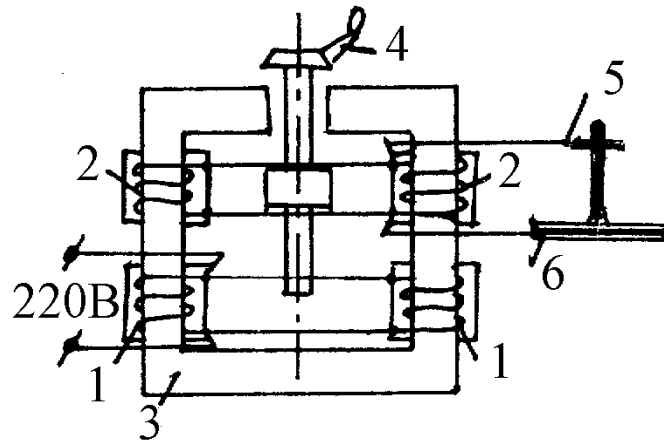


Рисунок 5 Принцип работы сварочного трансформатора

Для создания падающей внешней характеристики используют увеличенное магнитное рассеяние вокруг обмоток трансформатора. При работе трансформатора основной магнитный поток  $\Phi_0$ , создаваемый обмотками 1 и 2, замыкается через железный сердечник 3 (рисунок 1.6).



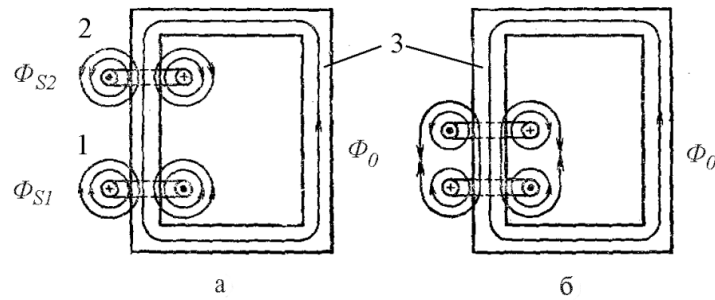


Рисунок 1.6 Схема магнитных потоков  $\Phi_{S1}$  и  $\Phi_{S2}$  сварочного трансформатора ТДМ при удалении (а) и сближении (б) вторичной (2) и первичной (1) обмоток.

Величину сварочного тока  $I_{CB}$  плавно регулируют, изменяя расстояние между первичной и вторичной обмотками. При сближении обмоток происходит частичное взаимное уничтожение противоположно направленных потоков рассеяния  $\Phi_{S1}$  и  $\Phi_{S2}$  (рисунок 1.6, б), что приводит к уменьшению индуктивного сопротивления вторичной обмотки и увеличению сварочного тока. При удалении обмоток соответственно наоборот.

## 6 ОБОРУДОВАНИЕ СВАРОЧНОГО ПОСТА

Сварка небольших по размеру деталей выполняется на сварочном poste. Сварочный пост для ручной электродуговой сварки оборудуется сварочным трансформатором, рубильником (контактором), сварочным столом и приточно-вытяжной вентиляцией. Электрическая схема подключения сварочного поста (рисунок 1.7), содержит сеть переменного тока 1 напряжением 220-380 В, который подается через контактор 2 к сварочному трансформатору 3. От сварочного трансформатора по гибким проводникам 4, 5 ток подводится к электрододержателю и сварочному столу (изделию).

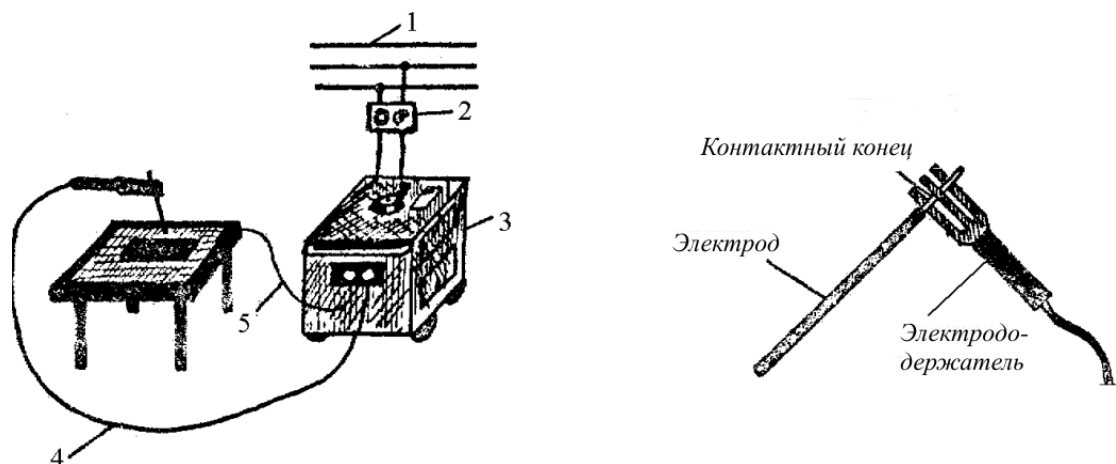


Рисунок 1.7 Сварочный пост

Электрододержатель служит для установки и зажима металлического электрода и подведения к нему сварочного тока.

Электрод представляет собой металлический стержень с нанесенным на него специальным покрытием. Один конец электрода оголен – контактный конец. Диаметр электрода определяется диаметром электродного стержня. Электрод устанавливается в электрододержатель контактным концом.

## 7 МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

1 Диаметр электрода  $d_{\text{э}}$  выбирают, исходя из толщины свариваемого металла  $S$  (таблица 1.1).

2 Сварочный ток  $I_{\text{св}}$  (А) выбирают в зависимости от диаметра электрода и типа свариваемого металла

$$I_{\text{св}} = (20 + 6 \cdot d_{\text{э}}) \cdot d_{\text{э}} \quad (2)$$

Для сварки легированных сталей, вычисленные по формуле (2) значения рабочего тока снижаются на 10–15%.

3 Длину дуги ( $l_{\text{д}}$ , мм) выбирают по диаметру электрода

$$l_{\text{д}} = 0,5 \cdot (d_{\text{э}} + 2) \quad (3)$$

Чем короче дуга, тем выше качество наплавленного металла.

4 Напряжение горения дуги ( $U_{\text{д}}$ , В) пропорционально длине дуги

$$U_{\text{д}} = \alpha + \beta \cdot l_{\text{д}}, \quad (4)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – опытные коэффициенты. Для стальных электродов  $\alpha=10\text{В}$ ,  $\beta= 2 \text{ В/мм}$ .

5 Напряжение зажигания дуги  $U_{\text{з,д}}$  при постоянном токе – 50В, при переменном токе – 60В.

6 Ток зажигания дуги  $I_{\text{з,д}}= 20\text{А}$ .

## 8 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

Для этого необходимо определить:

- материал сварочной проволоки (марку материала проволоки выбирают в соответствии с химическим составом свариваемого металла);
- тип покрытия стержня электрода;
- тип и марку электрода в зависимости от марки свариваемой стали и требований к механическим свойствам (прочности, пластичности) наплавленного металла (таблица 1.2);
- длину электрода (таблица 1.3).

Электроды имеют следующие типы покрытий:

**Р** – руднокислое покрытие, **О** – органическое покрытие; **Т** – рутиловое покрытие; **Ф** – фтористокальцевое покрытие.

Согласно ГОСТ 9467-75 электроды для сварки мало-, среднеуглеродистых и низколегированных сталей (Ст3, сталь 45, 30ХГСА и др.) подразделяют на типы Э34, Э42, Э42А, ..., Э145. Цифры в обозначении типа электрода означают прочность наплавленного металла в МПа, буква А – повышенную пластичность металла сварного шва. Свойства наплавленного металла должны быть равны или несколько выше соответствующих свойств свариваемого металла. Рекомендуемые марки электродов для выбранных типов электродов приведены в таблице 1.4. Длину электрода выбирают в соответствии с его диаметром по таблице 1.3.

## 9 ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

### 1 Установка рабочего тока сварки.

Установка рабочего тока сварки и его регулирование на источниках тока производится в ручную по шкале на корпусе источника.

### 2 Подготовка элементов сварного соединения под сварку

Перед сваркой кромки металла тщательно подготавливают: зачищают стальной щеткой, шкуркой, правильно располагают друг относительно друга, а при необходимости проводят разделку напильником или абразивным кругом.

Все сварные соединения делят на четыре типа: **стыковые, тавровые, нахлесточные, угловые.** Различные типы сварных соединений и этапы подготовки кромок в зависимости от толщины свариваемого металла приведены в таблице 1.5. В тех случаях, когда необходимо обеспечить провар металла на полную толщину, делают скос кромок. Он обязателен, если толщина металла свыше 6 мм.

### 3 Возбуждение сварочной дуги и поддержание ее горения.

Возбуждение сварочной дуги может производиться двумя способами: постукиванием или чирканьем. В первом случае сварщик частым легким постукиванием ударяет по свариваемому металлу до тех пор, пока не возбудится сварочная дуга, после чего электрод отводится на 2...4 мм вверх от металла. Во втором случае сварщик чиркает по металлу концом электрода и отводит его на небольшое расстояние (2...4), возбуждая дугу.

В дальнейшем для обеспечения стабильного горения сварочной дуги необходимо поддерживать постоянную длину дуги путем постепенного опускания электрода по мере его оплавления.

### 4 Положение и перемещение электрода при сварке

Положение электрода зависит от положения изделий при сварке (рисунок 1.2). Перемещение вдоль шва производится вручную. Изменяя угол наклона электрода к поверхности свариваемого изделия можно, в некоторых пределах, регулировать глубину провара металла Н.

Глубина проплавления металла под воздействием тепла сварочной дуги называется *глубиной провара Н* (рисунок 1.9).

В зависимости от типа свариваемой конструкции наплавляют **узкий (ниточный) или широкий (уширенный) валик**.

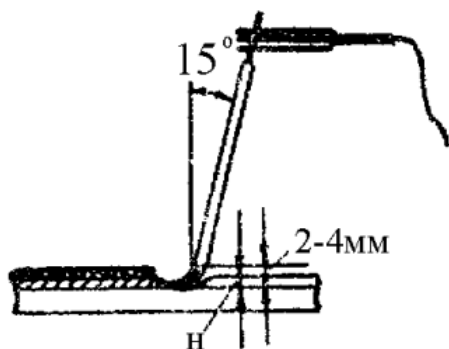


Рисунок 1.9 Положение электрода при сварке

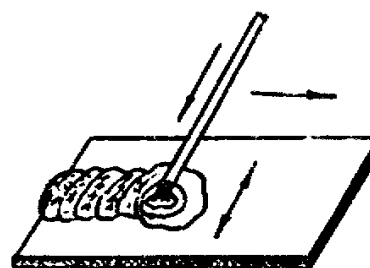


Рисунок 1.10 Движения электрода при нанесении уширенных швов

**Узкий валик** накладывают при сварке тонких листов толщиной 2...3 мм, горизонтальных, потолочных швов и при проваре корня шва.

При наложении **уширенных швов** сварщик сообщает электроду поперечные колебания с постоянной частотой и амплитудой, совмещая их с поступательным движением электрода вдоль шва и опусканием электрода по мере его оплавления (рисунок 1.10). Поперечные колебательные движения могут быть различны (рисунок 1.11).

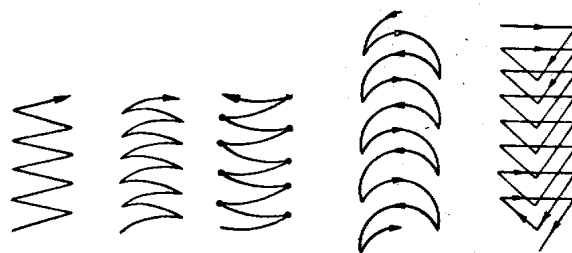


Рисунок 1.11 Поперечные колебательные движения электрода при нанесении уширенных швов

Сварное соединение может быть сварено одним швом (однослойная сварка) или несколькими швами (многослойная сварка).

## 10 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя на выполнение работы.
- 2 Зарисовать вид сварного соединения и указать тип соединения, толщину свариваемых заготовок и их материал. Заполнить п.1 бланка отчета.
- 3 Рассчитать режим сварки, используя п.7. Заполнить п.2 бланка отчета.
- 4 Зарисовать совмещенную вольтамперную характеристику сварочного трансформатора и электрической дуги по выбранному режиму сварки. Заполнить п.3 бланка отчета.

5 Выбрать тип и марку электрода, используя п.3. Заполнить п.4 бланка отчета.

6 Выбрать вид перемещения электрода и зарисовать его в п.5 бланка отчета.

7 Подготовить элементы сварного соединения под сварку

8 Установить на источнике рабочий ток сварки путем вращения ручки регулятора. Установку тока производить при выключенном источнике.

9 Установить заготовки на сварочном столе и вставить электрод в электрододержатель.

10 Взять электрододержатель с электродом и установить электрод над пластиной; закрыть лицо сварочным щитком и легким постукиванием электродом по пластине возбудить сварочную дугу.

11 Дать оценку дефектам полученного сварного соединения. Контроль сварного соединения осуществляют внешним осмотром, выявляя наружные дефекты и размеры шва.

12 Полученное сварное соединение предъявить преподавателю для его оценки.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

№ вар	Тип сварного соединения	Свариваемый металл			Требования к пластичности металла шва	Практическое выполнение шва
		Марка	Проч. $\sigma_B$ , МПа	Толщ S, мм		
1	Нахлесточное	Сталь10	340	6	Обычные	Ниточный
2	Стыковое	ВСт1пс	410	18	Повышенные	Уширенный
3	Стыковое	12Х13	600	8	Обычные	Ниточный
4	Угловое	ВСт3пс	490	30	Обычные	Уширенный
5	Тавровое	Сталь15пс	380	10	Обычные	Ниточный
6	Стыковое	14ХГС	500	10	Повышенные	Уширенный
7	Нахлесточное	18Х3МФ	650	4	Обычные	Ниточный
8	Угловое	ВСт2пс	400	40	Повышенные	Уширенный
9	Тавровое	10ХСНД	540	30	Повышенные	Ниточный
10	Угловое	20Х3МВФ	900	8	Обычные	Уширенный
11	Стыковое	ВСт4пс	510	40	Повышенные	Ниточный
12	Нахлесточное	10Г2СД	490	15	Повышенные	Уширенный
13	Угловое	12МХ	420	10	Повышенные	Ниточный
14	Нахлесточное	Сталь30	500	20	Обычные	Уширенный
15	Тавровое	20Х13	660	8	Обычные	Ниточный
16	Тавровое	15Х5	400	10	Обычные	Уширенный
17	Стыковое	20Х1М1Ф1БР	800	4	Обычные	Ниточный
18	Стыковое	10ХНД	480	5	Повышенные	Уширенный
19	Стыковое	0Х18Н9	550	4	Повышенные	Ниточный
20	Тавровое	15Г2СФ	560	25	Повышенные	Уширенный

## СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Таблица 1.1 Определение диаметра электрода

S, мм	0,5 – 1,5	1,5 – 3	3 – 5	6 – 12	свыше 13
d <sub>э</sub> , мм	1,5 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 - 6

Таблица 1.2 Выбор типа электродов

Тип электр.	Область применения
Э34, Э42, Э46	Сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей ( $\sigma_B \leq 460$ МПа)
Э50, Э55	Сварка среднеуглеродистых и низколегированных сталей ( $\sigma_B \leq 550$ МПа)
Э42А, Э46А, Э50А, Э60А	К металлу шва предъявляют повышенные требования пластичности
Э70, Э85, Э100, Э145	Сварка низколегированных сталей повышенной прочности ( $\sigma_B \leq 600$ МПа)
Э-М, Э-МХ	Сварка теплоустойчивых сталей
ЭФ-Х13, ЭФ-Х17	Сварка нержавеющей хромистых сталей (ферритного класса)
ЭА-1а	Сварка нержавеющей хромоникелевых сталей(аустенитного класса), работающих в слабой агрессивной среде
ЭА-1Б	Сварка нержавеющей хромоникелевых сталей(аустенитного класса), работающих в сильной агрессивной среде

Таблица 1.3 Выбор длины электрода

Диаметр электрода d <sub>э</sub> , мм	1,6	2	3	4	5 и более
Длина электрода L, мм	200	250	300	400	450

Таблица 1.4 Характеристика электродов для сварки различных типов стали


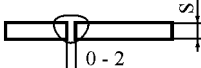
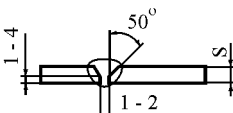
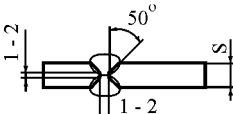
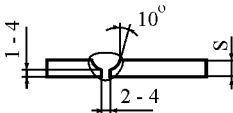
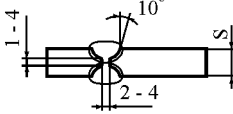
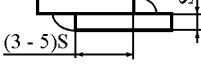
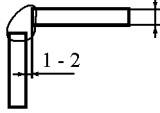
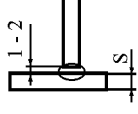
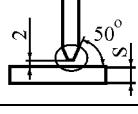
Тип электрода	Марка электрода	Тип покрытия	Род и полярность тока	Пространственное положение шва	Предел прочности и шва $\sigma_B$ , МПа
Э34	АН-1	Р	Переменный, постоянный любой полярности	Любое	380
Э42	ОММ-5	Р	----«----	----«----	480
	ОМА-2	О	----«----	Любое	460
	АНО-3	Т	Переменный, постоянный любой полярности	----«----	480
Э42 А	УОНИ-13/45	Ф	Постоянный обратной полярности	----«----	460
	УП-1/45	Ф	То же, и переменный	----«----	480
Э46	ОЗС-6	Т	Переменный и постоянный любой полярности	----«----	480
Э46 А	Э-138/45Н	Ф	Постоянный обратной полярности	----«----	470
Э50	ВСЦ-3	О	Постоянный любой полярности	----«----	510
Э50 А	УОНИ-13/55	Ф	Постоянный обратной полярности	----«----	520
	УП-1/55	Ф	То же, и переменный	----«----	540

Продолжение таблицы 1.4

Тип электрода	Марка электрода	Тип покрытия	Род и полярность тока	Пространственное положение шва	Предел прочности шва $\sigma_B$ , МПа
Э55	УОНИ-13/55У	Ф	Постоянный обратной полярности	Нижнее, вертикальное	570
Э60А	УОНИ-13/65	Ф	----«----	Любое	620
Э70	ЛКЗ-70	Ф	----«----	Нижнее	800
Э85	УОНИ-13/85	Ф	----«----	Любое	900
Э100	ЦЛ-19-63	Ф	----«----	----«----	1060
Э145	НИАТ	Ф	----«----	----«----	1600
Э-М	ЦУ-2М	Ф	----«----	----«----	600
Э-МХ	ЦЛ-14	Р	Переменный, постоянный обратной полярности	----«----	510
Э-ХМ	ЦЛ-30-63	Ф	----«----	Нижнее, вертикальное	650
Э-ХМФ	ЦЛ-20-63	Ф	Постоянный обратной полярности	Любое	590
Э-ХМФБ	ЦЛ-27	Ф	----«----	----«----	550
Э-Х5МФ	ЦЛ-17-63	Ф	----«----	----«----	650
ЭФ-Х13	УОНИ10/Х13	Ф	----«----	Нижнее, вертикальное	
ЭФ-Х17	УОНИ10/Х17	Ф	----«----	Любое	
ЭА-1а	ОЗЛ-8	Ф	----«----	Любое	
ЭА-1Б	ОЗЛ-17	Ф	----«----	----«----	



Таблица 1.5 Типы и виды сварных соединений

Тип соединения	Толщина деталей S, мм	Вид соединения
Стыковые	$\leq 2$	
	2 – 6	
	6 – 15	
	15 – 20	
	20 – 30	
	$\geq 30$	
Нахлесточные	1 – 20	
Угловые	5 – 60	
Тавровые	2 – 12	
	12 – 60	

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Основные положения техники безопасности при выполнении электродуговой сварки.
- 2 Назовите особенности сварки плавящимся и неплавящимся электродом.
- 3 Какие положения сварочного шва в пространстве вы знаете?
- 4 Что называют сварочным постом?
- 5 Что называют вольтамперной характеристикой электрической дуги и сварочного трансформатора?
- 6 Как регулируют величину сварочного тока в трансформаторе типа ТДМ?
- 7 Как выбирают тип и марку электрода?
- 8 Какие способы зажигания электрической дуги вы знаете?

9 В чем заключаются особенности наложения ниточных и уширенных швов при однослойной и многослойной сварке?

10 Основные типы сварных соединений.

11 Основные виды наружных и внутренних дефектов сварных соединений.

## ОТЧЕТ О РАБОТЕ

### 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Эскиз сварного соединения	Свариваемый материал			Требования к прочности шва $\sigma_B$ , МПа	Практическое выполнение шва (ниточный, уширенный)
	Марка	Прочность $\sigma_B$ , МПа	Требования к пластичности		

### 2 РАСЧЕТ РЕЖИМА СВАРКИ

Определяемая величина	Обозначение, размерность	Расчетная формула	Полученный результат
Диаметр электрода			
Длина электрода			
Сварочный ток			
Длина дуги			
Напряжение горения дуги			
Напряжение зажигания дуги			
Ток зажигания дуги			

### 3 СОВМЕЩЕННАЯ ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДУГИ И ИСТОЧНИКА ТОКА ДЛЯ РАССЧИТАННОГО РЕЖИМА СВАРКИ

U, В



I, А

## 4 ВЫБОР ТИПА И МАРКИ ЭЛЕКТРОДА

Тип электрода	Тип покрытия	Область применения	Марка электрода	Род, полярность тока	Пространственное положение шва

## 5 ПРАКТИЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ШВА

Схема положения электрода при сварке	Схема перемещения электрода при сварке	Оценка качества полученного сварного шва (внешние дефекты)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Технология конструкционных материалов./Под ред. А.М. Дальского.- М.:Машиностроение, 2003.
- 2 Материаловедение и технология металлов./ Под ред. Г.П. Фетисова.- М.: Высш.шк., 2006.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. Т.1.
- 4 Справочник сварщика./Под ред. В.В.Степанова. - М.: Машиностроение,1982.

## Практическое занятие № 2

**РАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ  
ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Научится рассчитывать режим ручной электродуговой сварки, выбирать сварочные материалы и оборудование, назначать технологические приемы сварки.

Технологический процесс разрабатывается для условий мелкосерийного производства.

**2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Тип сварного соединения, марка свариваемых материалов, толщина свариваемых изделий, длина шва, положение шва в пространстве.

**3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ  
ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ**

**1 Форма подготовки (разделка) кромок** свариваемых изделий определяется по ГОСТ 5264-80 в зависимости от толщины свариваемых изделий и типа сварного соединения. При толщине свариваемых изделий не более 6 мм разделку кромок не производят.

**2 Тип электрода** указывает на прочность металла шва (например, тип Э42 соответствует  $\sigma_{\text{в}} = 420$  МПа, Э50 -  $\sigma_{\text{в}} = 500$  МПа и т.д.) и выбирается в зависимости от прочности основного металла свариваемого изделия с целью обеспечения равной прочности основного металла и металла шва (приложение 2.1).

**3 Марка электрода** выбирается по справочным данным, в соответствии с выбранным типом электрода (приложение 2.2 и 2.3), в зависимости от используемого источника тока, положения шва в пространстве и других требований.

Например, сварку в положениях, отличных от нижнего, лучше выполнять электродами с тугоплавким покрытием на постоянном токе обратной полярности. Постоянный ток обратной полярности применяется также при сварке тонкостенных деталей и сталей с низкой теплопроводностью (легированные стали). Источники переменного тока проще по устройству, надежнее в эксплуатации и имеют более высокий коэффициент полезного действия, что также должно учитываться при выборе марки электрода. Характеристика электрода: условное обозначение по ГОСТу, расшифровка.

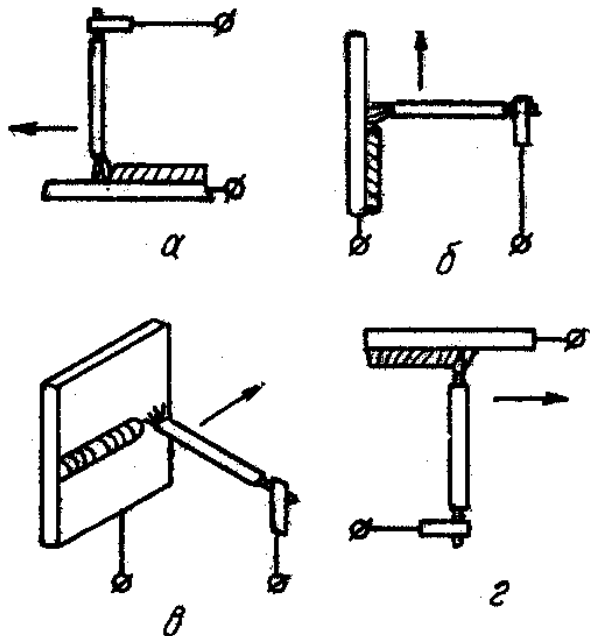
Марки электродов для сварки конструкционных сталей даны в приложении 2.2.

**4 Диаметр электрода (стержня) в мм, выбирается в зависимости от толщины  $S$  свариваемых изделий по формуле**

$$d_э = S/2 + 1$$

При сварке изделий толщиной более 10 мм диаметр электрода берется 6–8 мм вне зависимости от толщины изделий, а сварку производят многослойным швом.

На практике, в целях уменьшения массы расплавленного металла, диаметр стержня электрода принимают не более:



- при сварке нижних швов стыковых и нахлесточных соединений – 6мм;
- нижних швов тавровых и угловых соединений – 5мм;
- потолочных швов – 4мм;
- горизонтальных и вертикальных швов – 5мм (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 Расположение швов в пространстве: *а* – нижнее; *б* – вертикальное; *в* – горизонтальное; *г* – потолочное.

**5 Сварочный ток**, определяющий качество и производительность сварочных работ, зависит от толщины свариваемых изделий, диаметра электрода, теплопроводности свариваемого материала, скорости сварки, типа сварного соединения и положения шва в пространстве.

Величину сварочного тока в А, рассчитывают по формуле

$$J_{св} = K \cdot d_э,$$

где  $K$  – коэффициент плотности тока; А/мм – зависящий от материала стержней электродов (для металлических электродов 40...50, угольных 5...8, графитовых 18...20).

С увеличением теплопроводности свариваемых металлов сварочный ток увеличивается. Так при сварке алюминия  $J_{св}^{Al} = (1,3...1,5)J_{св}^{Fe}$ .

При сварке легированных сталей, имеющих пониженную теплопроводность по сравнению с углеродистыми, сварочный ток необходимо уменьшать (сварка ведется на так называемом мягком режиме)  $J_{св}^{лег} = (0,8...0,9)J_{св}^{угл}$ .

При сварке на переменном токе из-за пониженной ионизации дугового промежутка требуется повышенный сварочный ток  $J_{св}^{пер} = (1,1...1,2)J_{св}^{пост}$ .

Окончательно величину сварочного тока устанавливают с учетом соотношения толщины металла  $S$  и диаметра электрода  $d_э$ . При  $S > 3d_э$  сварочный ток увеличивают на 10 ... 15%, а при  $S < 1,5d_э$  уменьшают на

10...15%. При сварке горизонтальных, вертикальных и потолочных швов, величину сварочного тока уменьшают по сравнению с сварочным током при сварке нижних швов на 10...15%.

**6 Длина дуги** в мм, зависит от диаметра электрода и определяется по формуле

$$l_d = 0,5 (d_e + 2)$$

При увеличении длины дуги больше номинальной, время соприкосновения расплавленной капли жидкого металла с атмосферой воздуха увеличивается и тем самым увеличивается возможность насыщения жидкого металла азотом, водородом, что снижает механические свойства сварного соединения. Уменьшения длины дуги в сравнении с номинальной, приводит к неустойчивому горению электрической дуги.

### 7 Напряжение дуги $U_d$

Напряжение дуги при ручной дуговой сварке изменяется в сравнительно узких пределах и при проектировании технологических процессов выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов. Приблизительно напряжение дуги в В, можно рассчитывать по формуле:

$$U_d = U_{ак} + U_d \cdot l_d ,$$

$U_{ак} = 10...12$  В – постоянный коэффициент, выражающий сумму падений напряжения на катоде и аноде дуги, не зависящий от длины дуги;

$U_d = 2,5$  – среднее падение напряжения на единицу длины дуги, В/мм;

$l_d$  – длина дуги, мм.

Ориентировочно напряжение дуги, можно определить по графику, приведенному на рисунке 2.2.

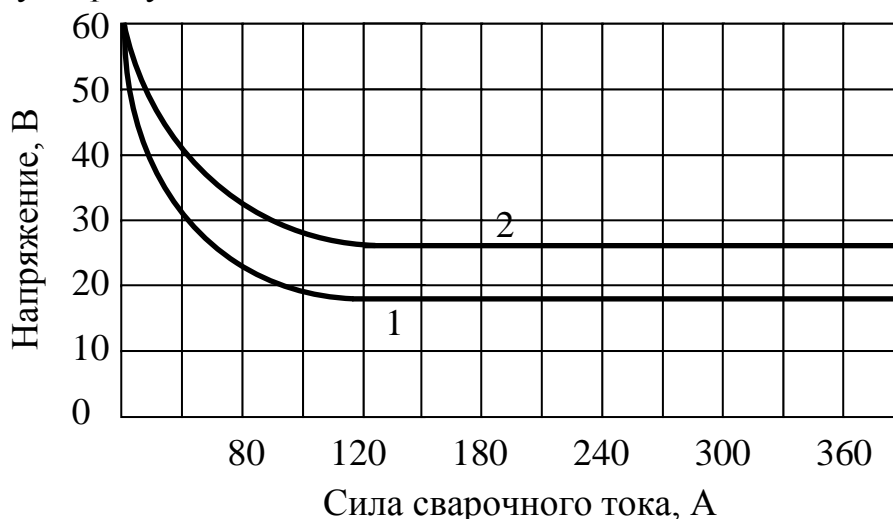


Рисунок 2.2. Статические вольтамперные характеристики сварочной дуги.  
1 – длина дуги 2 мм; 2 – длина дуги 5 мм.

**8 Масса наплавленного металла** в граммах, определяется по формуле

$$Q_n = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \rho ,$$

где  $F_{ш}$  – площадь поперечного сечения шва,  $\text{мм}^2$ ;  $L_{ш}$  – длина шва,  $\text{мм}$ ;

$\rho$  - плотность наплавленного металла,  $\text{г}/\text{мм}^3$  (для стали  $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{мм}^3$ )

Расчет площади поперечного сечения шва объясним на примере сварного соединения С15, эскизы которого приведены на рисунке 2.3.

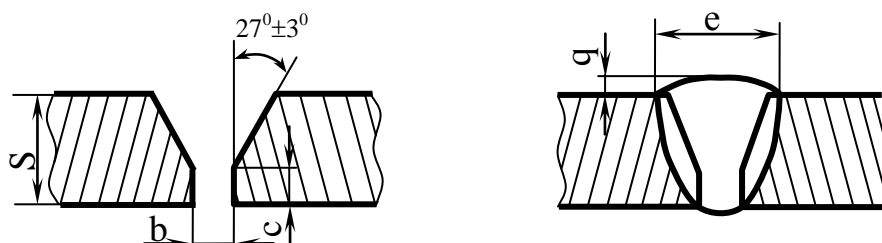


Рисунок 2.3 Сварное соединение до и после сварки

За расчетное сечение принимают ту часть сварного шва, которая заполняется за счет электродного металла (рисунок 2.4).

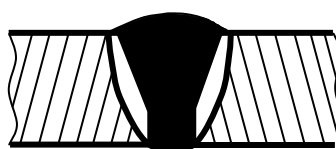


Рисунок 2.4 Расчетное сечение шва

Расчетное сечение разбиваем на элементарные фигуры (рисунок 2.5).

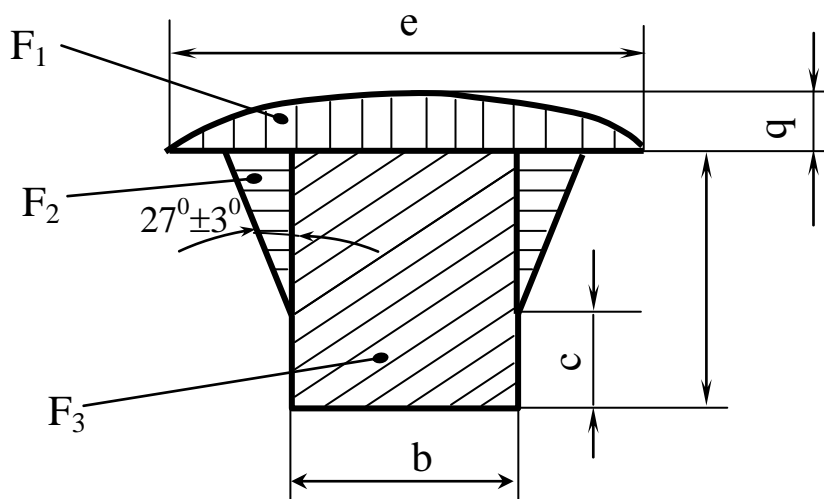


Рисунок 2.5 К расчету площади сечения шва

Площадь сечения  $F$  (в  $\text{мм}^2$ ) находим как сумму площади элементов шва

$$F_{ш} = F_1 + 2F_2 + F_3$$

На рисунке 2.6 показаны фигуры, используемые для вычисления площадей сечения швов.

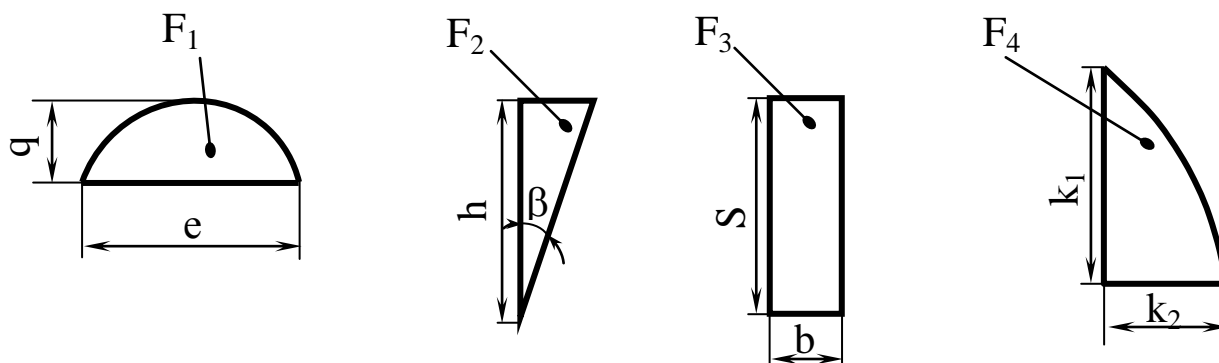


Рисунок 2.6 Элементы сечений сварных швов

Площади этих фигур вычисляются по формулам:

- сегмента  $F_1 = 2/3 e \cdot q$
- треугольника  $F_2 = h^2 \cdot \operatorname{tg}\beta/2$
- прямоугольника  $F_3 = b \cdot S$
- выпуклого треугольника  $F_4 = (k_1 \cdot k_2/2) \cdot k_y$

где  $k_y$  – коэффициент усиления шва (учитывает его выпуклость).  
Рекомендуемые значения  $k_y$  приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Коэффициенты усиления шва

$(k_1 + k_2)/2$	3 – 4	5 – 6	7 – 10	12 – 20
$k_y$	1,5	1,35	1,25	1,15

**9 Скорость сварки** в м/ч определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = J_{\text{св}} \cdot K_{\text{н}} / F_{\text{ш}} \cdot \rho ,$$

где  $K_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки выбранного электрода, г/(А·ч);

$F_{\text{ш}} \cdot \rho = Q$  – масса наплавленного металла на 1 м длины, г/м.

Максимальная скорость сварки обычно составляет 15 м/ч.

**10 Основное (технологическое) время** в часах измеряется временем горения сварочной дуги и вычисляется по формуле:

$$t_0 = Q_{\text{н}} / J_{\text{св}} \cdot K_{\text{н}}$$

**11 Штучное время сварки**

При нормировании сварочных работ различают время чистого горения дуги  $t_0$  (основное время) и время, необходимое на сварку с учетом потерь времени на подготовку изделия к сварке, замену в электрододержателе



сгоревших электродов на новые и время на естественные надобности,  $T_{шт}$  (штучное время). Эти величины связаны формулой

$$T_{шт} = t_0 / K ,$$

где  $K$ -коэффициент использования сварочного поста (в зависимости от типа производства и вида сварочных работ:  $K=0,6...0,8$  – в условиях промышленных предприятий,  $K=0,4...0,6$  для ремонтных и монтажных условий).

**12 Расход электродов** в граммах, определяется по формуле:

$$Q_э = Q_н + Q_о + Q_у + Q_ш ,$$

где,  $Q_о$  – потери на огарки (10...15% от  $Q_н$ ), г;

$Q_у$  – потери на угар и разбрызгивание (5...10% от  $Q_н$ ), г;

$Q_ш$  – потери на шлакообразование (20...35% от  $Q_н + Q_о + Q_у$ ), г.

Расход электродов можно также определить по упрощенной формуле:

$$Q_э = (1,3 \dots 1,4) Q_н$$

**13 Расход электроэнергии** в кВт·ч, определяется по формуле:

$$P = U_d \cdot J_{св} \cdot t_0 / \eta \cdot 1000 + M_x (T - t_0) ,$$

где  $U_d$  – напряжение дуги, В;

$\eta$  - КПД источника питания ( для трансформатора при  $J_{св}=100...450$  А равен 0,8 ... 0,85, для генератора 0,3 ... 0,4);

$M_x$  – мощность холостого хода источника питания (для трансформатора 0,2 ... 0,4 кВт·А, для генератора 2...3 кВт·А);

$T$  – общее (рабочее и холостое) время работы источника питания, ч.

**14 Вид тока** (постоянный или переменный) зависит от источника сварочного тока (трансформатор, преобразователь, выпрямитель или сварочный агрегат). Источник сварочного тока выбирают в зависимости от принятой марки электрода. Если имеется только один источник сварочного тока, то его особенности следует учитывать при выборе марки электрода.

Выбор полярности (при использовании источника постоянного сварочного тока) зависит от толщины свариваемых изделий и принятой марки электрода. Обычно применяют прямую полярность («минус» на электроде, «плюс» на изделии). При сварке изделий малой толщины для уменьшения их нагрева с целью предотвращения «прожога» и при сварке легированных сталей выбирают обратную полярность («плюс» на электроде, «минус» на изделии).

**15 Источник сварочного тока** выбирается в соответствии с принятым видом тока (постоянный или переменный), найденной величиной сварочного тока и условиями сварки (сварка в помещении или на открытом воздухе). При

выборе источника сварочного тока необходимо использовать справочные пособия и приложение 2.1 и 2.2.

Источниками сварочного тока при сварке на переменном токе являются *сварочные трансформаторы*; при сварке на постоянном токе – *сварочные генераторы, преобразователи, сварочные выпрямители; сварочные агрегаты*.

Источник сварочного тока для ручной электродуговой сварки должен иметь крутопадающую внешнюю (вольтамперную) характеристику для того, чтобы:

- 1) сохранять постоянное значение  $J_{св}$  при колебании длины дуги;
- 2) ограничить величину тока короткого замыкания  $J_{кз}$  ( $J_{кз} < 2J_{св}$ ).

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1 Типы электродов для сварки конструкционных сталей и свойства металла шва при их применении

**Электроды для сварки конструкционных и низколегированных сталей:** для сталей обычной прочности предназначены электроды Э34, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60, Э60А; для конструкционных сталей повышенной прочности — электроды Э70, Э85, Э100, Э125, Э145.

Тип электрода	Металл шва или наплавленный металл			Содержание в металле шва, %		Основное назначение
	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	$a_{н}$ , Дж/м <sup>2</sup>	S	P	
				не более		
Э34	340	-	-	0,05	0,05	Для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э42	420	18	8	0,05	0,05	
Э42А	420	22	14	0,04	0,04	
Э46	460	18	8	0,05	0,05	
Э46А	460	22	14	0,04	0,04	
Э50	500	16	6	0,05	0,05	Для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей
Э50А	500	20	13	0,04	0,04	
Э55	550	20	12	0,04	0,04	
Э60	600	16	6	0,04	0,04	Для сварки легированных сталей повышенной прочности
Э60А	600	18	10	0,04	0,04	
Э70	700	12	6	0,04	0,04	
Э85	850	12	5	0,04	0,04	
Э100	1000	10	5	0,04	0,04	
Э125	1250	6	4	0,04	0,04	
Э145	1450	5	4	0,04	0,04	

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2 Электроды для сварки конструкционных сталей**

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварка	Коэфф. наплавки, г/А·ч	
Э42-Р	ЦМ-7	Переменный и постоянный, любая полярность	Все положения	10,6	
Э42-Т Э42-О	ОМА-2		Нижнее	15 10	
Э42-О	ВСЦ-2	Постоянный, любая полярность	Все положения	10	
Э42А-Ф	УОНИ-13/45	Постоянный на электроде +		8,5	
Э46-Т	МР-3 ОЗС-6	Переменный и постоянный, любая полярность		7,8 10,5	
Э46-Т	ОЗС-3	Переменный и постоянный на электроде +		15	
Э46-Т	АНО-4	Переменный и постоянный, любая полярность		8,5	
Э46А-Ф	Э-138/4БН	Постоянный на электроде +		8,5	
Э50-О	ОЗС-33	Постоянный, любая полярность		9,5... 13	
Э50А-Ф	УОНИ-13/55	Постоянный на электроде +		9	
Э55-Ф	УОНИ-13/55У*	Постоянный на электроде +		Нижнее, вертикальное	9,5
Э60А-Ф Э70-Ф	УОНИ-13/65			Все поло-я	9
Э85-Ф**	УОНИ-13/85	Постоянный на электроде +	Все положения	9,5	
Э85-Ф**	УОНИ-13/85У*	То же, и переменный		10	
Э100-Ф**	ЦЛ-19-63	Постоянный на электроде +		9	
Э145-Ф**	НИАТ-3			10	

\* Предназначены для ванной сварки стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов. Могут быть использованы для обычной дуговой сварки.

\*\* - подвергаются термической обработке

**В типе электрода приняты следующие обозначения:**

А — гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва.

Типы покрытий обозначают следующими буквами:

Р — руднокислое покрытие содержит в своем составе окислы железа и марганца, способные активно окислять металл. Металл шва отличается повышенной окисленностью. Электроды дают плотный металл швов и

позволяют выполнять сварку на постоянном (прямой и обратной полярности) и переменном токе.

**Т** — рутиловое покрытие содержит в своем составе значительное количество двуокиси титана в виде рутила. Электроды дают плотный металл швов при увеличении массы покрытия и при наличии ржавчины на кромках изделия. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание незначительно. Устойчивость горения дуги высокая, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее.

**Ф** — фтористокальциевое покрытие, имеющее в качестве основы фтористый кальций (плавиковый шпат) и карбонаты кальция (мрамор, мел). Сварку электродами с фтористокальциевым покрытием осуществляют на постоянном токе при обратной полярности. Вследствие малой склонности металла шва к образованию кристаллизационных и холодных трещин электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений.

**О** — органическое покрытие.

По международной классификации электроды подразделяют по следующим признакам: механическим свойствам металла шва, типу покрытия, положению шва в пространстве, роду тока и полярности. Тип покрытия по международной классификации условно обозначают следующими буквами: А — руднокислое (кислое), В — основное (фтористо-кальциевое), С — органическое (целлюлозное), О — окислительное, Р — рутиловое, V-специальное.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 2.3 «Единая система обозначения электросварочного оборудования»

**Первая буква** - сокращенное название изделия (А — агрегат; В — выпрямитель; Г — генератор; П — преобразователь; Т — трансформатор).

**Вторая буква** — вид сварки (Д — дуговая; П — плазменная).

**Третья буква** — способ сварки (О — открытой дугой; Г — в защитных газах; Ф — под флюсом; У — универсальный).

**Четвертая буква** — характеристика источника (М — многопостовой; И — импульсивный).

**Пятая буква** показывает тип двигателя для агрегатов с приводным двигателем внутреннего сгорания (Б — бензиновый; Д — дизель).

**Первые две цифры**, следующие за буквенными индексами, показывают значение номинального сварочного тока в сотнях ампер.

**Третья и четвертая цифры** — номер модификации источника питания. Следующие после цифр буквенно-цифровые индексы показывают:

**Первая буква** — климатическое исполнение (ХЛ — для эксплуатации в районах с тропическим климатом);

**Вторая цифра** — категорию размещения источников питания (1 — открытый воздух; 2 — не отапливаемые помещения; 3 — помещения с естественной вентиляцией; 4 — помещение с принудительной вентиляцией и отоплением; 5 — помещение с повышенной влажностью).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.4 Условное обозначение электродов для ручной электродуговой сварки (по ГОСТ 9466-75 и 9467-75)



Переменный ток, Напряжение холостого хода, В	Рекомендуемая полярность постоянного тока,		
	любая	прямая	обратная
Переменный ток неприменим	-	-	0
50±5	1	2	3
70±10	4	5	6
90±10	7	8	9

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.5 Источники тока для электродуговой сварки

Преобразователи и генераторы							
Марки	Сила тока, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВ-А	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальная ПН-60%	предел регулирования	номинальное рабочее	холостого хода			
ГД-304УЗ	315	15.. .350	32,6	75.. .80	—	676×622×698	260
ПСО-300-5У2	315	100.. .315	32	90	9,6	740×475×860	275
Выпрямители							
ВД-502-2УЗ	500	50.. .500	40	80	42	810×550×1077	348
Трансформаторы							
ТД-500-4У2	500	100.. .560	40	60/76*	32	570×520×835	210
ТДМ-317У2	315	60.. .360	32,6	80/62*	—	585×555×818	130
ТД-504	500	165.. .650	40	60	—	—	195
Инверторы							
ВД302 И У2	230	30...230	28	85	4,0	420x290x150	8
САИ 140	140	10...140	25	75	3,5	400x250x150	4,3

\* В диапазонах малых и больших токов соответственно

## Лабораторная работа № 3

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ  
ДУГОВОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить особенности механизированной и автоматической электродуговой сварки, оборудование, сварочные материалы, режимы.

**2 ЗАДАНИЕ**

2.1 Ознакомиться с правилами техники безопасности при выполнении работы.

2.2 Изучить устройство установок для автоматической и полуавтоматической сварки; настройку; порядок сварки; указать технические характеристики.

2.3 Подготовить сварочный трактор для сварки заданных образцов.

2.4 Оценить прочность сварного соединения по величине проплавления и наличию дефектов на изломе сварного шва по заранее подготовленному образцу.

**3 ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТ**

3.1 Образцы для сваривания в среде защитного газа и под слоем флюса.

3.2 Штангенциркуль, секундомер, лупа.

**4 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ****4.1 Свойства сварочной дуги**

Дуговой электрический разряд возможен только при определенных соотношениях между величинами **тока, напряжения и длины дуги**. Эти соотношения зависят от рода и величины тока, материала электродов, состава и давления окружающей дугу среды. Графическое изображение зависимости напряжения дуги от сварочного тока и длины дуги называется **статической вольт-амперной характеристикой дуги** (рисунок 3.1).

Для зажигания дуги в атмосфере воздуха при сварке стальными электродами необходимо напряжение  $U_{\text{зак}}=45..55$  В. После зажигания дуги и ионизации воздушного промежутка напряжение падает и устанавливается на уровне  $U_{\text{д}}=18..25$  В.

Напряжение дуги прямо пропорционально ее длине

$$U_{\text{д}}=\alpha+\beta\times l_{\text{д}},$$

где  $l_{\text{д}}$  – длина дуги, мм;  $\alpha$  и  $\beta$ - опытные коэффициенты, зависящие от материала электродов и других факторов, В/мм.

Устойчивое горение дуги достигается при ее длине не более 0,6...0,8 диаметра электрода, т.е. при так называемой «короткой» дуге ( $l_{\text{д}}= 2...3$  мм).

**4.2 Внешние вольт-амперные характеристики источников сварочного тока**

Устойчивое горение дуги зависит от характеристик источников сварочного тока, главными из которых являются **внешние вольт-амперные характеристики**, графическое изображение которых показано на рисунок 3.2. Для устойчивого горения дуги необходимо, чтобы между ее вольт – амперной характеристикой (ВАХ) и внешней ВАХ источника тока было определенное соответствие.

При ручной дуговой сварке такое соответствие показано на рисунок 3.3. Как видно, разница в величине сварочного тока при короткой и длинной дуге составляет не более 5% от установленной величины сварочного тока.

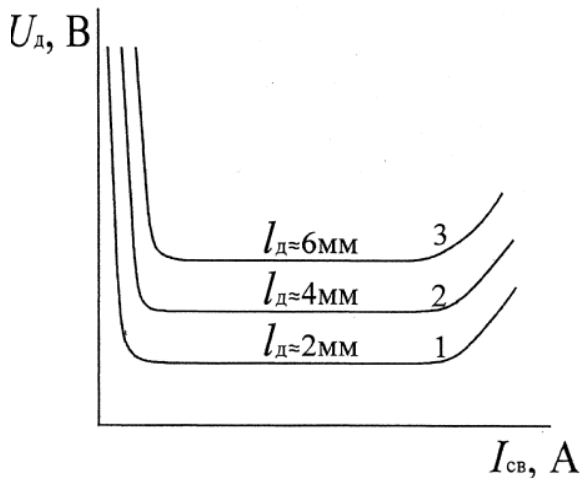


Рисунок 3.1 Статические вольт-амперные характеристики сварочной дуги: 1-короткая дуга, 2-средняя дуга, 3-длинная дуга.

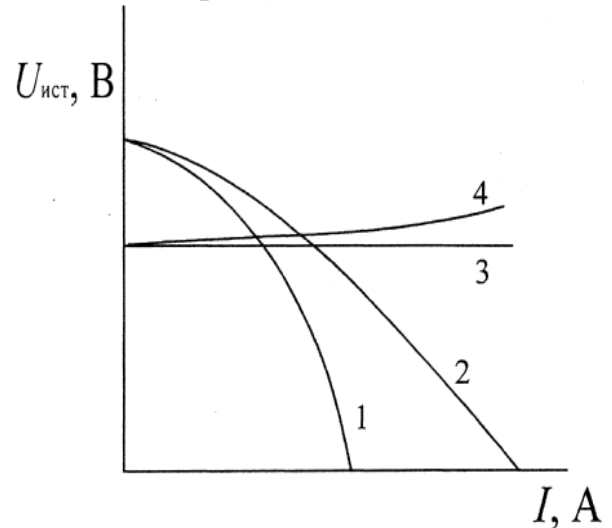
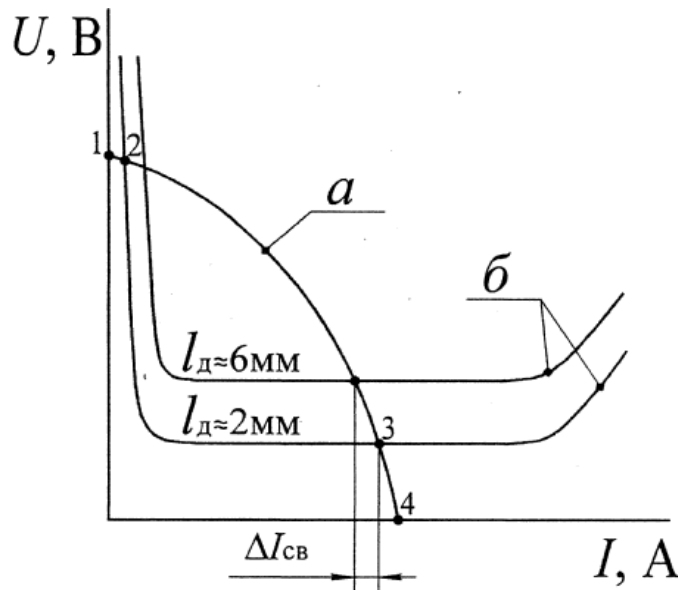


Рисунок 3.2 Внешние вольт-амперные характеристики источников сварочного тока:

1-крутопадающая (для ручной дуговой сварки), 2-пологопадающая (для автоматической сварки под слоем флюса), 3-жесткая (для автоматической сварки под слоем флюса и в среде защитных газов), 4-возрастающая (для сварки в среде защитных газов)

Рисунок 3.3 Вольт-амперные характеристики: а- источники тока (крутопадающая), б- короткой (установленной) и длинной сварочной дуги:

- т. 1- напряжение холостого хода  $U_{x.x}$ ;
- т. 2 – напряжение зажигания  $U_{зак}$ ;
- т. 3 – напряжение дуги  $U_d$  и сила сварочного тока  $I_{св}$ ;
- т. 4 – ток короткого замыкания  $I_{к.з}$



### 4.3 Особенности технологии ручной дуговой сварки

Для получения непрерывного сварного шва сварщик производит два согласованных движения: **опускает электрод** по мере его плавления в зону горения дуги (подача электрода со скоростью  $V_{эл}$ ) и **перемещает электрод** вдоль кромок свариваемых изделий для получения непрерывного сварного шва, что характеризует скорость сварки –  $V_{св}$  (рисунок 3.4). Помимо этого он должен **поддерживать определенную длину сварочной дуги**, как правило 2...4 мм.

Из изложенного ясно, что качество сварного шва и его геометрические параметры целиком зависят от квалификации сварщика и его физического состояния.

Существенно повысить качество сварных швов, а значит прочность и надежность сварных соединений при одновременном повышении производительности сварочных работ можно применением механизации и автоматизации процессов сварки.

**4.4 Механизация процессов дуговой сварки** Механизированная сварка производится с помощью специальных устройств - сварочных головок, оснащенных:

- 1) механизмом подачи электрода (электродной проволоки) в зону сварки;
- 2) механизмом перемещения сварочной головки вдоль сварного шва.

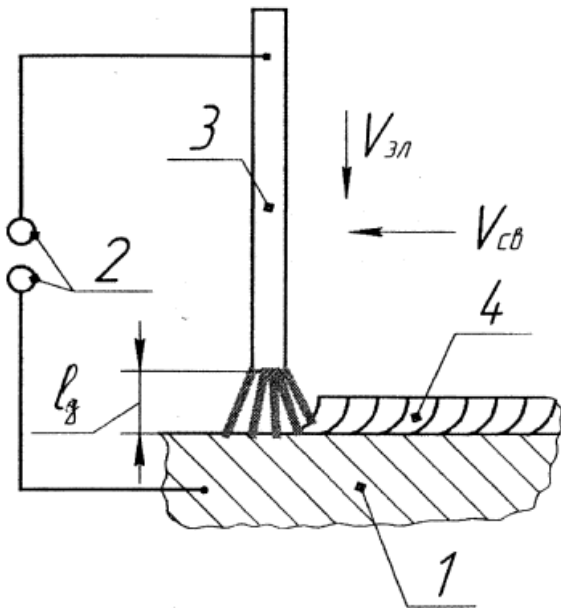


Рисунок 3.4 Схема ручной электродуговой сварки: 1- свариваемое изделие; 2-источник сварочного тока; 3- плавящийся электрод; 4- сварной шов;  $V_{эл}$ - скорость подачи электрода, м/ч;  $V_{св}$ - скорость сварки, м/ч;  $l_д$ - длина сварочной дуги, мм.

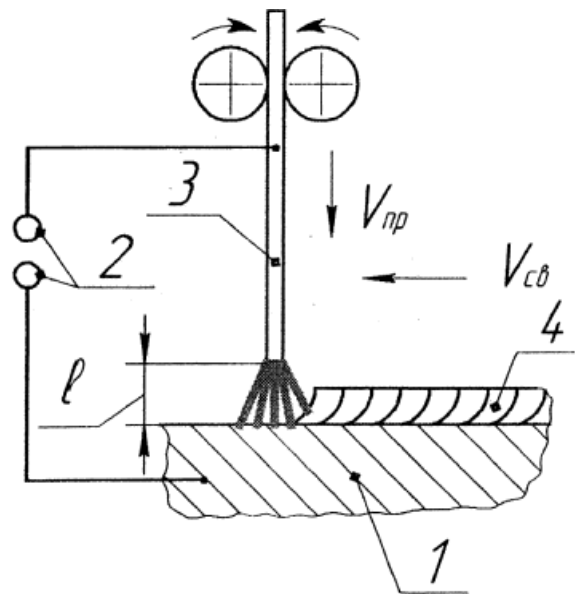


Рисунок 3.5 Схема механизированной электродуговой сварки: 1- свариваемое изделие; 2-источник сварочного тока; 3- электродная проволока; 4- сварной шов;  $V_{пр}$ - скорость подачи электродной проволоки, м/ч;  $V_{св}$ - скорость сварки, м/ч;  $l$ - длина сварочной дуги, мм.

Подача электродной проволоки производится с заранее установленной скоростью ( $V_{пр}$ , м/ч или м/мин), которая должна быть равна скорости плавления проволоки.

Перемещение сварочной головки вдоль шва производится с заранее установленной скоростью ( $V_{св}$ , м/ч или м/мин), зависящей от требуемой формы сварочного шва (рисунок 3.5).

Наибольшая эффективность применения механизированной сварки достигается в случае ее автоматизации.

## 5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДУГОВОЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Основной задачей автоматического регулирования процессов дуговой механизированной сварки является поддержание установленного тока и напряжения дуги. Так как напряжение дуги зависит от ее длины, то, следовательно, необходимо поддерживать постоянной заданную длину сварочной дуги.

Существуют два способа автоматического регулирования длины сварочной дуги (обеспечивающие постоянную длину дуги).

### 5.1 Способ саморегулирования длины сварочной дуги

Реализация этого способа достигается при использовании: 1) источника сварочного тока с **пологопадающей** внешней вольт-амперной характеристикой; 2) сварочной головки с **независимой от напряжения дуги скоростью подачи электродной проволоки** (в процессе сварки  $V_{пр}$ - постоянная).

Как видно на рисунке 3.6, при изменении длины дуги (например, при увеличении длины дуги), вызванной внешними причинами (неравномерная разделка кромок свариваемых изделий; проскальзывание роликов механизма подачи проволоки и др.) изменяется ток сварки (уменьшается). Вследствие этого изменяется скорость плавления конца электродной проволоки (она уменьшается), что приводит к восстановлению первоначально установленной длины дуги. Аналогичные изменения происходят при уменьшении длины дуги, т.е. происходит **саморегулирование длины дуги** за счет изменения интенсивности плавления конца электродной проволоки. Разница в величине сварочного тока при короткой и длинной дуге довольно значительна и составляет не менее 20% от установленной величины сварочного тока.

Сварочные головки такого типа (например, сварочный автомат ТС-17М и др.) снабжаются только **одним электродвигателем**, одновременно обеспечивающим подачу электродной проволоки и перемещение сварочной головки вдоль шва.

### 5.2 Способ принудительного регулирования длины сварочной дуги

Этот способ реализуется при использовании: 1) источника сварочного тока с **жесткой** внешней вольт-амперной характеристикой; 2) сварочной головки с зависимой от напряжения дуги скоростью подачи электродной проволоки (в процессе сварки  $V_{пр}$ - переменная).

Изменение длины сварочной дуги вызванное внешними причинами приводит к изменению ее напряжения и регулятор напряжения сварочного автомата соответственно изменяет частоту вращения вала электродвигателя подачи электродной проволоки. Так, при увеличении длины дуги скорость

подачи проволоки возрастает, а при уменьшении длины дуги - снижается, что и приводит к восстановлению первоначальной длины дуги (рисунок 3.7).

Сварочные головки такого типа (например, сварочный автомат АДС-1000-2 и др.) снабжаются **двумя электродвигателями** (один обеспечивает подачу сварочной проволоки с переменной скоростью, второй – перемещение сварочной головки вдоль шва с постоянной скоростью).

При автоматической сварке сварочные автоматы поддерживают постоянную длину сварочной дуги с допускаемым отклонением  $\pm 0,2 \dots 0,3$  мм. Напряжение дуги колеблется в пределах 18..55 В.

## 6 АВТОМАТИЧЕСКАЯ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА

Автоматическую сварку под слоем флюса или в среде защитных газов с использованием сварочных автоматов различных типов целесообразно применять для получения длинных сварных швов, преимущественно в нижнем положении при изготовлении ответственных высоконагруженных изделий (сварные трубы для нефте- и газопроводов; баки для хранения жидкого горючего и газообразных веществ; судовые конструкции и т.д. и т.п.).

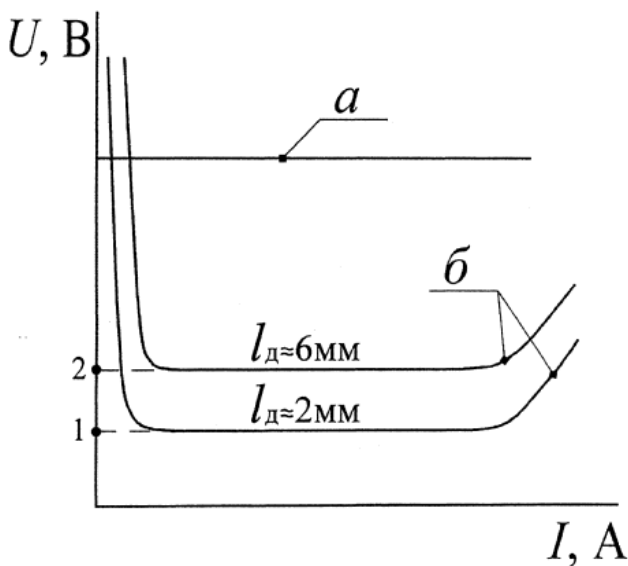


Рисунок 3.6 Вольт-амперные характеристики: а- источника тока (пологопадающая), б- короткой (установленной) и длинной сварочной дуги

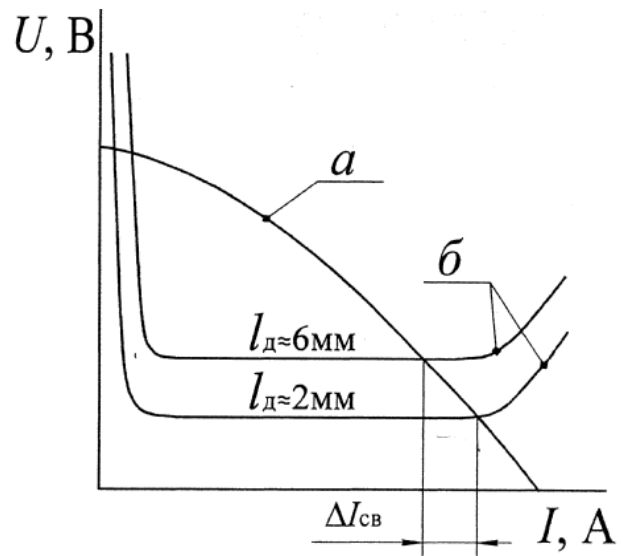


Рисунок 3.7 Вольт-амперные характеристики: а- источника тока (жесткая), б- короткой (установленной) и длинной сварочной дуги: точки 1 и 2 – напряжение короткой и длинной дуги

При сварочно-монтажных работах в строительстве и ремонтных работах для получения коротких швов различного пространственного положения (горизонтальные, вертикальные, потолочные и др.) сварочные автоматы применять невозможно. Для проведения таких работ целесообразно применять полуавтоматическую сварку.

**Полуавтоматическая сварка** в среде защитных газов (чаще – углекислого газа) или под слоем флюса характеризуются тем, что подача сварочной проволоки механизирована, а перемещение вдоль шва сварочной горелки сварщик производит вручную. Устройство, состоящее из сварочной горелки, механизма подачи электродной проволоки и шкафа управления называется сварочным полуавтоматом. Сварочный пост должен оснащаться источником сварочного тока и другим необходимым оборудованием.

Механизм подачи электродной проволоки автоматов и полуавтоматов конструируется с расчетом обеспечения подачи электродной проволоки со скоростью равной скорости ее плавления. Благодаря этому создается эффект автоматического регулирования скорости подачи электродной проволоки, что обеспечивает стабильность процесса сварки.

## 7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.1 Ознакомиться с материалом методического пособия.

7.2 Ознакомиться с техникой безопасности при электродуговой сварке.

7.3 В лаборатории сварки ознакомиться с конструкцией установок для автоматической и полуавтоматической сварки; расшифровать их марки; указать технические характеристики.

7.4 Подобрать режимы автоматической сварки под слоем флюса для заданных образцов (приложение 3.1).

7.5 Очистить металлической щеткой пластины из стали, собрать в стык и закрепить в приспособлении.

7.6 Произвести автоматическую сварку под флюсом сварочным автоматом ТС-17М.

7.7 Замерить ширину шва, сломать по шву сваренные пластины, замерить высоту усиления шва и глубину провара.

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

7.9 Заполнить таблицу 3.1

7.10 Привести примеры автоматической и полуавтоматической сварки при изготовлении изделий и ремонте техники.

Таблица 3.1 Режимы автоматической сварки под слоем флюса

Наименование изделия	Марка материала	Толщина изделия, мм	Марка и диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/с

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1 Режимы автоматической сварки под флюсом стыковых швов без подготовки кромок (с одной стороны за один проход на флюсовой подушке)

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Зазор между кромками, мм	Переменный ток			Постоянный ток, обратная полярность		
			Величина сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Величина сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
2	1,6	0-1	-	-	-	180	24-28	45
2	2,0	0-1	240-260	28-30	28-30	250-280	28-30	45
4		0-2	375-400	28-30	35-40	330-350	29-30	40
6		0-3	465-485	32-34	30-32	430-450	32-34	35-40
2	3,0	0-1	360-380	20-30	60-65	380-400	30-32	35
4		0-2	500-520	28-32	40-45	450-470	31-33	40
6		0-3	550-580	30-33	35-40	510-520	31-33	35
8		0-3,5	600-630	32-36	35-40	620-640	34-36	35
4	4,0	0-2	525-550	28-30	48-50	-	-	-
6		0-3	600-650	28-30	40-42	-	-	-
8		0-3,5	720-780	32-36	32-34	-	-	-
6	5,0	0-3	800-850	32-36	50-55	-	-	-
8		0-3,5	900-950	36-38	45-50	-	-	-
10		3-4	700-750	34-36	30-35	-	-	-
12		4-5	750-800	36-40	25-30	-	-	-
14		4-5	850-900	36-40	20-25	-	-	-
16		5-6	900-950	38-42	15-20	-	-	-
18		5-6	950-1000	40-44	15-20	-	-	-
20		5-6	950-1000	40-44	12-15	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2 Технические данные сварочных автоматов ТС-17М-У и ТС-17М-1

Сварочный ток	200...1000 А
Диаметр сварочной проволоки	1,6...5 мм
Скорость подачи электродной проволоки	52...403 м/ч
Скорость сварки	16...126 м/ч
Предельный угол наклона сварочной головки в плоскости, перпендикулярной шву	до 45 <sup>0</sup>
Емкость основного бункера для флюса	6,5 дм <sup>3</sup>
Вес сварочной проволоки в барабане	до 8 кг

## Лабораторная работа № 4

**ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- 1.1 Изучить сущность и технологические особенности электроконтактной точечной сварки.
- 1.2 Изучить оборудование и получить практические навыки работы на нем.
- 1.3 Освоить технологию электроконтактной точечной сварки изделий.

**2 ЗАДАНИЕ**

- 2.1 Изучить устройство точечной сварочной машины МТ-1222, принципы ее работы, настройку и порядок электроконтактной сварки изделий.
- 2.2 Подготовить точечную сварочную машину для сварки заданных изделий.
- 2.3 Оценить прочность сварного соединения по характеру разрушения сварной точки на отрыв.

**3 СУЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ**

Электроконтактной точечной сваркой называют способ получения неразъёмных сварных соединений нагревом их в месте контакта до пластического состояния с одновременным сжатием (осадкой), обеспечивающим взаимодействие атомов металла (рисунок 4.1).

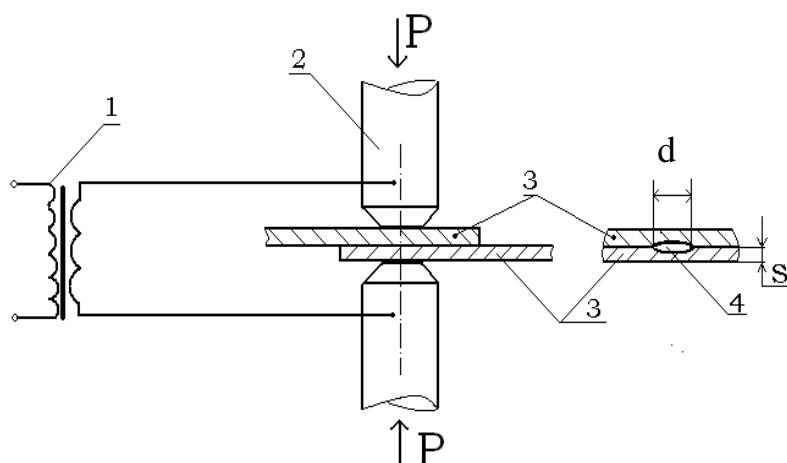


Рисунок 4.1 Схема процесса электроконтактной точечной сварки: 1-сварочный трансформатор; 2-электроды; 3-свариваемые заготовки; 4 –сварная точка;  $P$  – давление приложенное к электродам, [кН];  $d$  – диаметр сварной точки, [мм];  $S$  – толщина свариваемых изделий, [мм].

Заготовки, собранные в нахлестку, устанавливают между электродами машины и сдавливают между собой. Создается надежный контакт как между свариваемыми заготовками в зоне сжатия, так и между заготовками и электродами для лучшего токопровода.

Включают ток, который от сварочного трансформатора через токоподводящие шины и медные электроды подводится к заготовкам.

При прохождении тока за счет электросопротивления заготовки нагреваются, особенно интенсивно нагреваются участки металла, прилегающие

к контакту между заготовками, так как эти участки имеют более высокое электросопротивление и менее подвержены охлаждающему действию электродов. Тепло  $Q$ , выделяющееся в контакте, определяется по формуле Джоуля-Ленца

$$Q = J_{\text{св}}^2 R_{\text{об}} t ,$$

$$R_{\text{об}} = R_{\text{к}} + 2R_{\text{м}} + 2R_{\text{п}} ,$$

где  $Q$  – количество тепла, Дж;  $J_{\text{св}}$  – сварной ток, А;  $R_{\text{об}}$  – общее сопротивление в зоне сварки, Ом;  $R_{\text{м}}$  – сопротивление свариваемого металла, Ом;  $R_{\text{к}}$  – сопротивление контакта, Ом;  $R_{\text{п}}$  – сопротивление переходное между деталью и электродом, Ом;  $t$  – время нагрева, с.

В момент образования в зоне сварки расплавленного ядра заданных размеров (ГОСТ15878–79) ток выключают. Заготовки кратковременно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия. Это необходимо для кристаллизации жидкого металла и охлаждения его в зоне сварки.

#### 4 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Электроконтактная точечная сварка служит для соединения заготовок из сталей различных марок: углеродистых и легированных, из цветных металлов, титана и их сплавов, а также из разнородных материалов. Она широко применяется для сварки на заводах автомобильной и авиационной промышленности, вагоностроения, в радиоэлектронике и приборостроения для сварки листовых заготовок со стержнями или с профильными заготовками: уголками, швеллерами и др. На ремонтных предприятиях электроконтактную точечную сварку можно использовать при ремонте громоздких пространственных конструкций (кабин, оперения и т.д.). При этом более технологично использовать подвесные сварочные клещи (например, КТР-12-3) или односторонние пистолеты (ПТ-12-3).

Технологический процесс точечной сварки содержит следующие операций. Перед сваркой производят правку, очистку поверхности и сборку деталей. Правку применяют, чтобы устранить местные неровности и не допустить зазоры. Свариваемые поверхности деталей очищают от ржавчины, окалины, масла и других загрязнений до чистого металла.

Зачистку осуществляют механическим способом (абразивными кругами, вращающейся щеткой и др.) или химическими (в сернокислых ваннах с последующей нейтрализацией в щелочной ванне, промывкой проточной водой и просушкой горячим воздухом), масло и грязь удаляют, протирая поверхность бензином или ацетоном. Детали из алюминиевых сплавов обрабатывают в ваннах с раствором ортофосфорной кислоты и хромпика с последующей промывкой в холодной воде, затем протирают салфетками или волосяными щетками, дополнительно промывают в теплой воде и просушивают горячим воздухом.

## 5 НАЗНАЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЧЕЧНОЙ СВАРОЧНОЙ МАШИНЫ МТ-1222

Точечная сварочная машина МТ-1222 предназначена для сварки деталей из листового металла с максимальной толщиной до  $S=3$  мм.

Техническая характеристика точечной сварочной машины МТ-1222

Номинальный вторичный ток, кА.....	12
Наибольшая мощность, кВ А.....	160
Усилие, кН	
номинальное.....	630
минимальное сварочное.....	120
Вылет хоботов, мм.....	500
Раствор хоботов, мм.....	80...220
Наибольший ход верхнего электрода, мм.....	80
Средняя производительность при рабочем ходе 10 мм, сварок в мин....	120..150

## 6 МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Одним из основных условий получения качественного сварного соединения является правильный выбор параметров технологического режима сварки. К параметрам технологического режима при электроконтактной точечной сварке относят: величину и плотность тока, время включения тока, усилие сжатия, форму и диаметр контактной поверхности электродов, усилие и время предварительного обжатия и ковочное усилие. Эти параметры графически изображаются циклограммой сварки. В зависимости от марки свариваемого материала и его толщины выбирают наиболее рациональную циклограмму сварки (рисунок 4.2).

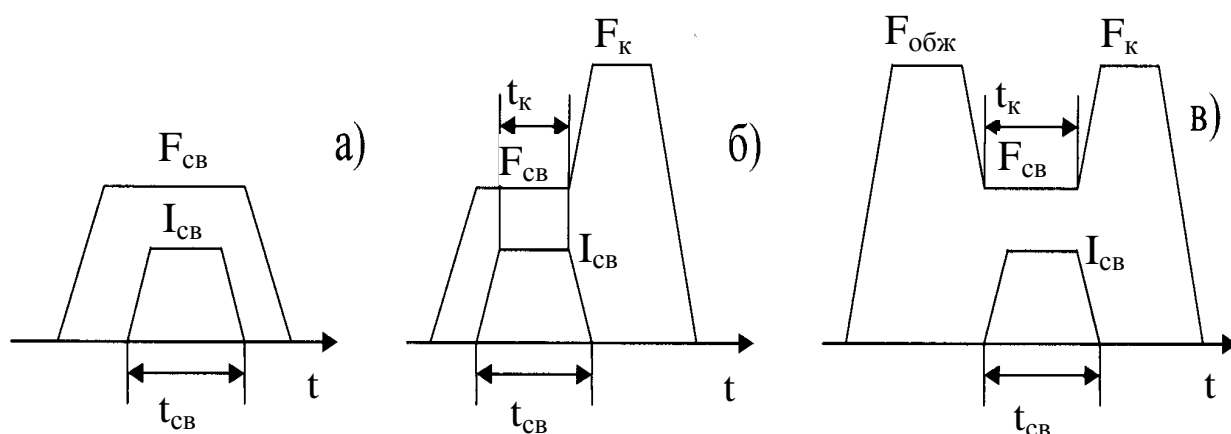


Рисунок 4.2 Наиболее распространенные циклограммы усилия и тока при точечной сварке: а) с постоянным сварочным усилием  $F_{CB}$ ; б) то же и приложением ковочного усилия  $F_K$ ; в) с предварительным обжатием  $F_{обж}$  и проковкой;



*Величина и плотность тока,  $J_{св}$* 

С увеличением толщины свариваемых листов величина тока должна повышаться. Для сварки из малоуглеродистых сталей величина  $J$  определяется из следующей формулы

$$J_{св}=6500 S ,$$

где  $S$  – толщина свариваемого листа, мм.

При сварке деталей повышенной электро- и теплопроводности плотность тока увеличивают.

*Время включения тока, ( $t_{св}$ ).*

С увеличением толщины свариваемых заготовок время включения тока увеличивают для лучшего прогрева заготовок по толщине.

Снижение величины может привести к непроварам. Время включения тока можно определить по эмпирическим формулам:

- для малоуглеродистой стали  $t_{св}=(0,2..0,4) S$
- для нержавеющей стали  $t_{св}=(0,1..0,15) S$
- для незакаливающихся алюминиевых сплавов  $t_{св}=(0,15..0,2) S$
- для закаливающихся алюминиевых сплавов  $t_{св}=(0,08..0,12) S$

Усилие сжатия возрастает с увеличением толщины и твердости свариваемого материала. Для сварки неправильных (неровных) заготовок или при расположении точек вблизи элементов жесткости усилие сжатия следует увеличить.

*Форма и диаметр контактной поверхности электродов,  $d_э$ .* Рабочим торцам электродам в зависимости от свариваемого материала, конфигураций свариваемых заготовок и конструкций сварочной машины придают плоскую или сферическую форму. Для сварки заготовок из сталей концам электродов придают плоскую форму с диаметром контактной поверхности  $d_э=5,5 \cdot S$  (мм), ( $S$  – толщина свариваемых заготовок). Для сварки заготовок из легких сплавов концам электродам придают сферическую форму с радиусом  $R=50 \cdot S$  (мм).

*Время предварительного сжатия ( $t_{псж}$ )* должно быть достаточным для того, чтобы механизм сжатия успел свести электроды и развить полное сварочное давление до включения тока.

*Время проковки, ( $t_к$ )* определяется длительностью нахождения уже сваренной точки под сжимающим воздействием электродов. Оно должно быть достаточным для полного затвердевания и упрочнения ядра, чтобы под действием сил, возникающих при литейной усадке остывающего металла, и сил упругости заготовок, стремящихся восстановить первоначальную форму, не произошел разрыв ещё не остывшего ядра.

Таблица 4.1 Ориентировочные режимы электроконтактной точечной сварки

Толщина свариваемого металла, мм	Циклограммы	$J_{св}$ , кА	$t_{св}$ , с	$F_{св}$ , кН	$F_k$ , кН	$t_k$ , с	$d_{Э}$ , м
до 0,5	а	6..7	0,08..0,10	1,2..16,8	-	-	4
		4,0..5,0	0,08..0,12	2,5..3,0			4
0,8	а	7..8,5	0,1..0,14	2,0..2,8	-	-	5
		4,5..5,0	0,12..0,16	3,0..4,0			5
1,0	а	8,5..9,5	0,12..0,16	2,5..3	-	-	5
		5,0..5,7	0,14..0,18	3,5..5,0			5
1,5	а	11,0..12	0,16..0,24	4,0..5,0	-	-	6
		7,0..8,0	0,2..0,24	5,0..7,0			6
2,0	а, б	12,0..13,	0,3..0,32	6,0..7,0	-	-	8
		8,0..9,0	0,24..0,3	8,0..9,5			
3,0	б	14,0..15	0,3..0,48	9,0..10,0	18,0..20	0,36..0,54	10
		16,0..21	0,3..0,34	10,0..11	20,0..22	0,38..0,42	9
4,0	б, в	18,0..19	0,7..0,9	13,0..15	20,0..24	0,8..1,0	10
		11,0..12	0,4..0,5	15,0..17	24,0..26	0,5..0,6	9

Примечание: в числителе данные для малоуглеродистых, в знаменателе для высоколегированных сталей.

## 7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.1 Для заданных образцов с учетом их толщины и марки стали рассчитать по приведенным в пособии формулам и по таблице 4.1 технологические режимы сварки и заполнить таблицу 4.2.

7.2. Установить полученные технологические режимы сварки на точечной машине.

7.3. Изменив по требованию преподавателя один из параметров режима сварки, провести повторную сварку следующей пары образцов.

7.4. Произвести контроль качества полученного сварного соединения технологической пробой (рисунок 22.3) позволяющий установить примерные размеры литой зоны и характер разрушения соединения.

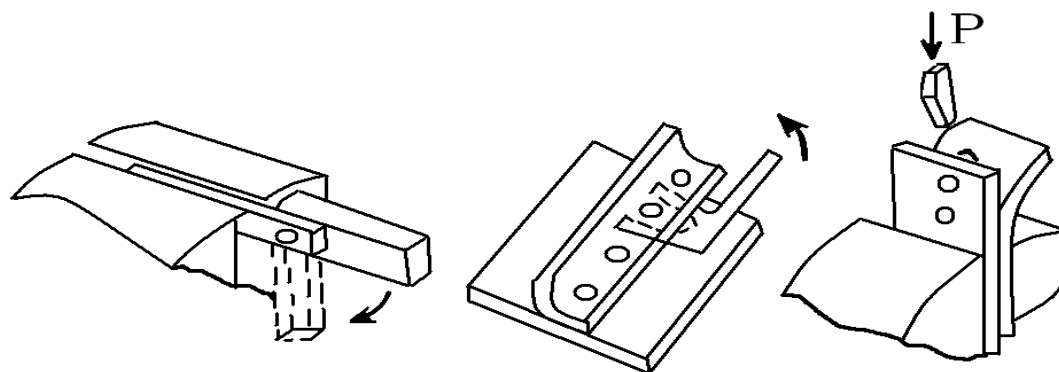


Рисунок 4.3 Приемы технологической пробы

## 8 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ О РАБОТЕ

8.1 Привести схему и описание процесса получения сварного соединения электроконтактной точечной сваркой.

8.2 Указать, какие металлы и какой толщины свариваются точечной сваркой. Выполнить расчеты режимов сварки.




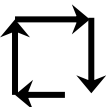

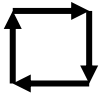








8.3 Привести таблицу технологических режимов сварки (таблица 4.2).

8.4 Привести выводы по результатам работы.

Таблица 4.2 Выбранные технологические режимы электроконтактной точечной сварки

Толщина каждой детали	Форма и диаметр контактной поверхности электродов, мм	Усилие сварки, мм	Продолжительность включения сварочного тока, с	Сварочный ток, А	Номер ступени трансформатора	Качество сварного соединения

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.1 Условные обозначения органов управления и индикации регулятора цикла сварки РЦС-503

Значение символа	Символ	Значение символа	Символ
Сеть		Пауза	
Включено		Одиночная сварка (автоматический цикл)	
Выключено		Серия сварки (автоматический цикл)	
Предварительное сжатие		Плюс	
Сжатие		Нарастание (модуляция тока по переднему фронту)	
Сварка		Нагрев (фазовое регулирование)	
Проковка		Клапан (цепь управления)	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.2 Значения выдержек времени позиций сварочного цикла  
РЦС-503

Позиция сварочного тока	Диапазо	Деление шкалы											Точность отсчета, В %	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
		Длительность, сек												
Предварительное сжатие	-		0,015	0,22	0,44	0,6	0,86	1,06	1,26	1,46	1,66	1,86	2,00	± 30
Сжатие, проковка, Пауза	1	-	0,015	0,08	0,12	0,16	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	
	2	-	0,08	0,40	0,66	0,88	1,08	1,28	1,48	1,70	1,90	2,10	2,18	
Сварка (верхний переключатель)	1	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	-	0
	2	0,08	0,14	0,20	0,26	0,34	0,40	0,48	0,56	0,62	0,68	0,76	-	5
Сварка (нижний переключатель)	1	-	0,015	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,42	1,64	1,84	2,05	10
	2	-	0,08	0,76	1,44	2,10	2,86	3,46	4,26	5,00	5,64	6,36	7,00	

## Практическое занятие № 5

**ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОВОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить оборудование и аппаратуру для газовой сварки, научиться выбирать соответствующий наконечник горелки, обеспечивающий оптимальный расход ацетилена.

**2 ЗАДАНИЕ**

2.1 Ознакомиться с техникой безопасности при газовой сварки

2.2 Ознакомиться с оборудованием и технологией газокислородной сварки.

2.2 Определить мощность пламени, номер наконечника и диаметр присадочной проволоки для свариваемых пластин заданной толщины.

2.3 Очистить металлической щеткой пластины из стали, собрать под прихватку, попарно прихватить и сварить пластины в один проход.

2.4 Замерить ширину шва, сломать по шву сваренные пластины, замерить высоту усиления шва и глубину провара.

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

2.6 Разработать технологию газокислородной сварки конкретного изделия и заполнить таблицу 5.1 (по заданию преподавателя).

**3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Газокислородной сваркой называется процесс сварки плавлением, при которой место соединения свариваемых изделий нагревают до расплавления кромок высокотемпературным газовым пламенем, которое получают при сгорании горючего газа в атмосфере кислорода.

Горючие газы, применяемые при сварке: ацетилен –  $C_2H_2$ , пропан –  $C_3H_8$ , бутан –  $C_4H_{10}$ , метан –  $CH_4$  (природный газ содержит до 95% метана), водород, пары бензина и керосина и др.

Ацетилен  $C_2H_2$  получают при взаимодействии карбида кальция с водой в ацетиленовых генераторах:  $CaC + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$ .

При разложении 1 кг карбида кальция получают 0,25 – 0,3 м<sup>3</sup> ацетилена.

Ацетилен – бесцветный газ с характерным запахом: он легче воздуха; при горении в технически чистом кислороде образует пламя, имеющее температуру 3150<sup>0</sup>С. При содержании в воздухе от 2,8 до 65% ацетилена образуется взрывоопасная смесь. Ацетилен воспламеняется при температуре 420<sup>0</sup>С. Становится взрывоопасным при сжатии свыше 0,18 МПа, а также при длительном соприкосновении с медью, серебром и их сплавами.

В зависимости от соотношения кислорода и ацетилена (отношение  $V=O_2/C_2H_2$  называется коэффициентом смеси) различают:

1. Нормальное пламя при  $O_2:C_2H_2 = 1,0 - 1,2$  применяется при сварке большинства сплавов, в том числе конструкционных сталей.
2. Окислительное пламя при  $O_2:C_2H_2 > 1,0$  применяют при сварке медных сплавов и при пайке.
3. Науглероживающее пламя при  $O_2:C_2H_2 < 1,0$  применяют при сварке чугуна и наплавке твёрдых сплавов на лезвия почвообрабатывающих органов.

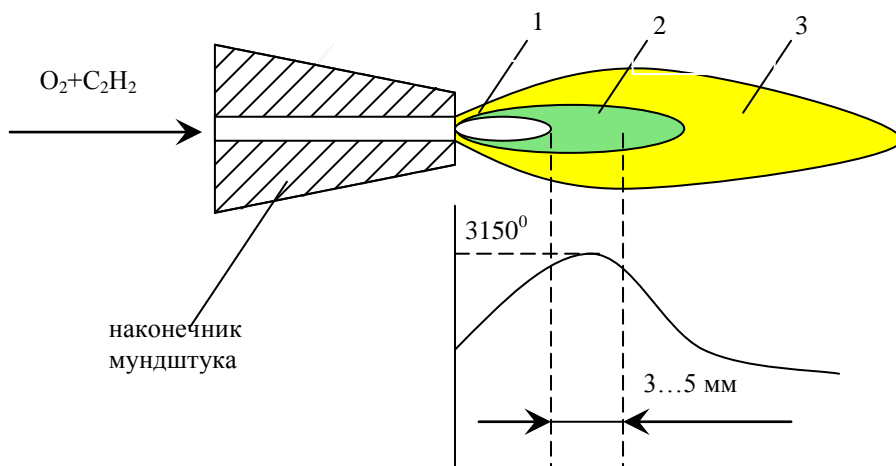


Рисунок 5.1 Схема сварочного пламени: 1-ядро, 2-восстановительная (рабочая) зона, 3-окислительная зона

Сварка пропаном производится с избытком кислорода  $O_2: C_2H_8 = 3,5 .. 3,8$ , что вызывает окисление металла шва. Для предотвращения этого сварку пропаном производят проволокой, содержащей раскислители Mn и Si: Св-08ГС, Св-12ГС, Св-08Г2С и др.

## 4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

**4.1 Ацетиленовые генераторы** – это аппараты для получения ацетилена из карбида кальция и воды. Они состоят из следующих основных частей: газообразователь, в котором при взаимодействии карбида кальция и воды образуется ацетилен; газгольдер (газосборник), служащий для сбора и хранения газа; предохранительное устройство для выпуска газа в атмосферу при повышении давления; устройство для регулировки выработки ацетилена, в зависимости от его потребления; предохранительный (водяной) затвор для предотвращения попадания ацетилено-кислородного пламени в газосборник при обратном ударе пламени.

Классификация ацетиленовых генераторов производится по следующим признакам:

- По способу взаимодействия карбида кальция с водой ГОСТ5190-67 устанавливает следующие системы ацетиленовых генераторов:

- КВ - «карбид в воду» (выход ацетилена 95%);
- ВК - «вода на карбид», с вариантами «мокрого» и «сухого» процесса (выход ацетилена 85 – 90%);
- ВВ - «вытеснение воды».

Каждая из систем имеет свои преимущества и недостатки и в одном генераторе, могут быть использованы несколько систем (например, в генераторе типа АНВ сочетаются системы: «вода на карбид» и «вытеснение воды»).

- По давлению выходящего ацетилена:
  - генераторы низкого давления (до 0,01 МПа);
  - генераторы среднего давления (до 0,15 МПа).
- По виду установки:
  - передвижные и однопостовые с производительностью до 1,25 м<sup>3</sup>/ч;
  - стационарные и многопостовые с производительностью от 3 до 160 м<sup>3</sup>/ч;
- По производительности: 0,5; 0,75; 1,25; 2,5; 3,5; 10; 20; 40; 80 и 160 м<sup>3</sup>/ч;

4.2 Ацетилен может находиться в сжатом состоянии в **ацетиленовых баллонах**.

Ацетиленовые баллоны ёмкостью 40 л содержат 5,5 м<sup>3</sup> ацетилена под давлением 1,5 МПа. Для предотвращения взрывоопасности баллон с ацетиленом заполнен древесным углём, пропитанным ацетиленом (в 1 объёме ацетона при давлении 0,15 МПа, растворяется 23 объёма ацетилена). Ацетиленовые баллоны окрашиваются в белый цвет с красной надписью «Ацетилен».

4.3 **Технический кислород** (98,5...99,5%) для сварки поступает по трубопроводам под давлением 0,5...1,6 МПа или в баллонах под давлением 15 МПа. Стандартный баллон для кислорода ёмкостью 40 дм<sup>3</sup> содержит 6 м<sup>3</sup> кислорода. Некоторые вещества (жиры, масла) в среде сжатого кислорода способны самовоспламеняться, необходимо соблюдать особую осторожность при работе с кислородными баллонами.

4.4 **Газосварочные горелки** служат для получения газосварочного пламени и регулирования его мощности.

Сварочные горелки подразделяются по мощности пламени на горелки микромощности ГС-1, малой мощности (Г2-04), средней мощности (Г3-03) и большой мощности (ГС-4).

По принципу действия они подразделяются на:

- инжекторные горелки низкого давления горючего газа (0,001 МПа), применяются при получении ацетилена в генераторах низкого давления; подача горючего газа в смесительную камеру происходит за счёт подсоса его струёй кислорода;
- безинжекторные горелки, в которые горючий газ и кислород подаются примерно под одинаковым давлением 0,05 – 0,1 МПа из баллонов.

Горелки комплектуются несколькими сменными наконечниками с различным диаметром отверстия сопла для сварки материалов различной толщины.

4.5 **Редукторы** – устройства, для снижения давления газа (кислорода, ацетилена и др. газов) при поступлении его из баллонов в газовую горелку. При сварке применяют кислородные редукторы, снижающие давление кислорода от 1,5 до 0,03 – 0,15 МПа, ацетиленовые редукторы, пропановые редукторы,

снижающие давление от 1,9 до 0,01 МПа. На редукторах устанавливают манометры для контроля давления газа.

## 5 ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

В технологию газовой сварки входят: способ сварки, режим сварки и техника сварки.

5.1 Способ сварки – правый или левый зависит от направления движения горелки по отношению к направленному металлу (рисунок 5.2).

**При правом способе** сварку ведут слева направо, сварочное пламя направляют на сваренный участок шва, а присадочную проволоку перемещают вслед за горелкой. Так как при правом способе пламя направлено на сварной шов, то обеспечиваются лучшая защита от кислорода и азота воздуха, большая глубина проплавления, замедленное охлаждение металла шва в процессе кристаллизации. Теплота пламени рассеивается меньше, чем при левом способе, поэтому угол разделки кромок делает не  $90^{\circ}$ , а  $60 - 70^{\circ}$ , что уменьшает количество наплавленного металла и коробления. При правом способе производительность на 20 – 25% выше, а расход газов на 15 – 20% меньше, чем при левом. Правый способ целесообразнее применять при сварке металла толщиной более 5 мм и металлов с большей теплопроводностью.

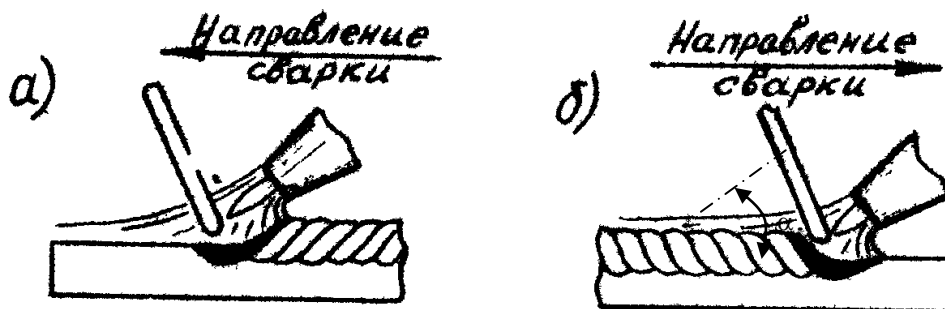


Рисунок 5.2 Схемы левой (а) и правой (б) способов газовой сварки

**При левом способе** сварку ведут справа налево, сварочное пламя направляют на ещё не сваренные кромки металла, а присадочную проволоку перемещают впереди пламени. При левом способе сварщик хорошо видит свариваемый металл, поэтому внешний шва лучше, чем при правом способе. Предварительный подогрев кромок свариваемого металла обеспечивает хорошее перемешивание сварочной ванны. Благодаря этим свойствам левый способ наиболее распространён и применяется для сварки тонколистовых материалов (до 3 мм) и легкоплавких металлов.

Мощность сварочной горелки при правом способе выбирают из расчёта 120 – 150 л/ч ацетилена, а при левом – 100 – 130 л/ч на 1 мм толщины свариваемого металла.

2. Режим газокислородной сварки включает основные параметры: мощность сварочного пламени, вид пламени, марку и диаметр сварочной проволоки, флюс (если он необходим).

5.2 Тепловая мощность сварочного пламени определяется расходом ацетилена проходящего за 1 час через горелку. Она регулируется сменными



наконечниками горелки (номером наконечника). Мощность пламени в л/ч определяется по эмпирической формуле:

$$V_A = k \cdot S, ,$$

где  $S$  – толщина свариваемого металла, мм;

$k$  – опытный коэффициент, зависящий от вида материала, л/ч·мм (для углеродистых сталей  $k=100\dots130$ , для меди –  $150\dots200$ , для алюминия –  $75\dots100$ , для нержавеющей сталей –  $70\dots80$ ).

5.3 Вид пламени зависит от соотношения кислорода и горючего газа (нормальное, окислительное, науглероживающее).

5.4 Марка сварочной проволоки выбирается по возможности близкой по химическому составу к материалу свариваемых изделий.

5.5 Диаметр сварочной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемых изделий:

$$\begin{aligned} d_{\text{пр.}} &= S / 2 + 1 && \text{при левой сварке;} \\ d_{\text{пр.}} &= S / 2 && \text{при правой сварке,} \end{aligned}$$

где  $S$  – толщина свариваемых изделий в мм.

При  $S > 15$  мм диаметр присадочной проволоки принимают равным  $6\dots8$  мм.

5.6 Флюсы применяются для защиты расплавленного металла от окисления и удаления образующихся окислов. В качестве флюсов применяют буру, борную кислоту, окислы и соли бария, калия, лития, натрия, фтора и др.

## 6 ТЕХНИКА СВАРКИ

Скорость нагрева регулируют изменением угла наклона мундштука к поверхности свариваемого металла. Чем толще металл, больше его теплопроводность, тем больше угол наклона мундштука к поверхности свариваемого металла.

6.1 Движение мундштука горелки.

В процессе сварки газосварщик концом мундштука горелки совершает одновременно два движения: поперечное (перпендикулярно оси шва) и продольное (вдоль оси шва). Основным является продольное движение. Поперечное движение служит для равномерного прогрева кромок основного металла и получения шва необходимой ширины.

6.2 Газовой сваркой можно выполнять нижние, горизонтальные (на вертикальной плоскости), вертикальные и поперечные швы. Горизонтальные и потолочные швы обычно выполняют правым способом сварки, вертикальные – левым способом (снизу вверх).

6.3 Движения присадочной (сварочной) проволоки заключаются в поперечных колебаниях её конца, чем достигается интенсивное перемешивание ванны и удаление из неё шлаков и окислов.

Таблица 5.1 Сводные данные по расчету технологии газовой сварки

Эскиз сварного соединения после сварки	Горючий газ	Марка сварочной проволоки	Способ сварки	Номер наконечника	Коэфф смеси	Угол наклона горелки	Диаметр сварочной проволоки
Масса наплавленного металла	Основное технологическое время	Штучное время	Расход горючего газа	Расход кислорода	Расход карбидка кальция	Расход присадочной проволоки	

### ПРИЛОЖЕНИЕ 5.1 Пример разработки технологии газокислородной сварки

#### Исходные данные:

- тип сварного соединения – стыковое;
- толщина свариваемых изделий – 10 мм;
- марка свариваемых изделий – сталь 20;
- длина шва – 1 м

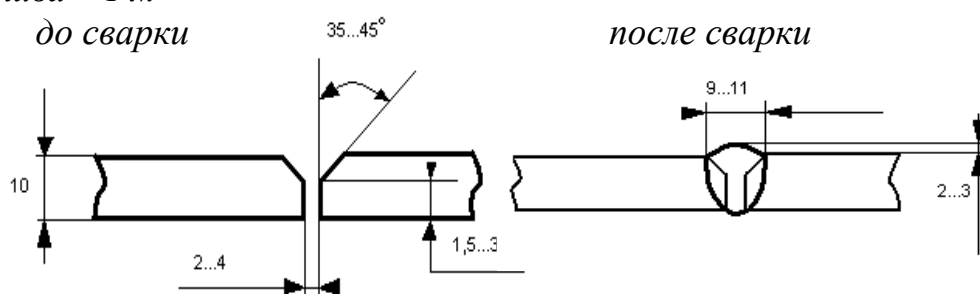


Рисунок 5.3 Эскиз сварного соединения

#### Выбор горючего газа

Для сварки конструкционных сталей выбираем в качестве горючего газа ацетилен.

#### Выбор сварочной (присадочной) проволоки

Сварочная проволока выбирается по материалу изделия, т.е. их химический состав должен быть примерно одинаков (таблица 5.2).

Выбираем сварочную проволоку Св-08А

#### Способ сварки

См. раздел 5.1. Принимаем правый способ.

#### Выбор наконечника

Выбирается по тепловой мощности сварочного пламени (или по расходу горючего газа за ед. времени [л/ч]), см. раздел 5.2.

$$V_A = k \cdot S = (100 \dots 130) \cdot 10 = 1000 \dots 1300 \text{ л/ч}$$

Выбираем горелку средней мощности ГЗ-03 с номером наконечника № 5 (таблица 5.3).

#### Коэффициент смеси

См. раздел 3.

Выбираем коэффициент смеси  $\beta = 1 \dots 1,2$

**Выбор наклона горелки ( $\alpha$ , рисунок 5.2).**

Зависит от толщины свариваемых изделий.

S, мм	до 1	1...3	3...5	5...7	7...10	10...12	Более 12
$\alpha$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	80°

Принимаем  $\alpha = 50^\circ$ .

**Диаметр сварочной проволоки**

См. раздел 5.5.

$$D = 10/2 = 5 \text{ мм}$$

**Основное (технологическое) время**

$$t_0 = M/k_n,$$

где M - масса наплавленного металла (находится аналогично как при электродуговой сварки)

$k_n$  – коэффициент наплавки, зависящий от номера наконечника

№ наконечника	0	1	2	3	4	5	6	7
$k_n$	180...300	240...360	360...420	420...600	780...840	900...960	1020...1080	1080...1260

$$t_0 = 468 \text{ г} / 900 \dots 960 = 0,52 \dots 0,49 \text{ часов}$$

**Общее (штучное) время**

$$t_{\text{шт}} = t_0/k_n = 0,52 \dots 0,49 / 0,5 = 1,04 \dots 0,98 \text{ часа}$$

где  $k_n$  - коэффициент использования сварочного поста (для условий мелкосерийного производства  $k_n = 0,3 \dots 0,7$ )

**Расход газов**

$$\text{Горючего газа: } W_{\Gamma} = V_A \cdot t_0 = (1000 \dots 1300) \cdot (0,52 \dots 0,49) = 490 \dots 676 \text{ л}$$

$$\text{Кислорода: } W_K = \beta \cdot W_{\Gamma} = 1,1 \cdot (490 \dots 676) = 539 \dots 744 \text{ л}$$

**Расход карбида кальция**

$$W(\text{CaC}_2) = W_{\Gamma}/k = (490 \dots 676) / 260 = 1,9 \dots 2,6 \text{ кг}$$

где  $k = 230 \dots 300$  л/кг (выход ацетилена от одного кг карбида кальция)

**Расход присадочной проволоки**

$$M_{\text{пр}} = M \cdot k_n = 468 \cdot (1,15 \dots 1,18) = 538 \dots 552 \text{ г}$$

где  $k_n$  - коэффициент потерь (15...18 %)

**Выбор оборудования**

Ацетиленовый генераторы выбираются по производительности  $\text{C}_2\text{H}_2$ .  
Выбираем АСМ-1,25-3 (производительность 1,25 м<sup>3</sup>/ч).

ГОСТ 9365-79 - резинокорпуса для различных видов горючего газа и кислорода.

Таблица 5.2 Проволока стальная сварочная (ГОСТ2246-70)

Марка	Химический состав, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Si	P
Низкоуглеродистая проволока							
Св-08	до 0,10	до 0,3	0,35...0,6	до 1,15	до 0,3	до 0,04	до 0,04
Св-08А	до 0,10	до 0,3	0,35...0,6	до 0,12	до 0,25	до 0,03	до 0,03
Св-08АА	до 0,10	до 0,3	0,35...0,6	до 0,1	до 0,25	до 0,02	до 0,03
Св-08ГА	до 0,10	до 0,3	0,8...1,1	до 0,1	до 0,25	до 0,025	до 0,03
Св-10ГА	до 0,12	до 0,3	1,1...1,4	до 0,2	до 0,3	до 0,025	до 0,03
Св-10Г2	до 0,12	до 0,3	1,5...1,9	до 0,2	до 0,3	до 0,03	до 0,03
Легированная проволока							
Св-08ГС	до 0,10	0,6...0,85	1,4...1,7	до 0,2	до 0,35	до 0,025	до 0,03
Св-12ГС	до 0,14	0,6...0,9	0,8...1,1	до 0,2	до 0,3	до 0,025	до 0,03
Св-08Г2С	0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	до 0,2	до 0,25	до 0,025	до 0,03
Св-10ГН	до 0,12	0,15...0,35	0,9...1,1	до 0,2	0,9...1,2	до 0,025	до 0,03
Св-18ХГС	0,15...0,22	0,9...1,2	0,8...1,1	0,8...1,1	до 0,4	до 0,025	до 0,025
Св-08ХГ2С	0,05...0,11	0,7...2,1	0,7...2,1	0,7...1	до 0,25	до 0,03	до 0,03

Таблица 5.3 Технические характеристики наконечников и пропановых горелок низкого давления (ГОСТ 1077-79Е)

Показатели	Номера наконечников																
	Ацетиленовые горелки																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7
Давление кислорода, МПа	0,05...0,4	0,05...0,4	0,15...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,1...0,4	0,15...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4
Давление горючего газа, МПа	Не ниже 0,001 при питании от генератора и 0,01...0,04 при питании от баллона								Не ниже 0,035		Давление пропана 0,01...0,06						
Расход кислорода, л/ч	27...80	54...135	130...260	250...440	430...750	740...1200	1150...1950	1900...3100	3100...5000	5000...8000	185...540	260...540	520...840	840...14000	1350...2200	2200...3600	3500...5800
Расход горючего газа, л/ч	25...60	50...125	120...240	230...400	400...700	600...1100	1050...1750	1700...2800	2800...4500	4500...7000	30...70	70...140	140...240	240...400	400...650	650...1000	1050...1700

Примечание: наконечники №8,9 применяются для горелки большой мощности ГС-4

## Лабораторная работа № 6

**ТЕХНОЛОГИЯ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Овладение основами техники ручной аргонодуговой сварки плавящимся электродом.

2. Приобретение практических навыков выбора режимов аргонодуговой сварки и получения сварных соединений из алюминия и сплавов на его основе.

3. Изучение конструкции и принципа действия сварочных аппаратов для ручной аргонодуговой сварки. Освоение навыков выбора сварочного оборудования, проволоки и параметров режима сварки.

**2 ЗАДАНИЕ**

1 Изучить физические основы аргонодуговой сварки, применяемое при этом оборудование и материалы;

2 Изучить технику ручной аргонодуговой сварки, включающую сварочный пост, источник тока, осциллятор, баллон с газом (аргоном) и горелку. Заварить трещины на детали или заготовке из алюминиевого сплава и проверить качество полученных швов;

3 Ознакомиться с типами и видами сварных соединений, технологией подготовки изделий под сварку, режимом сварки, способами сварки, дефектами сварного шва;

4 Выбрать присадочный электрод, подобрать режим сварки для реализации сварки. Подготовить кромки под сварку. Заварить, провести внешний осмотр и дать оценку дефектам полученного сварного соединения.

**3 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

1 Сварочный пост (источник питания ВДУ-506, баллон с аргоном, редуктор, горелка, осциллятор, пульт управления и сварочный стол).

2 Деталь с трещинами из алюминиевого сплава.

4 Методические указания, плакаты.

**4 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

- К сварочным работам допускаются лица, изучившие инструкцию по технике безопасности.
- Категорически запрещается включать какие-либо установки без разрешения преподавателя или учебного мастера.
- В процессе работы студент должен находиться на своем рабочем месте и не отвлекать от работы других.
- Категорически запрещается работать без защитного сварочного костюма, рукавиц и сварочного щитка.
- После окончания работы студент обязан выключить установку и убрать свое рабочее место.

## 5 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 5.1 Общие характеристики аргонодуговой сварки

**Аргонодуговая сварка** - это совместное использование газо- и электросварки. От электродуговой сварки заимствована электрическая дуга, а от газовой - метод работы сварщика.

Для обозначения аргонодуговой сварки могут применяться следующие названия:

**РАД** – ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом,

**ААД** – автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом,

**ААДП** – автоматическая аргонодуговая сварка плавящимся электродом.

Для обозначения аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом:

**TIG** – Tungsten Inert Gas (Welding) – сварка вольфрамом в среде инертных газов

**GTAW** – Gas Tungsten Arc Welding – газовая дуговая сварка вольфрамом

*Аргон* практически не вступает в химические взаимодействия с расплавленным металлом и другими газами в зоне горения дуги. Будучи на 38% тяжелее воздуха, аргон вытесняет его из зоны сварки и надежно изолирует сварочную ванну от контакта с атмосферой.

При аргонодуговой сварке возможен *крупнокапельный* или *струйный* перенос электродного металла. При крупнокапельном переносе процесс сварки неустойчивый, с большим разбрызгиванием. Его технологические характеристики хуже, чем при полуавтоматической сварке в углекислом газе, так как вследствие меньшего давления в дуге капли вырастают до больших размеров. Диапазон токов для крупнокапельного переноса достаточно велик, например для проволоки диаметром  $d = 1,6$  мм  $I_{св} = 120-240$ А. При силе тока  $I_{св}$  больше 260А происходит резкий переход к струйному переносу, стабильность процесса сварки улучшается, разбрызгивание уменьшается. Однако такие токи не всегда соответствуют технологическим требованиям. Поэтому более рационально для обеспечения стабильности процесса использовать импульсные источники питания дуги, которые обеспечивают переход к струйному переносу на токах около  $I_{св} \approx 100$ А.

Таблица 6.1 Состав аргона различных сортов по ГОСТ 10157 — 73

Показатель	Сорт		
	высший	1-й	2-й
Содержание аргона, %, не менее	99,99	99,98	99,95
Содержание кислорода, %, не более	0,001	0,003	0,005
Содержание азота, %, не более	0,008	0,01	0,04
Содержание влаги при давлении 0,1 МПа, г/см <sup>3</sup> , не более	0,01	0,03	0,03

**Алюминиевые сплавы** обладают рядом специфических свойств, **затрудняющих** их сварку:

- при нагреве не меняет своего цвета, поэтому при недостаточном навыке сварщик может не заметить начало расплавления металла, результатом чего явится проваливание стенки детали под собственной тяжестью.

- окисление алюминия происходит при всех температурах, поэтому поверхность деталей из алюминиевых сплавов всегда покрыта окисной пленкой, которая по своим физическим свойствам значительно отличается от

основного металла. Она намного тяжелее сплава, а температура плавления окисной пленки 2050 °С, в то время как температура плавления алюминия и его сплавов 650-670 °С. Попадая в сварочную ванну, окисная пленка затрудняет сплавление с кромками и ухудшает формирование шва. Вследствие высокой адсорбционной способности к газам и парам воды окисная пленка является источником газов, растворяющихся в металле, и косвенной причиной возникновения в нем несплошностей различного рода.

## 5.2 Способы аргонодуговой сварки

Аргонодуговая сварка может осуществляться *плавящимся* и *неплавящимся* электродом.

При сварке *неплавящимся* электродом дуга горит между свариваемым изделием и неплавящимся электродом (обычно из вольфрама) (рисунок 6.1). Электрод расположен в горелке, через сопло которой вдувается защитный газ – аргон (гелий). Присадочный материал подается в зону дуги со стороны и в электрическую цепь не включен.

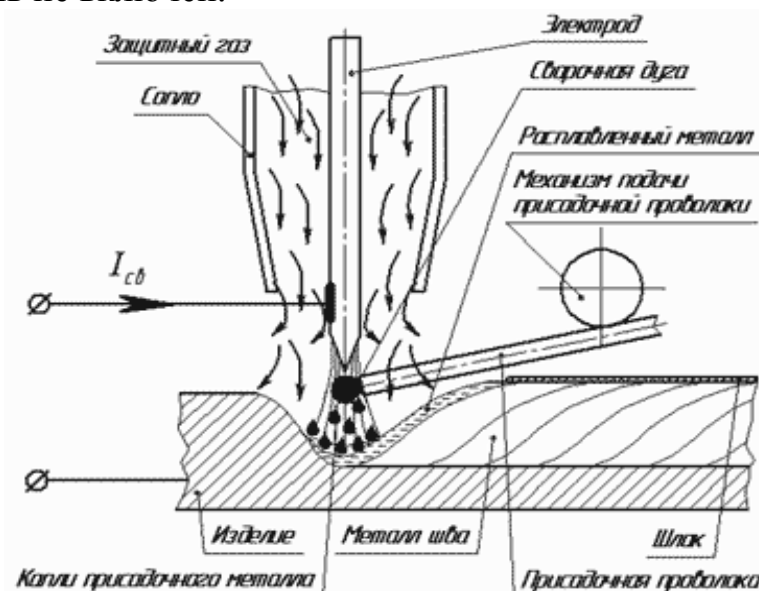


Рисунок 6.1 Схема аргонодуговой сварки не плавящимся электродом с дополнительной присадочной проволокой.

При этом способе сварки зажигание дуги, в отличие от сварки плавящимся электродом, не может быть выполнено путем касания электродом изделия по двум причинам. Во-первых, аргон обладает достаточно высоким потенциалом ионизации, поэтому ионизировать дуговой промежуток за счет искры между изделием и электродом достаточно сложно (при аргонной сварке плавящимся электродом после того, как проволока коснется изделия, в зоне дуги появляются пары железа, которые имеют потенциал ионизации в 2,5 раза ниже, чем аргона, что позволяет зажечь дугу). Во-вторых, касание изделия вольфрамовым электродом приводит к его загрязнению и интенсивному оплавлению. Поэтому при аргонной сварке неплавящимся электродом для зажигания дуги параллельно источнику питания подключается устройство, которое называется «осциллятор».

Осциллятор для зажигания дуги подает на электрод высокочастотные высоковольтные импульсы, которые ионизируют дуговой промежуток и

обеспечивают зажигание дуги после включения сварочного тока. Если аргонная сварка производится на переменном токе, осциллятор после зажигания дуги переходит в режим стабилизатора и подает импульсы на дугу в момент смены полярности, чтобы предотвратить деионизацию дугового промежутка и обеспечить устойчивое горение дуги.

Основным преимуществом процесса дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде аргона является высокая устойчивость горения дуги. Благодаря этому процесс используется при сварке тонких листов. Сварку ведут *ручным* или *автоматическим* способом.

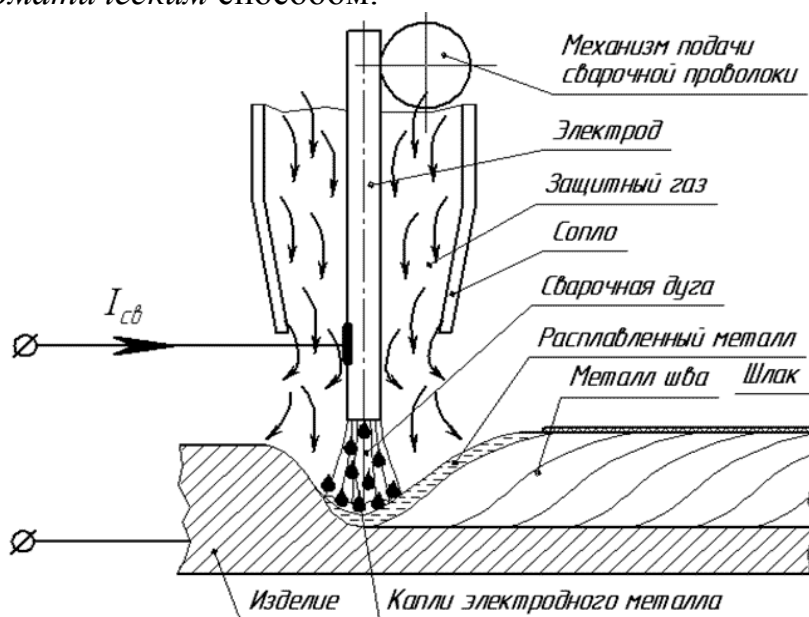


Рисунок 6.2 Схема аргонодуговой сварки плавящимся электродом

Сварку *плавящимся* электродом в защитном газе используют для материала толщиной более 3 мм. Для питания дуги при сварке плавящимся электродом применяют источники постоянного тока с жесткой внешней вольт-амперной характеристикой. Сварку ведут на токе обратной полярности, что обеспечивает надежное разрушение окисной пленки за счет катодного распыления и нормальное формирование швов. Сварку можно выполнять в *полуавтоматическом* или *автоматическом* режиме на подкладках с формирующей канавкой. Преимуществом процесса сварки плавящимся электродом является высокая производительность, возрастающая с увеличением толщины металла.

Сварка плавящимся электродом возможна в различных пространственных положениях и позволяет заменить менее совершенный процесс сварки алюминиевых сплавов покрытыми электродами; при этом рекомендуются полуавтоматы с механизмом подачи тянущего типа. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом расширяет возможность сварки алюминиевых сплавов при различных пространственных положениях. При этом улучшается формирование швов, регулируется время пребывания металла сварочной ванны в расплавленном состоянии, а значит и протекание металлургических реакций.



### 5.3 Область применения и преимущества аргонодуговой сварки

Основная область применения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом – соединения из легированных сталей и цветных металлов. При малых толщинах аргонная сварка может выполняться без присадки. Способ сварки обеспечивает хорошее качество и формирование сварных швов, позволяет точно поддерживать глубину проплавления металла, что очень важно при сварке тонкого металла при одностороннем доступе к поверхности изделия. Он получил широкое распространение при сварке неповоротных стыков труб, для чего разработаны различные конструкции сварочных автоматов. В этом виде сварку иногда называют орбитальной. Сварка неплавящимся электродом – один из основных способов соединения титановых и алюминиевых сплавов.

Аргонная сварка плавящимся электродом используется при сварке нержавеющей сталей и алюминия. Однако объем ее применения относительно невелик.

### 5.4 Недостатки аргонодуговой сварки

Недостатками аргонодуговой сварки являются невысокая производительность при использовании ручного варианта. Применение же автоматической сварки не всегда возможно для коротких и разноориентированных швов.

### 6 Оборудование сварочного поста

Перечень используемого оборудования для аргонодуговой сварки практически не отличается от поста для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа. Схема оборудования поста для аргонодуговой сварки представлена на рисунке 6.1.

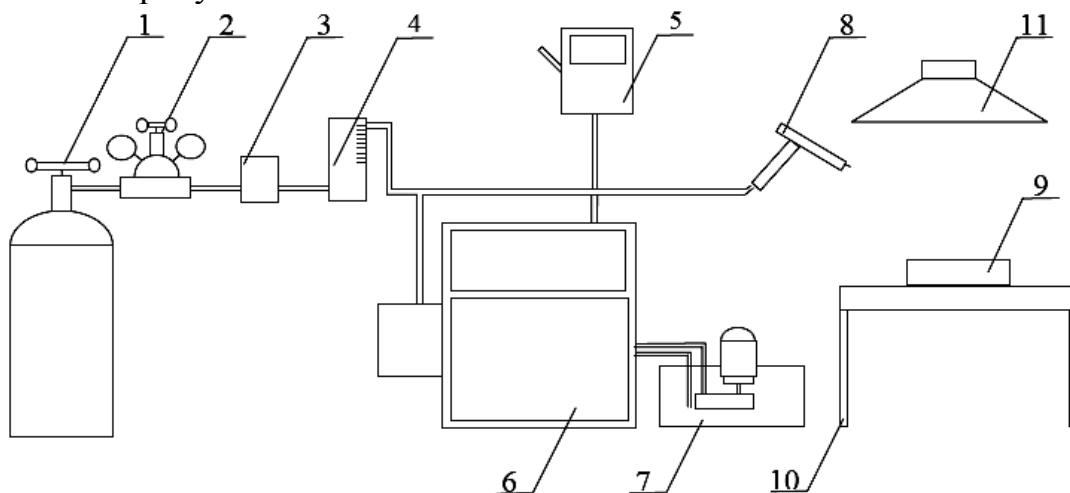


Рисунок 6.1 Схема рабочего поста для аргонодуговой сварки: 1-баллон с аргоном; 2 – газовый редуктор; 3 - электропневмоклапан; 4 – ротаметр; 5- шкаф электропитания; 6 – установка для аргонодуговой сварки; 7 – станция охлаждения; 8 – горелка; 9 – свариваемое изделие; 10 – рабочий стол; 11 – вытяжной зонт.

### 7 Технология и режимы аргонодуговой сварки

#### 7.1 Подготовка деталей к сварке

При подготовке деталей из алюминиевых сплавов под сварку профилируют свариваемые кромки, удаляют поверхностные загрязнения и окислы. Обезжиривание и удаление поверхностных загрязнений осуществ-

ляется с помощью органических растворителей (уайт-спирит, технический ацетон, растворители РС-1 и РС-2 и др.) или обработкой в специальных ваннах щелочного состава. Удаление поверхностной окисной пленки является наиболее ответственной операцией подготовки детали. При этом в основном удаляют старую окисную пленку, полученную в результате длительного хранения и содержащую значительное количество адсорбированной влаги.

Окисную пленку можно удалять с помощью металлических щеток из проволоки диаметром 0,1-0,2 мм при длине ворса не менее 30 мм или шабрением. После зачистки кромки обезжиривают растворителем. Продолжительность хранения деталей перед сваркой после зачистки 2-3 ч.

## **7.2 Оборудование и материалы**

Для осуществления аргонно-дуговой сварки используют установки УДГ-301, УДГ-501, ВСВУ-315, ИСВУ-315-1, ТИР-300, ТИР-300ДМ и др. В качестве неплавящегося электрода при аргонно-дуговой сварке используют вольфрамовые прутки марки ВА-1А, ВТ-15 или ВЛ-10. Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от сварочного тока. Неплавящиеся электроды из вольфрама относятся к дорогостоящим сварочным материалам. Поэтому необходимо выполнять определенные условия для снижения расхода вольфрама при горении дуги. Интенсивный расход возникает в результате прямого контакта электрода с расплавленным металлом или его парами, в результате чего на рабочей поверхности вольфрамового электрода образуются более легкоплавкие сплавы.

В качестве присадочного материала применяют проволоку марки Св-АК5, Св-А97, Св-АК10 или Св-АК12. Возможно также применение полосок нарезанных из листового алюминия толщиной 4-5 мм. Присадочный материал перед применением необходимо обезжирить растворителем, а непосредственно перед сваркой зачищают шлифовальной шкуркой.

В качестве защитного газа применяют аргон чистотой не менее 99,9% (по ГОСТ 10157-73, сорта: высший, первый и второй) или смеси аргона с гелием. Аргон также является дорогостоящим расходным материалом. Основными мерами снижения расхода аргона в процессе сварки являются:

- правильная настройка защитной струи посредством редуктора и манометра;
- ведение процесса сварки с максимально возможной производительностью,
- включение в состав оборудования электромагнитного клапана, управляемого подачей защитного газа непосредственно во время сварки. Кнопка управления электромагнитным клапаном у некоторых типов горелок расположена на рукоятке.

## **7.3 Техника и режимы сварки плавящимся электродом**

Перед тем как приступить к сварке, необходимо как можно точнее определить режимы сварки (таблица 6.1).

Для ручной сварки неплавящимся электродом используют вольфрамовые электроды и присадочную проволоку в зависимости от толщины и химического состава свариваемого металла (таблица 6.2, 6.3)

Таблица 6.1 Режимы аргонодуговой сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом

Тип соединения	Толщина, S, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток I, А	Напряжение U, В	Скорость сварки, v, м/ч	Расход аргона, л/мин	Число проходов
Встык без разделки кромок	4...6	1,5...2,0	140...220	19...22	25...30	6...10	2
	8...10	1,5...2,0	220...300	20...25	15...25	8...10	2
	12	2,0	280...300	20...25	15...20	8...10	2
Встык с v-образной разделкой кромок на подкладке	6...8	1,5...2,0	240...280	22...25	15...25	8...10	1
	10	2,0...2,5	420...460	27...29	15...20	8...10	1
Встык с x-образной разделкой кромок на подкладке	12...16	2,0...2,5	280...300	24...26	12...15	12...20	2...4
	20...25	2,5...4,0	380...520	26...30	10...20	28...30	2...4
	30...40	2,5...4,0	420...540	27...30	10...20	28...30	3...5
	50...60	2,5...4,0	450...540	28...32	10...20	6...10	5...8
Тавровые	4...6	1,5...2,0	200...260	18...22	20...30	8...12	1
	6...12	2,0	270...300	24...26	20...25		1...2

Таблица 6.2 Состав сварочных проволок из алюминия и его сплавов (ГОСТ 7871-75)

Марка	Процент по массе							Прочие, не более, % по массе
	Mg	Mn	Fe	Si	Ti	Be	Zr	
Св А97	--	--	--	--	--	--	--	0,03
Св А85Т	--	--	--	--	0,2...0,5	--	--	0,05
Св А5	--	--	0,2...0,3	0,1...0,25	--	--	--	0,05
Св АМЦ	--	1...1,5	0,3...0,5	0,2...0,4	--	--	--	0,85
Св АМГ3	3,2... 3,8	0,3... 0,5	--	0,5...0,8	--	0,002... 0,005	--	1,35
Св АМГ4	4...4,8	0,5...0, 8	--	Cr 0,05,0,25	0,05... 0,15	0,002... 0,005	--	1,15
Св АМГ5	4,8... 5,8	0,5... 0,8	--	--	0,1... 0,2	0,002... 0,005	--	1,4
Св 1557	4,5... 5,8	0,2... 0,6	Cr(0,07... 0,15)	--	--	0,002... 0,005	0,2... 0,35	0,6
Св АМГ6	5,8... 6,8	0,5... 0,6	--	--	--	0,002... 0,005	--	1,2
Св АМГ63	5,8... 6,8	0,5... 0,6	--	--	--	0,002... 0,005	0,15...0,3 5	1,15
Св АМГ61	5,5... 6,5	0,8... 1,1	--	--	--	0,0001... 0,0003	0,002... 0,12	1,15
Св АК5	--	--	--	4,5... 6,0	0,1... 0,2	--	--	1,0
СВАК10	--	--	--	7...10	--	--	--	1,1

Примечание. Основа Al = 99,5...100%

Таблица 6.2 Выбор присадочной проволоки при сварке неплавящимся электродом

Толщина свариваемого металла, мм	До 2	Св.2 до 5	Св.5
Диаметр присадочной проволоки, мм	1,0-1,5	1,5-3,0	3,0-4,0

### 8 Порядок выполнения задания

1 Определить толщину восстанавливаемой детали штангенциркулем. Исходя из толщины детали, определить сварочные режимы по таблице 7.1.

2 Очистить свариваемые кромки от загрязнений и удалить окисную пленку.

3 Включить источник питания. Произвести предварительные настройки режима сварки.

4 Открыть кран подачи аргона на баллоне и отрегулировать расход аргона по манометру.

5 Одеть защитный брезентовый костюм, рукавицы и сварочную маску.

6 Выполнить сварку подготовленных деталей.

7 Закрыть кран подачи аргона.

8 Отключить источник питания.

9 Оценить качество выполненного шва. Определить внешним осмотром состояние сварного шва.

10 Произвести разрушение образца по сварочному шву (по рекомендации учебного мастера)

11 Определить дефекты сварочного соединения и дать оценку пригодности технологического процесса сварки или рекомендации по изменению параметров процесса сварки.

12 Оформить протокол лабораторных испытаний.

### 9 Контроль качества сварного соединения

Вид дефекта удается определить не всегда. Для соединений, выполненных сваркой плавлением, согласно ГОСТ 23055-78 установлено 6 видов дефектов:

- трещины,
- непровары,
- поры,
- шлаковые включения,
- вольфрамовые включения (для сварки неплавящимся электродом)
- окисные включения.

### 10 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя краткий конспект основных теоретических положений, рассмотренных в разделах 5,6 и 7, а также протокол проведения работы с сварочными режимами и основными показателями процесса.

### 11 Контрольные вопросы

1. Сущность способа аргонодуговой сварки

- 2 Чем отличается аргонодуговая сварка плавящимся и неплавящимся электродом?
- 3 Особенности сварки алюминия и его сплавов
- 4 Состав оборудования поста аргонодуговой сварки
- 5 Какие недостатки и преимущества аргонодуговой сварки?
- 6 Область применения данного способа сварки
- 7 Какие виды дефектов возникают при сварке алюминия?
- 8 Что является причиной пористости сварочного шва?
- 9 Какими методами достигается сокращение потребления расходных материалов?

## 12 Отчет о работе

Таблица 6.1 Исходные данные

Положение и эскиз сварного соединения (в разрезе)	Свариваемый материал (марка)	Способ сварки (плавящимся или неплавящимся электродом)

Таблица 6.2 Подобранные режимы аргонодуговой сварки

Тип соединения	Толщина S, мм	Диаметр проволоки, мм	Марка проволоки	Сварочный ток I, А	Напряжение U, В	Скорость сварки, в, м/ч	Расход аргона, л/мин	Число проходов

Таблица 6.3 Результаты сварки

Схема положения электрода при сварке	Общий вид полученного шва	Оценка качества полученного сварного шва (внешние дефекты)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Технология конструкционных материалов./Под ред. А.М. Дальского.-М.: «Машиностроение», 2003.
- 2 Глизманенко Д.Л. Сварка и резка металлов М.: «Машиностроение», 1978
- 3 Каховский Н.И., Фартушный В.Г., Ющенко К.А. Электродуговая сварка сталей. Справочник Киев «Наукова Думка» 1975
- 4 Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1,2 Киев «Екотехнологія» 2007
- 5 Стандарты процессам сварки.
6. Шипков М.Д. Сварка сплавов на основе алюминия и тугоплавких высокоактивных металлов. Учебное пособие. Л-ЛПИ 1983, 60 с.

## Лабораторная работа № 7

**ВЫБОР РЕЖИМОВ СТЫКОВОЙ И РОЛИКОВОЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить технологию контактной сварки и область её применения, научиться рассчитывать параметры режима сварки.

**2 ЗАДАНИЕ**

1. Привести схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.
2. В соответствии с вариантом задания (приложение 7.3) рассчитать параметры режима стыковой сварки сопротивлением для прутков от 3 до 20 мм из углеродистой стали и непрерывной роликовой сварки заготовок из низколегированной листовой стали толщиной от 0,2 до 3 мм.

**3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Контактная сварка относится к способам сварки давлением, при которой заготовки в месте соединения нагреваются теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока, и сжимаются определённым усилием. Для получения качественных сварных деталей металл в месте контакта нагревают до расплавления и лишь в отдельных случаях (например, при стыковой сварке сопротивлением) до пластического состояния, обеспечивающего требуемую пластическую деформацию заготовок. В процессе этой деформации происходит удаление окислов из места соединения, устранение раковин и уплотнение металла.

При пропускании электрического тока через свариваемые заготовки максимальное количество теплоты выделяется в месте свариваемого контакта и определяется по закону Джоуля – Ленца:

$$Q = 0,24 I^2 R T ,$$

где  $Q$  – количество теплоты, выделяемое в сварочном контуре, Дж;

$I$  – сила сварочного тока, А;

$R$  – полное сопротивление, Ом;

$T$  – время протекания тока, с.

Полное сопротивление сварочного контура  $R$  состоит из сопротивления выступающих концов свариваемых заготовок  $R_з$ , сопротивления сварочного контакта  $R_к$  и сопротивления между электродами и заготовками  $R_э$ , т.е.:

$$R = R_з + R_к + R_э .$$

Сопротивление сварочного контакта  $R_к$  является наибольшим, так как поверхности стыка заготовок даже после тщательной обработки имеют неровности и соприкасаются только в отдельных точках. Благодаря этому происходит резкое уменьшение действительного сечения металла, через

которое проходит ток, и в зоне контакта возникают большие плотности тока. Кроме того, на поверхности свариваемого металла имеются плёнки окислов и загрязнения с малой электропроводностью, которые также увеличивают электросопротивление.

В результате высокой плотности тока в точках контакта металл нагревается до термопластичного состояния или до оплавления. При непрерывном сдавливании нагретых заготовок образуются новые точки соприкосновения, и так до тех пор, пока не произойдет полное сближение до межатомных расстояний, т.е. сварка поверхностей.

Однако, при сварке неочищенных поверхностей контактные сопротивления изменяются в широких пределах, что приводит к изменению температур нагрева заготовок, снижению стабильности прочностных показателей сварных соединений, увеличению износа электродов и возникновению дефектов.

Режим нагрева при контактной сварке определяется силой тока и временем протекания его через свариваемые изделия. Обычно стремятся к получению интенсивного нагрева в возможно малый промежуток времени. Такой режим сварки называется жёстким и обеспечивает повышение производительности, экономию электроэнергии, уменьшение окисления деталей, уменьшение размеров зоны термического влияния и возможность сварки металлов с высокой теплопроводностью и специальных легированных сталей.

Однако, если есть опасность возникновения закалочных структур, которые могут привести к образованию трещин в зоне сварного соединения, применяют мягкие режимы сварки, характерные увеличением длительности протекания тока при соответственном уменьшении его величины.

Процесс контактной сварки характеризуется не только явлением нагрева, но и пластической деформацией при сжатии деталей. Слои нагретого металла, подвергаемые сжатию, претерпевают структурные изменения, выражающиеся в переориентировке кристаллов сварного соединения, что оказывает большое влияние на качество соединения. Величина оптимального давления находится в зависимости от температуры нагрева. С увеличением температуры необходимое усилие сжатия уменьшается.

Контактная сварка находит широкое применение в промышленности, что обусловлено следующими её преимуществами: высокой производительностью; возможностью механизации процесса; возможностью соединения различных металлов и сплавов, а также разнородных металлов; минимальной деформацией свариваемых изделий.

### **3.1 Основные виды контактной сварки и их применение**

Наиболее широкое применение получили следующие основные виды контактной сварки: стыковая (рисунок 7.1), точечная (рисунок 7.2) и (шовная) роликовая (рисунок 7.3). Каждый из этих видов сварки может осуществляться различными способами, отличающимися по техническим признакам, роду используемой электроэнергии и способу подвода тока к свариваемым заготовкам.

*Стыковая сварка.* Заготовки сваривают по всей плоскости их касания. Для осуществления стыковой контактной сварки применяют специальные машины ручного или автоматического действия (рисунок 7.1). На станине машины 1 расположены плиты 2 и 3, несущие на себе зажимы 4 и 5, предназначенные для закрепления свариваемых деталей и подвода к ним тока от вторичного витка трансформатора 6. Левая плита 2, обычно неподвижная, изолирована от станины. Правая плита 3 может перемещаться прямолинейно по направляющим станины вручную с помощью рычага, штурвала или пружин.

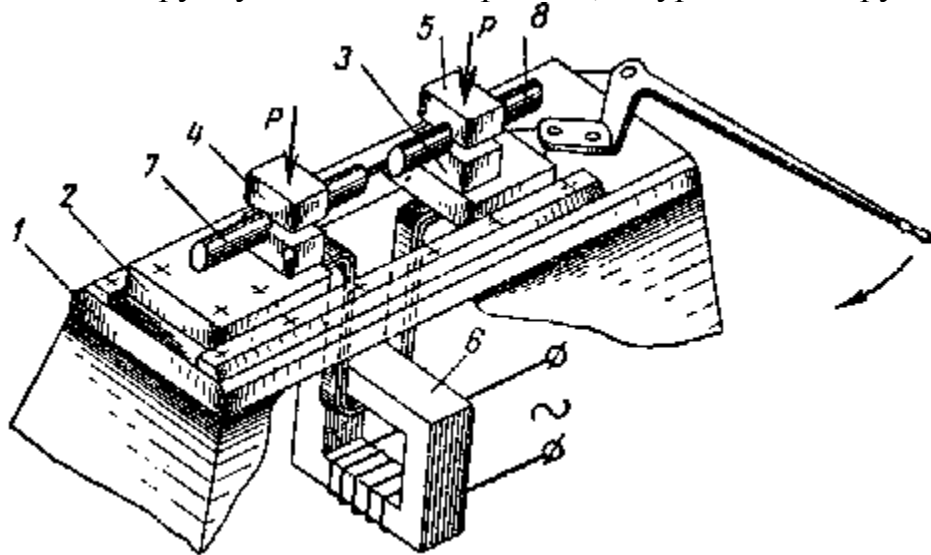


Рисунок 7.1 Схема машины для стыковой контактной сварки

В зависимости от марки металла, площади сечения заготовки и требований к качеству соединения стыковую сварку можно выполнять несколькими способами: сопротивлением, непрерывным оплавлением и оплавлением с подогревом (приложение 7.1).

При стыковой сварке сопротивлением заготовки, установленные и закреплённые в стыковой машине, прижимают одну к другой усилием определенной величины, после чего по ним пропускают электрический ток. При нагревании металла в зоне сварки до пластичного состояния производится осадка. Ток выключают до окончания осадки. Этот способ сварки требует механической обработки и тщательной зачистки поверхностей торцов заготовки. Неравномерность нагрева и окисление металла на торцах понижают качество сварки сопротивлением, что ограничивает область её применения. С увеличением сечения заготовок качество сварки снижается особенно заметно, главным образом из-за образования окислов в стыке.

Этим способом соединяют заготовки малого сечения (до  $100 \text{ мм}^2$ ), одинаковыми по форме с малоразвитым периметром (круг, квадрат, прямоугольник с малым отношением сторон). Металл соединяемых заготовок должен быть однородным. Сварка сопротивлением даёт хорошие результаты для металлов, обладающих хорошей свариваемостью в пластическом состоянии – малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, алюминиевых и медных сплавов.

Стыковая сварка непрерывным оплавлением состоит из двух стадий: оплавления и осадки. Заготовки устанавливают в зажимах машины, затем



включают ток и медленно сближают их. При этом торцы заготовок касаются в одной или нескольких точках. В местах касания образуются перемычки, которые мгновенно испаряются и взрываются. Взрывы сопровождаются характерным выбросом из стыка мелких капель расплавленного металла. При дальнейшем сближении заготовок образование и взрыв перемычек происходит на других участках торцов. В результате заготовки прогреваются на небольшую глубину, а на торцах возникает тонкий слой расплавленного металла, облегчающий удаление окислов из стыка. В процессе оплавления заготовки укорачиваются на заданный припуск. Оплавление должно быть устойчивым (непрерывное протекание тока при отсутствии короткого замыкания заготовок), особенно перед осадкой.

При осадке скорость сближения заготовок резко увеличивают, осуществляя при этом пластическую деформацию на заданный припуск. Переход от оплавления к осадке должен быть мгновенным, без малейшего перерыва. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Стыковая сварка оплавлением с подогревом отличается от сварки непрерывным оплавлением тем, что перед началом процесса оплавления заготовки подогревают в зажимах машины периодическим смыканием и размыканием при постоянно включенном токе. При этом происходит процесс прерывистого оплавления и заготовки укорачиваются на заданный припуск. Выдержка при замыкании составляет около 0,5 – 3 с, а при размыкании 2 – 6 с. Количество замыканий может быть от одного до нескольких десятков в зависимости от размеров сечения заготовок.

Применение стыковой сварки оплавлением с подогревом позволяет предупредить резкую закалку и, следовательно, получить более пластичные стыки при сварке закаливаемых сталей; снизить требуемую мощность машины или на машине данной мощности сварить заготовки с большими площадями сечения; осуществить осадку при меньшем усилии; сократить общий припуск на сварку.

Стыковую контактную сварку в судостроении используют при изготовлении якорных цепей, змеевиков холодильников рефрижераторных судов, штуцерно-торцевых соединений трубопроводов, стыковых соединений профильной стали, режущего инструмента и других изделий.

*Точечная сварка.* Заготовки соединяют сваркой в отдельных местах, условно называемыми точками (рисунок 7.2). Размеры и структура точки, определяющие прочность соединения, зависят от формы и размеров контактной поверхности электродов, силы сварочного тока, времени его протекания через заготовки, усилия сжатия и состояния поверхностей заготовок. Качественная сварная точка характеризуется наличием общего для обеих заготовок литого ядра определенных размеров.

Для осуществления точечной сварки, схема которой представлена на рисунке 7.2, а, свариваемые детали 1 зажимаются между электродами 2 и 3, к которым через электрододержатели 4, 5 и хоботы 6 и 7 подведен ток от вторичного витка трансформатора 8. Нижний хобот 6 делается неподвижным, а

верхний 7 перемещается механизмом сжатия Р, который создаёт давление при сварке. После сжатия заготовок включают ток и заготовки быстро нагреваются; особенно быстро нагреваются участки металла, прилегающие к контакту между заготовками, так как они имеют повышенное электросопротивление. Кроме того они менее подвержены охлаждающему действию электродов. В момент образования в зоне сварки расплавленного ядра заданных размеров ток выключают. Затем заготовки кратковременно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия, в результате чего происходит охлаждение зоны сварки, кристаллизация расплавленного металла и уменьшение усадочной раковины в ядре сварной точки. Перед сваркой место соединения очищают от окисных плёнок (наждачным кругом или травлением).

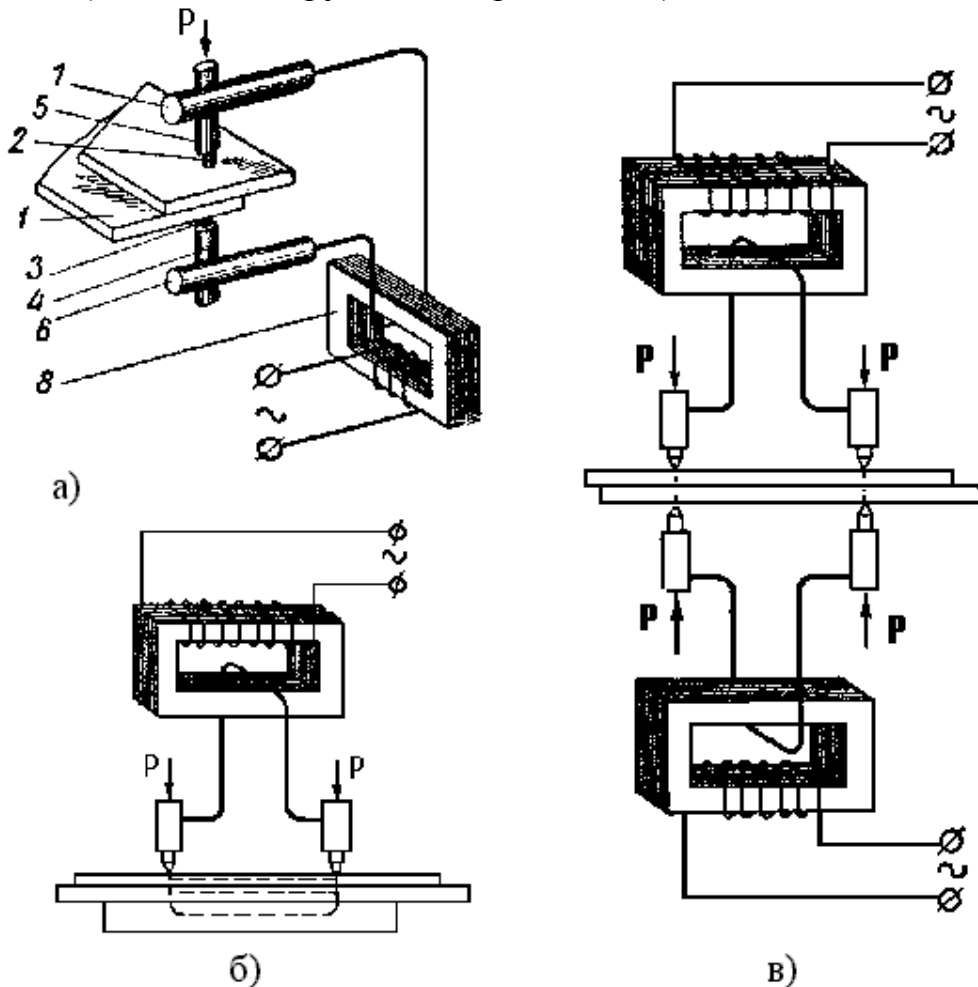


Рисунок 7.2 Схемы точечной контактной сварки: а – двухсторонняя односточечная; б – односторонняя двухточечная; в – двухсторонняя двухточечная

На практике иногда применяются односторонняя односточечная и двухточечная сварки (рисунок 7.2, б), либо двухточечная контактная сварка с двухсторонним подводом тока (рисунок 7.2, в), дающая более надёжные соединения.

Точечной сваркой можно сваривать листовые заготовки одинаковой или разной толщины, пересекающиеся стержни, листовые заготовки со стержнями или профильными заготовками (уголками, швеллерами, таврами и т.д.). Ёе применяют для соединения заготовок из сталей различных марок (углеродистой, легированной, нержавеющей, жаростойкой и др.), цветных

металлов и их сплавов, а так же разнородных металлов. Толщина каждой из заготовок может быть от сотых долей миллиметра до 35 мм.

С помощью точечной сварки в судостроении изготавливают судовую мебель, каютные двери, кабельные кассеты, ящики под приборы и запасные части, крепят набор к переборкам, выгородкам, настилам и к стенкам надстроек.

*Роликовая (шовная) сварка* (рисунок 7.3). Заготовки соединяют непрерывным прочно-плотным сварным швом, состоящим из ряда точек, в котором каждая последующая точка частично перекрывает предыдущую. В отличие от точечной сварки заготовки устанавливают между вращающимися роликами (или между роликами и оправкой), на которые действует усилие механизма давления  $P$  и к которым подведён электрический ток. Толщина свариваемых листов составляет 0,2 – 3 мм. Характеристика и области применения способов роликовой сварки приведены в прил. 2. Этим методом сваривают малоуглеродистые легированные конструкционные стали, легкие сплавы, некоторые медные и титановые сплавы, а также стальные листы с покрытием (оцинкованные, луженые, освинцованные).

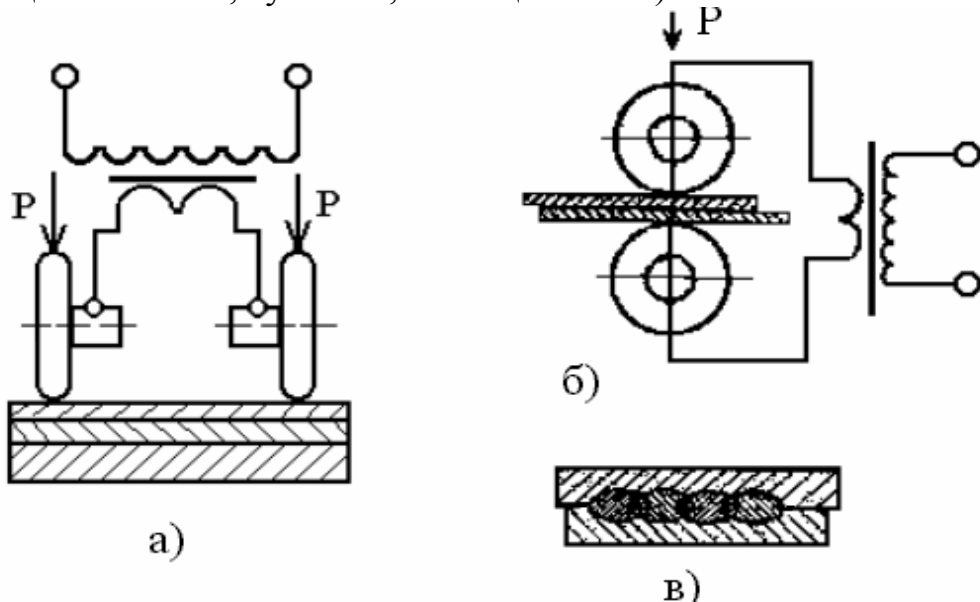


Рисунок 7.3 Схемы роликовой контактной сварки: а – односторонняя; б – двухсторонняя; в – разрез сварного шва

В судостроении с помощью роликовой сварки изготавливают емкости, трубы вентиляции, сильфонные компенсаторы, стыки легких переборок и выгородок.

### 3.2 Технология контактной сварки

#### 3.2.1 Стыковая сварка сопротивлением

Основные параметры стыковой сварки сопротивлением: сила сварочного тока  $I$ , усилие осадки  $P_{OC}$ , установочная длина  $L_H$ , припуск на осадку  $C_{OC}$ , время нагрева  $t_{CB}$ . (таблица 7.2).

Сила сварочного тока  $I$  (в А) подсчитывается по формуле:

$$I = F \cdot j,$$

где  $F$  – площадь сечения свариваемого прутка,  $\text{мм}^2$ ;  
 $j$  – плотность тока,  $\text{А/мм}^2$  (определяется по таблице 7.1 в зависимости от площади сечения прутка).

Величину усилия осадки  $P_{\text{OC}}$  (в кгс) подсчитывают как произведение удельного давления осадки  $p$  на площадь сечения свариваемого прутка  $F$ :

$$P_{\text{OC}} = p \cdot F,$$

При сварке малоуглеродистой стали удельное давление принимается равным  $2 - 5 \text{ кгс/мм}^2$ .

Таблица 7.1 Ориентировочные величины плотности тока и времени нагрева от площади сечения прутка при стыковой сварке сопротивлением

Площадь сечения прутка, $\text{мм}^2$	Плотность тока, $\text{А/мм}^2$	Время нагрева, сек.
6	300	0,2 – 0,3
25	200	0,6 – 0,8
50	160	0,8 – 1,0
100	140	1,0 – 1,5
150	120	1,2 – 2,0
200	100	1,4 – 2,5
250	80	1,6 – 3,0
300	60	1,8 – 3,5
350	40	2,0 – 4,0
400	20	2,2 – 4,5

Установочная длина  $L_{\text{H}}$  (в мм) – расстояние от торца заготовки до внутреннего края электрода стыковой машины, измеренная до начала сварки. Длина  $L_{\text{H}}$  зависит от теплофизических свойств металла, конфигурации стыка и размеров заготовки. При недостаточной установочной длине детали прогреваются недостаточно, т.к. тепло интенсивно отводится в губки. Завышение ее сопровождается перегревом деталей и увеличением длины деформируемого участка. Кроме того, возможны перекосы или несоосность торцов вследствие потери устойчивости. Для углеродистых сталей установочная длина равняется  $L_{\text{H}} = (0,5 - 0,7) d$ , где  $d$  - диаметр свариваемого прутка, мм.

Припуск на осадку  $C_{\text{OC}}$  (в мм) распределяется на осадку под током и осадку без тока. Если осадка недостаточна, в стыке остаются окислы и раковины, наблюдаются непроваренные участки. При завышении величины осадки качество стыков также понижается вследствие искривления волокон и перегрева металла.

Для прутков припуск на осадку определяется:

$$C_{\text{OC}} = 0,7 \cdot \sqrt[3]{d} + 0,07 \cdot d$$

Время нагрева  $t_{\text{CB}}$  (в сек) – время прохождения тока через заготовки зависит от плотности тока и площади сечения свариваемого прутка (таблица 7.1). Завышенное время нагрева является одной из причин возникновения окислов в стыке и образования малопластичной перегретой структуры металла.

Таблица 7.2 Расчет параметров стыковой сварки сопротивлением

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная формула	Численное значение
1	Диаметр свариваемого прутка $d$ , мм	Приложение 7.3	
2	Площадь сечения прутка $F$ , мм <sup>2</sup>		
3	Плотность тока $j$ , А/мм <sup>2</sup>	Таблица 7.1	
4	Сила сварочного тока $I$ , А		
5	Удельное давление осадки $P$ , кгс/мм <sup>2</sup>		
6	Усилие осадки $P_{ос}$ , кгс		
7	Установочная длина $L_H$ , мм		
8	Припуск на осадку $C_{ос}$ , мм		
9	Время нагрева $t_{св}$ , сек.		

### 3.2.2 Роликовая сварка

Типы соединений для роликовой сварки выбирают с учетом толщины и материала заготовки, а также условий работы изделия.

При изготовлении сосудов предпочтительнее соединение с отбортовкой. При таком соединении деталь во время сварки не вводится в сварочный контур машины, следовательно, сохраняется постоянной величина силы сварочного тока.

Введение в сварочный контур машины магнитных материалов, например, заготовок из малоуглеродистых сталей, вызывает рост индуктивного сопротивления, в результате чего уменьшается сила сварочного тока. Ширина отбортовки для стальных заготовок толщиной 1 – 2 мм находится в пределах 12 – 18 мм.

Широко применяют соединение внахлестку, которое при роликовой сварке обеспечивает высокую прочность и плотность швов. Величину нахлестки берут в пределах 10 – 18 мм.

Рекомендуемые параметры режима непрерывной роликовой сварки следующие (табл. 3):

1. Диаметр отдельных точек  $d_m$  (в мм), зависящий от толщины свариваемых деталей, определяется:

$$d_m = 2 \cdot S + 2,$$

где  $S$  – толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

2. Площадь контакта  $F$ , мм<sup>2</sup>:

$$F = \pi \cdot d_m^2 / 4$$

3. Сила сварочного тока  $I$  (в А) зависит от плотности тока и площади контакта электрод-деталь и определяется по формуле:

$$I = F \cdot J$$

4. Шаг точек  $a$  (в мм) определяется из уравнения:

$$a = (0,5 - 0,7) \cdot d_m$$

Примечание: Уравнение приведено для плотных швов; в неплотных швах точки могут не перекрываться и для получения плотного шва расстояние между центрами сварных точек при больших скоростях сварки берётся не более 2-3 мм (шаг точек).

5. Скорость сварки  $V_{CB}$  (в м/мин) определяется по формуле:

$$V_{CB} = 2f \cdot 60 \cdot a / 1000 ,$$

где  $f = 50$  – частота тока, Гц;

$a$  – шаг точек, мм.

6. Усилие сжатия  $P_{СЖ}$  (в кгс) определяется:

$$P_{СЖ} = p \cdot F ,$$

где  $p$  – удельное, кгс/мм<sup>2</sup> (при сварке малоуглеродистой стали толщиной до 3 мм составляет 4 – 12 кгс/мм<sup>2</sup>). Большие значения соответствуют сварке деталей большей толщины и более жестким режимам.

7. Ширина рабочей контактной поверхности роликовых электродов  $v_э$  (в мм) зависит от толщины свариваемого металла  $S$  и определяется:

$$v_э = 5 \cdot \sqrt{S} + 2$$

Желательный диаметр электродов 150 – 200 мм, т.к. при меньшем диаметре увеличивается их износ. При сварке металлов толщиной менее 0,5 мм применяют электроды диаметром 40 – 50 мм. Для изготовления электродов для точечной и роликовой сварки используется медь марки М1, кадмиевая, хромистая, бериллиевая бронзы и другие сплавы.

Таблица 7.3 Расчет параметров роликовой сварки

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная Формула	Численное значение
1	Толщина свариваемого металла $S$ , мм	Приложение 7.3	
2	Плотность тока $j$ , А/мм <sup>2</sup>		
3	Диаметр отдельных точек $d_m$ , мм		
4	Площадь контакта $F$ , мм <sup>2</sup>		
5	Сила сварочного тока $I$ , А		
6	Шаг точек $a$ , мм		
7	Скорость сварки $V_{CB}$ , м/мин		
8	Удельное давление осадки $p$ , кгс/мм <sup>2</sup>		
9	Ширина рабочей контактной поверхности роликового электрода $v_э$ , мм		
10	Усилие сжатия $P_{СЖ}$ , кгс		

#### 4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульная часть.
2. Цель работы.
3. Схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.
4. Результаты расчетов параметров стыковой и роликовой контактной сварки (таблица 7.2 и 7.3).
5. Краткие выводы.

#### 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность контактной сварки?
2. Как определяется полное сопротивление сварочного контура?
3. Почему сопротивление сварочного контакта является наибольшим?

4. Перечислите основные виды контактной сварки?
5. В чем заключается сущность стыковой контактной сварки?
6. Какими способами осуществляется стыковая контактная сварка?
7. Чем отличается стыковая сварка оплавлением с подогревом от сварки непрерывным оплавлением.
8. Где используется стыковая контактная сварка?
9. В чем заключается сущность точечной контактной сварки?
10. Какие детали свариваются точечной сваркой?
11. Сущность роликовой (шовной) контактной сварки.
12. Какие детали и материалы соединяются роликовой сваркой?
13. Перечислите основные параметры стыковой контактной сварки.
14. От чего зависит сила сварочного тока при контактной сварке?
15. Какие факторы влияют на скорость роликовой сварки?
16. Из каких материалов изготавливаются электроды для контактной сварки?

**ПРИЛОЖЕНИЕ 7.1** Области применения различных способов стыковой сварки

Свариваемые заготовки			Способ стыковой сварки
Металл	Форма сечения	Размеры сечения	
Сталь, нихром, медь, алюминий, сплавы меди и алюминия	Компактное (круглое, квадратное)	Проволока диаметром до 6-8 мм, звенья це-пей диаметром до 20 мм, трубы диаметром до 40 мм при специи-альной подготовке кромок	Сопротивлением
Сталь, медь, алюминий и их сплавы; заготовки из разнородных материалов	Стержни, трубы, листы, уголки и другой профильный прокат; поковки, штамповки	Стальные стержни и толстостенные трубы до 3000 мм <sup>2</sup> , стальные листы и тонкостенные трубы до 6000 мм <sup>2</sup> и выше, рельсы	Непрерывным оплавлением
Сталь	Рельсы, трубы, прокат	Большое поперечное сечение (40000-60000 мм <sup>2</sup> и выше)	Непрерывным оплавлением
Сталь незакаливающаяся	Прутки, трубы	В мелкосерийном производстве более 300 мм <sup>2</sup> , в массовом более 1000 мм <sup>2</sup>	Оплавлением с подогревом
Сталь закаливающаяся	Прутки, трубы, прокат	От 20 мм <sup>2</sup> и выше	Оплавлением с подогревом

ПРИЛОЖЕНИЕ 7.2 Способы роликовой (шовной) сварки и их применение

Способ и его сущность	Толщина листа, мм не более	Характеристика и применение
Непрерывная – непрерывное включение тока при непрерывном вращении роликов	1,0	Сварка неответственных изделий из малоуглеродистых сталей. Перегрев роликов и заготовок, невысокое качество сварки, относительно низкая стойкость электродов
Прерывистая – прерывистое включение тока при непрерывном вращении роликов	3,0	Сварка различных сталей. Прерывистое включение тока снижает перегрев роликов и заготовок, повышает качество сварки и стойкости роликов, наиболее распространенный способ
Шаговая – включение тока при неподвижных роликах, вращение роликов при выключенном токе	3,0	Сварка алюминиевых сплавов и лакированных металлов, осуществляемая при больших силах тока. Наименьший перегрев роликов и заготовок

ПРИЛОЖЕНИЕ 7.3 Машины для стыковой контактной сварки

Основные данные	Тип машины					
	МО-301	МС-502	МО-802	МС-1602	К721А	МС-2008
Рекомендуемый диапазон сечений свариваемых заготовок из малоуглеродистой стали, мм <sup>2</sup>	50	78	120-1300	500-1400	150-1250	200
Предел регулирования вторичного напряжения, В	1,0-1,9	1,1-2,9	2,0-2,7	3,2-6,8	4-8	4,1-8,1
Номинальный сварочный ток, А	3200	5000	8000	16000		20000
Номинальная мощность, кВА	5	12,2	24,5	96,5	112,5	150
Рабочий ход подвижной части, мм	18	20	20	40		20
Усилие, кН: сжатия осадки	5,0 1,2	5,0 0,7	25 20	75 50	320 160	100 63
Производительность, контактов/ч	20	20	150	60	20	80
Расход охлаждающей воды, л/ч	-	-	-	40		200



ПРИЛОЖЕНИЕ 7.3 Исходные данные для выполнения работы по контактной сварке

№ варианта	Стыковая сварка	Непрерывная роликовая сварка	
	Диаметр свариваемого прутка d, мм	Толщина свариваемого металла S, мм	Плотность тока j, А / мм <sup>2</sup>
1	3,0	0,2	400
2	3,5	0,3	390
3	4,0	0,4	380
4	4,5	0,5	370
5	5,0	0,6	360
6	5,5	0,7	350
7	6,0	0,8	340
8	6,5	0,9	330
9	7,0	1,0	320
10	7,5	1,1	310
11	8,0	1,2	300
12	8,5	1,3	290
13	9,0	1,4	280
14	9,5	1,5	270
15	10,0	1,6	260
16	10,5	1,7	250
17	11,0	1,8	240
18	11,5	1,9	230
19	12,0	2,0	220
20	12,5	2,1	210
21	13,0	2,2	205
22	13,5	2,3	200
23	14,0	2,4	195
24	14,5	2,5	190
25	15,0	2,6	185
26	16,0	2,7	180
27	17,0	2,8	170
28	18,0	2,9	165
29	19,0	3,0	160
30	20,0	3,1	150

## Лабораторная работа № 8

**ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить технологию сварки трением и область её применения, научиться рассчитывать параметры режима сварки.

**2 ЗАДАНИЕ**

1. Привести схемы процессов сварки трением с кратким их описанием.
2. Выполнить сварку трением на токарном станке с приспособлениями, оценить качество полученного сварного соединения, рассчитать параметры режима сварки трением для трубы  $\Phi 20$  мм из малоуглеродистой стали.

**3 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**Сварка трением** – разновидность сварки давлением, при которой механическая энергия, подводимая к одной из свариваемых деталей, преобразуется в тепловую; при этом генерирование теплоты происходит непосредственно в месте будущего соединения.

Сущность способа сварки трением заключается в том, что две детали располагаются соосно в зажимах машины, одна из них закрепляется неподвижно, а вторая приводится во вращение вокруг их общей оси (рисунок 8.1).

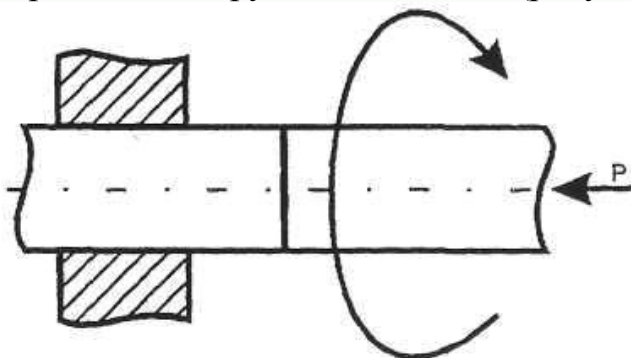


Рисунок 8.1 Схема процесса сварки трением

Процесс образования сварного соединения:

- вследствие действия сил трения сдираются оксидные плёнки;
- наступает разогрев кромок свариваемого металла до пластичного состояния, возникает временный контакт, происходит его разрушение и высокопластичный металл (металл шва) выдавливается из стыка;
- прекращение вращения с образованием сварного соединения.

На поверхности взаимного контакта деталей, прижатых осевым усилием  $P$ , возникают силы трения. Работа по преодолению этих сил при относительном вращении деталей преобразуется в тепло, которое выделяется на поверхности трения и вызывает их нагревание. После достижения необходимой

температуры (1000...1300 °С при сварке сталей) относительное перемещение деталей должно быть по возможности максимально быстро остановлено. Нагревание при этом тоже останавливается, а усилие сжатия еще некоторое время прикладывается.

Сварка трением **использует нагрев** металла при трении. При сварке трением в основном сваривают детали круглого сечения. Детали закрепляются в зажимах машины для сварки трением, прижимаются друг к другу под усилием и приводятся во вращение с относительной скоростью 700— 6000 об/мин. Вращение может быть как одной детали так и двух сразу. Торцы стержней, при сварке трением, быстро разогреваются, после чего следует быстрая осадка.

Способ **позволяет сваривать** разнородные металлы (алюминий с медью, алюминий со сталью, медь со сталью и другие). Ширина зоны влияния сварного соединения не более 2-3 мм. Особенно эффективна сварка заготовок металлорежущего инструмента сверл, метчиков из углеродистой и быстрорежущей стали.

**Достоинства** инерционной сварки трением: высокая производительность; высокие энергетические показатели процесса; высокое качество сварного соединения; стабильность качества сварных соединений; независимость качества сварных соединений от чистоты их поверхности; возможность сварки металлов и сплавов в различных сочетаниях; гигиеничность процесса; простота механизации и автоматизации; не требуется большой мощности; быстрота сварки, меньшая зона разогрева, вследствие точного дозирования энергии.

**В зоне стыка** при сварке **протекают следующие процессы**. По мере увеличения частоты вращения свариваемых заготовок при наличии сжимающего давления происходит притирка контактных поверхностей и разрушение жировых пленок, присутствующих на них в исходном состоянии. Граничное трение уступает место сухому. В контакт вступают отдельные микровыступы, происходит их деформация и образование ювенильных участков с ненасыщенными связями поверхностных атомов, между которыми мгновенно формируются металлические связи и немедленно разрушаются вследствие относительного движения поверхностей.

Этот процесс **происходит непрерывно** и сопровождается увеличением фактической площади контакта и быстрым повышением температуры в стыке. При этом снижается сопротивление металла деформации, и трение распространяется на всю поверхность контакта. В зоне стыка появляется тонкий слой пластифицированного металла, выполняющего роль смазочного материала, и трение из сухого становится граничным.

Под действием сжимающего усилия происходит вытеснение металла из стыка и сближение свариваемых поверхностей (осадка). Контактные поверхности оказываются подготовленными к образованию сварного соединения: металл в зоне стыка обладает низким сопротивлением высокотемпературной деформации, оксидные пленки утонены, частично разрушены и удалены в грат, соединяемые поверхности активированы. После торможения, когда частота вращения приближается к нулю, наблюдается некоторое понижение

температуры металла в стыке за счет теплоотвода. Осадка сопровождается образованием металлических связей по всей поверхности.

Расчеты и опыт практического применения сварки трением показывают, что ее пока **целесообразно применять** для сварки деталей диаметром от 6 до 100 мм. Наиболее эффективно применение сварки трением для изготовления режущего инструмента при производстве составных сварно-кованых, сварно-литых или сварно-штампованных деталей. Она оказывается незаменимой при соединении трудно свариваемых или вовсе не сваривающихся другими способами разнородных материалов, например, стали с алюминием, аустенитных сталей с перлитными. Эффективно применение сварки трением и для соединения пластмассовых заготовок.

Сварка трением используется для заварки днища у баллона для сжатых газов.

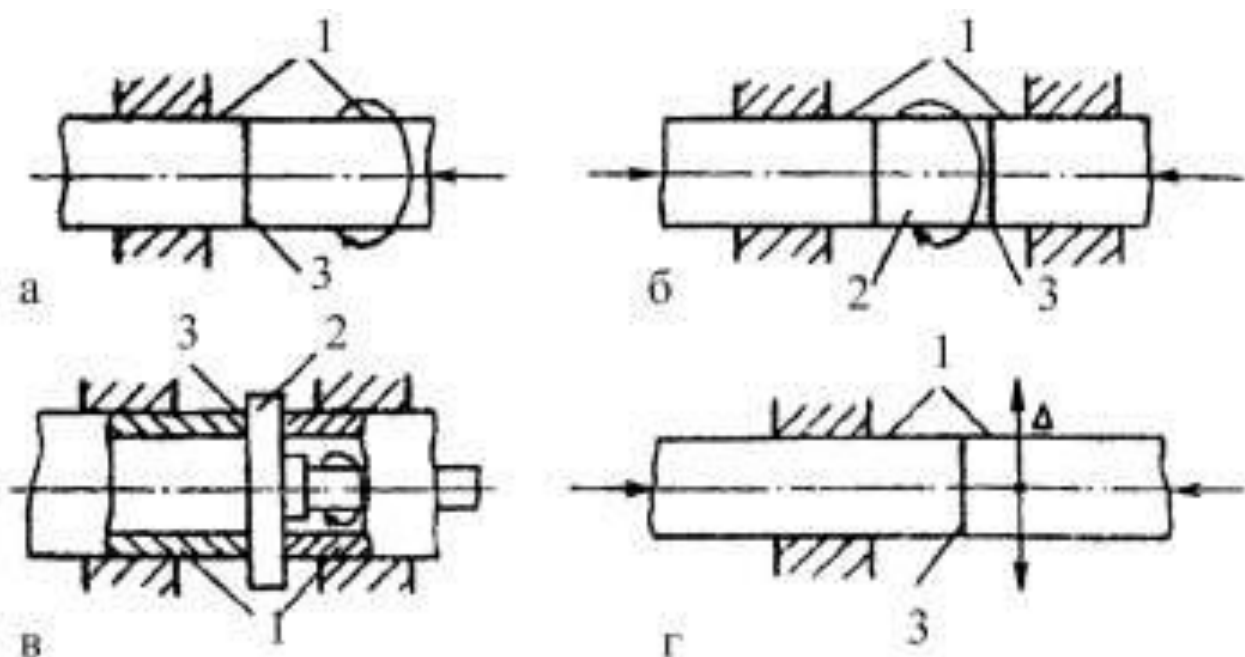


Рисунок 8.2 Схемы процесса сварки трением: 1 - свариваемые детали; 2 - вставка; 3 - зона сварки

На рисунке 2 представлены схемы процесса сварки трением: 1 — свариваемые детали, 2 — вставка, 3 — зона сварки. Теплота может выделяться при вращении одной детали относительно другой (схема а) или вставки между деталями (схемы б и в), при возвратно-поступательном движении деталей в плоскости стыка с относительно малыми амплитудами  $\Delta$  и при звуковой частоте (схема г). В процессе вращения детали прижимаются друг к другу постоянным или возрастающим давлением  $P$ . Сварка завершается осадкой и быстрым прекращением вращения.

Разновидностью сварки трением можно назвать **инерционную сварку** — вращаемую деталь закрепляют в маховике, маховик раскручивают до определенной скорости, детали соединяют, маховик останавливают.

Особенностью сварки трением является ограничение применения этого способа соединения формой и размерами сечения свариваемых деталей. При вращательном движении сварка трением позволяет получать хорошие

результаты лишь в тех случаях, когда одна из подлежащих сварке деталей представляет собой тело вращения (стержень, трубу), ось которого совпадает с осью вращения, а другая деталь обладает плоской поверхностью. Возможны следующие виды соединений, выполняемых с помощью сварки трением (рисунок 8.3): стержни встык, трубы встык, стержень встык с трубой, Т-образное соединение стержня или трубы и детали с плоской поверхностью.

Возможности применения сварки трением ограничиваются не только формой, но и размерами сечения свариваемых деталей в месте их сопряжения..

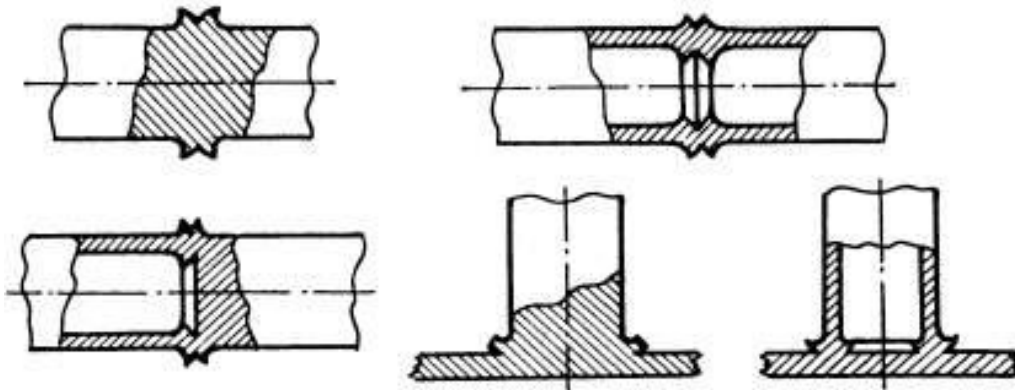


Рисунок 8.3 Типы сварных соединений, выполненных сваркой трением

Расчеты и опыт практического применения сварки трением показывают, что ее пока целесообразно применять для сварки деталей диаметром от 6 до 100 мм.

Наиболее эффективно применение сварки трением в сфере изготовления режущего инструмента при производстве составных сварно-кованых, сварно-литых или сварно-штампованных деталей. Она оказывается незаменимой при соединении трудносвариваемых или вовсе не сваривавшихся другими способами разнородных материалов, например, стали с алюминием, аустенитных сталей с перлитными и т.п.

Эффективно применение сварки трением и для соединения пластмассовых заготовок.

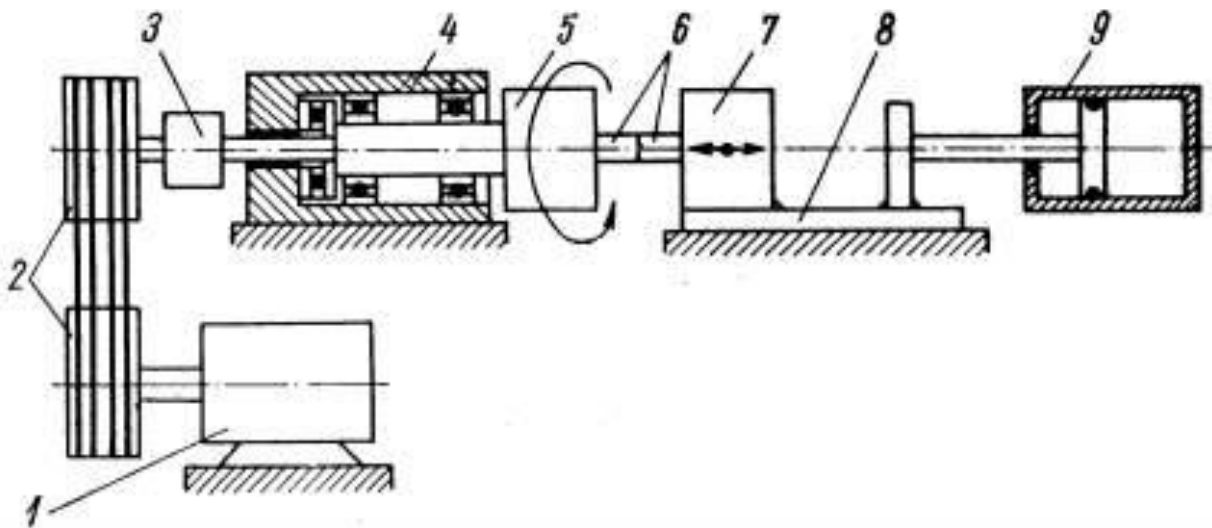


Рисунок 8.4 Принципиальная конструктивно-кинематическая схема машины для сварки трением.

Машины для сварки трением обычно содержат в себе следующие основные узлы (рисунок 8.4): привод вращения шпинделя 1 с ременной передачей 2; фрикционная муфта 3 для сцепления шпинделя с приводным устройством; тормоз 4 для торможения шпинделя; два зажима для крепления свариваемых заготовок 7; передняя бабка 5 со шпинделем, несущим на себе вращающийся зажим 6; задняя бабка 8 с неподвижным зажимом; пневматические или гидравлические цилиндры 9, обеспечивающие создание необходимого рабочего (осевого) давления машины; пневматическая, пневмогидравлическая или гидравлическая схема управления силовым приводом машины; шкаф управления.

Разновидностью сварки трением является инерционная сварка, комбинированная сварка, вибрационная сварка и орбитальная сварка.

**В инерционной сварке** энергия передается детали не непосредственно от электродвигателя, а от заранее разогнанного до заданной угловой скорости маховика. После сцепления вращающегося маховика со шпинделем с закрепленной деталью, к торцу которой постоянным осевым усилием поджата вторая свариваемая деталь, система тормозится силой трения до полной остановки. В этом случае, в отличие от классического способа сварки, процесс тепловыделения протекает при скорости относительного вращения, изменяющейся от начальной скорости маховика до нуля.

Интересно применение **комбинированной сварки** трением, при которой первая стадия осуществляется при вращении детали от электродвигателя с обычной для классического способа линейной скоростью до износа всех неровностей поверхности, а вторая – при вращении детали от маховика, разогнанного до той же скорости на первой стадии процесса. В этом случае удается реализовать положительную специфику инерционной сварки, избавившись от ее минусов: высокой скорости вращения и связанными с этим трудностями создания оборудования и высокими требованиями к предварительной подготовке поверхности.

Особый интерес представляет **вибрационная сварка**, при которой торец одной из деталей совершает возвратно-поступательное движение относительно другой неподвижной детали. Однако реализация требующейся при этом частоты колебаний (100 и более Гц), при наличии массивных зажимных устройств машины и самой свариваемой детали, достаточно сложна.

**Перемешивающая сварка трением (ПСТ)** является одним из новейших способов сварки (запатентована в 1991 году). Она выполняется торцом вращающегося инструмента, перемещающегося в направлении сварки (рисунок 8.5). Диаметр инструмента выбирается несколько меньшим, чем глубина сварки. Рабочая поверхность инструмента имеет специальный профиль (рисунок 8.6). Пластифицированный тепловыделением металл за счет сил трения закручивается относительно оси вращения инструмента. В процессе перемещения инструмента по стыку свариваемых поверхностей происходит перемешивание и перенос металла с формированием сварного шва. ПСТ целесообразно использовать для сварки материалов толщиной 1,6...30мм. Технология ПСТ наиболее широко используется для сварки алюминиевых сплавов. К другим материалам, сва-

риваемым перемешивающей сваркой трением, относятся: медь и ее сплавы, свинец, магниевые сплавы, стали, сплавы на титановой и никелевой основах, термопластичные полимеры.

Основными преимуществами ПСТ являются:

- высокая прочность сварного шва;
- отсутствие необходимости в присадочной проволоке;
- малый расход энергии;
- отсутствие пористость;
- отсутствие особых требования к процессу сварки;
- отсутствие необходимости в механической обработке после сварки;
- практически полное отсутствие коробления и термических деформаций;
- уменьшение производственного цикла на 50...75% по сравнению с обычными способами сварки;
- не требуется подготовка кромок под сварку и обработки шва после нее.

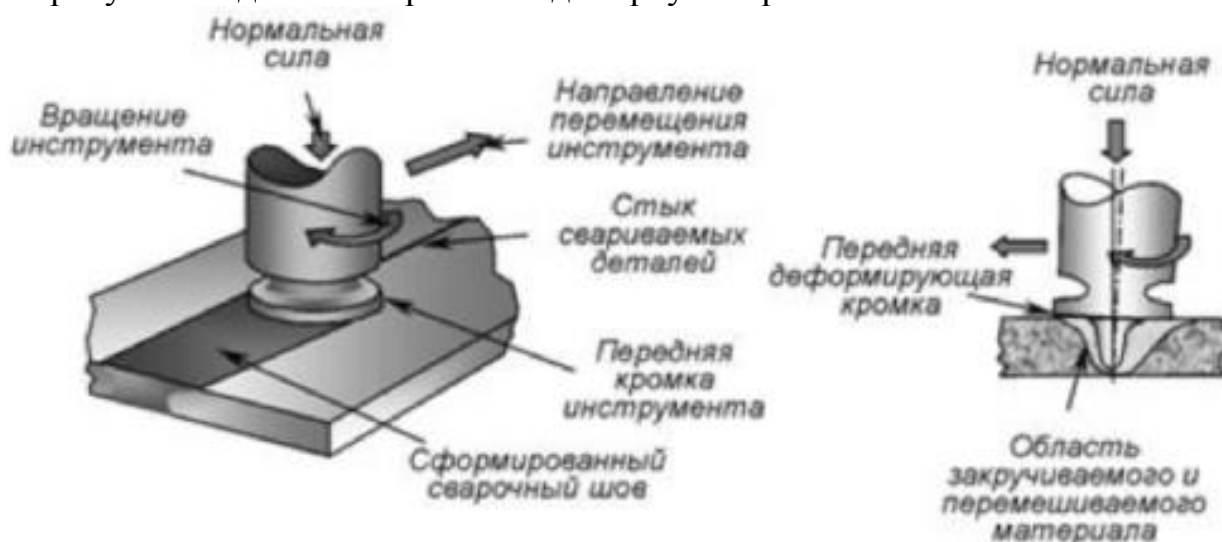


Рисунок 8.5 Схема ПСТ.



Рисунок 8.6 Рабочие части инструментов используемых при ПСТ: а – традиционная конструкция инструмента; б – инструмент для получения глубоких швов; в – инструмент со специальной формой торца. Показан намазанный на выступ свариваемый металл.

Сварка может выполняться в различных позициях (вертикальной, горизонтальной, под наклоном, снизу вверх и т.д.), поскольку силы гравитации,

в данном случае, не играют никакой роли. Перемещение инструмента или детали может производиться в различных направлениях и по программе.

#### 4 КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО СВАРИВАЕМОСТИ ТРЕНИЕМ

Все металлические материалы или пары материалов целесообразно разделить на три группы, материалы, хорошо свариваемые; материалы, условно свариваемые, хорошее соединение которых обеспечивается специальными конструктивными или технологическими мерами; материалы, не свариваемые даже при применении дополнительных конструктивных или технологических мер.

Для получения соединения трудносвариваемых материалов применяется принудительное формирование соединений с помощью матриц, которое особенно эффективно при сварке материалов с резко различающимися пластическими свойствами.

Несвариваемые материалы иногда удается соединить с помощью прослойки, хорошо сваривающейся с материалами обеих деталей, подлежащих соединению.

Возможность получения при помощи сварки трением соединений большого ряда материалов, как одноименных, так и разноименных, позволяет удачно использовать этот процесс при изготовлении составных деталей из материалов с различными свойствами с целью замены дорогих или дефицитных материалов более простыми и дешевыми, а также повышения долговечности и надежности деталей. Проведенные исследования позволили разработать технологические процессы сварки трением быстрорежущих, жаропрочных сталей и сплавов с поделочными сталями, алюминия с нержавеющей сталью, титаном, никелем и медью.

#### 5 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ ТРЕНИЕМ

Частота вращения является одним из главных регулируемых параметров. При увеличении  $n$  толщина пластифицированного слоя уменьшается, слой становится более однородным, динамические прочностные характеристики соединения повышаются.

Частота вращения подсчитывается по оптимальной  $v$ , м/с: для черных металлов 2,6...3, для алюминия и меди ~ 2, для титана 4...5.

Удельное давление притирки назначается для улучшения условий работы машины сварки трением. Обычно  $P_{\text{п}} = (0,15-0,20)P_{\text{н}}$ . Для углеродистых сталей  $P_{\text{п}} = 10$  МПа. Время притирки  $t_{\text{п}} = (1-3)$  с.

Удельное давление нагрева  $P_{\text{н}}$  при сварке трением углеродистой и низколегированной сталей выбирают в пределах 30...60 МПа, жаропрочных и инструментальных 60... 120, алюминиевых сплавов 7...23, алюминия с медью 40...60, алюминия с коррозионностойкой сталью 6,4...12,2 и титановых сплавов  $\leq 18$  МПа.



Как показывает практика, при сварке металлов в однородном сочетании  $R_n$  можно изменять в очень широких пределах, получая при этом достаточно высокое качество сварного соединения. При сварке трением разнородных металлов оптимальное значение  $R_n$  следует выбирать из условия получения скорости деформации и, обеспечивающей одинаковую степень деформации обеих заготовок.

Время торможения должно быть достаточно коротким, чтобы пластическое течение металла из зоны соединения не успело приобрести устойчивый характер. Интенсивное течение металла и быстрое охлаждение делают невозможным релаксацию напряжений в зоне соединения, что приводит к уменьшению прочности или разрушению соединения сразу же после завершения процесса сварки. Время торможения следует назначать из условия, чтобы  $E_t \geq 2500 \text{ рад/с}^2$ .

## 6 ПРИМЕНЕНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ

Мировой опыт применения сварки трением позволяет сделать вывод, что этот вид сварки - один из наиболее интенсивно развивающихся технологических процессов, особенно в странах с высоким уровнем развития промышленности.

Сварка трением, в отличие от контактной точечной сварки, не требует использования охлаждающей эмульсии и сжатого воздуха. Резко снижается энергопотребление. Капиталовложения в оборудование для сварки трением на 40% ниже, чем на оборудование для контактной сварки. При ее выполнении не требуется предварительной очистки рабочих поверхностей, отсутствует разбрызгивание расплавленного металла.

Сварка трением широко внедрена в ведущих отраслях производства при изготовлении. Сварка трением с перемешиванием применяется в строительстве для изготовления жестких крупных панелей стен, фасадов и других компонентов сооружений. В автомобилестроении — деталей рулевого управления, карданных валов легковых и грузовых автомобилей, полуосей, картеров задних мостов автомобилей, клапанов двигателей внутреннего сгорания, цилиндров гидросистем и другие. В тракторостроении — деталей рулевого управления, планетарных передач, валов отбора мощности, катков, траков, роторов турбонагнетателей дизельного двигателя и другие. В электропромышленности — деталей высоковольтной аппаратуры, выводов бумагомасляных конденсаторов, кислотных аккумуляторов и анодов игнитронов, поршней пневмоцилиндров сварочных машин и другие. В инструментальном производстве — при массовом изготовлении концевых режущего инструмента (фрезы, сверла, метчики).

Некоторые примеры применения сварки трением приведены на рисунке 8.7.

## 7 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ

Качество соединения зависит в основном от таких факторов, как соответствие параметров режима сварки трением оптимальным; подготовка

контактных поверхностей; соответствие материалов заготовок и их термической обработки заданным.

Контроль параметров режима в процессе сварки трением разделяется на пассивный и активный. При пассивном контроле только регистрируются параметры режима сварки трением. При активном контроле наряду с регистрацией выполняется их корректировка по времени путем сравнения их с запрограммированными величинами. При значительном отклонении параметров режима от заданных и невозможности их корректировки, система останавливает машину и индуцирует причину на цифровое табло или дисплей.

**Разрушающие** методы контроля применяются при разработке технологического процесса и как выборочные для контроля ответственных деталей I категории. Для оценки механических свойств соединений, полученных трением, применяются следующие виды испытаний: на растяжение, кручение, изгиб, загиб, ударный изгиб и усталостную прочность, измерение твердости, макро- и микроструктурный анализ. Все перечисленные методы позволяют комплексно оценить структуру и свойства соединений, однако, наиболее достоверными, как уже было отмечено, следует считать испытания на ударный изгиб и циклическую прочность.

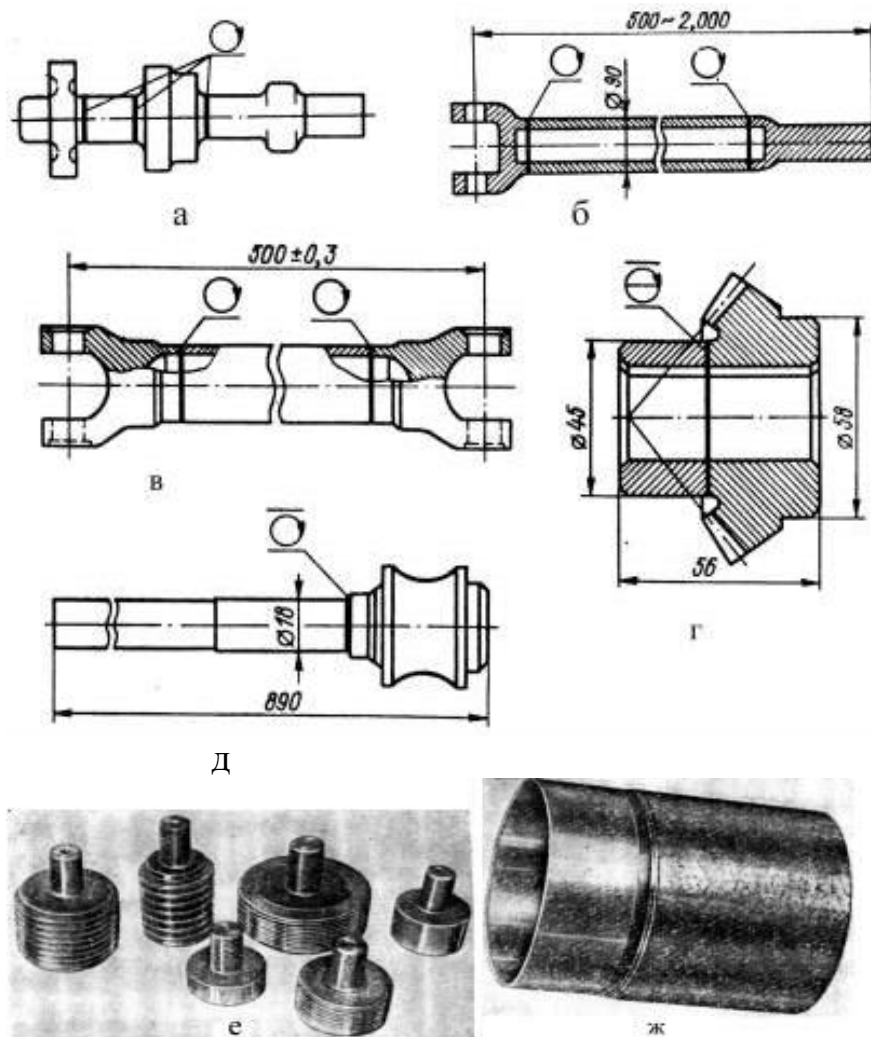


Рисунок 8.7 Примеры применения сварки трением:

а - промежуточный вал коробки передач автомобиля; б - карданный вал тяжёлого грузового автомобиля; в - карданный вал автомобиля «Форд»; г – коническое зубчатое колесо с удлинённой ступицей; д - вал рулевого управления легкового автомобиля; е - гладкие и резьбовые калибры; ж - сталеалюминиевый трубчатый переходник диаметром 90 мм с толщиной стенки 4 мм.

**Неразрушающие** методы контроля, используемые на практике, такие, как магнитная и ультразвуковая дефектоскопии, гамма- и рентгеноскопия, недостаточно надежны при выявлении дефектов, характерных для соединений, полученных трением. Представляет интерес контроль соединений вихревыми токами и акустический метод контроля по величине энергии диссипации. Указанные методы бесконтактны, имеют достаточное быстродействие и могут встраиваться в машины сварки трением для стопроцентного контроля всех сваренных деталей после удаления грата.

## 8 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ О РАБОТЕ

1. Привести схему и описание процесса получения сварного соединения сваркой трением.
2. Указать, какие металлы и какого размера свариваются сваркой трением.
3. Выполнить примерные расчеты режимов сварки.
4. Сделать краткие выводы по результатам работы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сварка. Том 1-2. Развитие сварочной технологии и науки о сварке. Технологические процессы, сварочные материалы и оборудование. Комов В.В , 1990. - 536 с.
3. Ольшанский Н.А. , Николаев Г.А. «Специальные методы сварки». М. , «Машиностроение » , 1999. 232 с.
4. «Теоретические основы сварки». М., Высшая школа, 2004. 592стр.
5. Герасименко А.И., «Справочник электросварщика», Профессиональное мастерство, 2009 . 271с.
6. Моисеенко В.П., «Материалы и их поведение при сварке», Высшее образование . 2009.128с.
7. Арзамасов В.Б., Черепяхин А.А., Кузнецов В.А., Шлыкова А.В., Пыжов В.В., «Технология конструкционных материалов», Профессиональное образование, 2008 г. -167с.

Лабораторная работа № 9

## КОНТРОЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ СВАРНОГО ШВА УНИВЕРСАЛЬНЫМ ШАБЛОНОМ СВАРЩИКА

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1 Изучение элементов разделки под сварной шов и элементов сварного шва.
- 1.2 Приобретение практических навыков по контролю:
  - элементов разделки под сварной шов;
  - элементов сварного шва.
- 1.3 Изучение устройства и принципа работы универсального шаблона сварщика УШСЗ.

### 2 ЗАДАНИЕ

- 2.1 Изучить элементы разделки под сварной шов и элементы сварного шва.
- 2.2 Изучить принцип работы универсального шаблона сварщика.
- 2.3 Произвести контроль:
  - 2.3.1 Глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоты усиления шва;
  - 2.3.2 Зазора между свариваемыми изделиями;
  - 2.3.3 Притупления и ширины шва;
  - 2.3.4 Углов скоса кромок.

### 3 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- 3.1 Универсальный шаблон сварщика (индикатор) УШСЗ.
- 3.2. Комплект сварных изделий (пластин) с элементами разделки кромок и элементами сварного шва.
- 3.3 Методические указания, плакаты.

### 4 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 4.1 Элементы разделки кромок и элементы сварного шва

Формы поперечного сечения подготовленных кромок и выполненного шва при ручной дуговой сварке установлены ГОСТ 5264-84 и ГОСТ 11534-75. Форма разделки кромок определяются толщиной свариваемого металла и положением шва в пространстве (рисунок 9.1).

Стыковое соединение без разделки кромок (рисунок 9.1, *a*) рекомендуется для толщин металла не более 3 мм. Наличие зазора обеспечивает полное протравление. При  $s = 1 \dots 2$  мм зазор  $a$  должен быть равным  $0 \dots 1$  мм, при  $s = 3$  мм должен составлять 1,5 мм.

Стыковые соединения с V-образной разделкой кромок (рисунок 9.1, б) рекомендуются для толщин 3...21 мм. Если толщина больше (до 30 мм) или необходимо уменьшить угловые деформации и площадь сечения шва, то применяют стыковые соединения с X-образной разделкой кромок (рисунок 9.1, в). При этом необходимо иметь в виду, что сварка такого соединения требует доступа к нему с двух сторон.

Из угловых соединений (рисунок 9.1, г, д, е) соединение типа г рекомендуется для толщин не более 8 мм, типа д – для толщин не более 26 мм, типа е – для больших толщин.

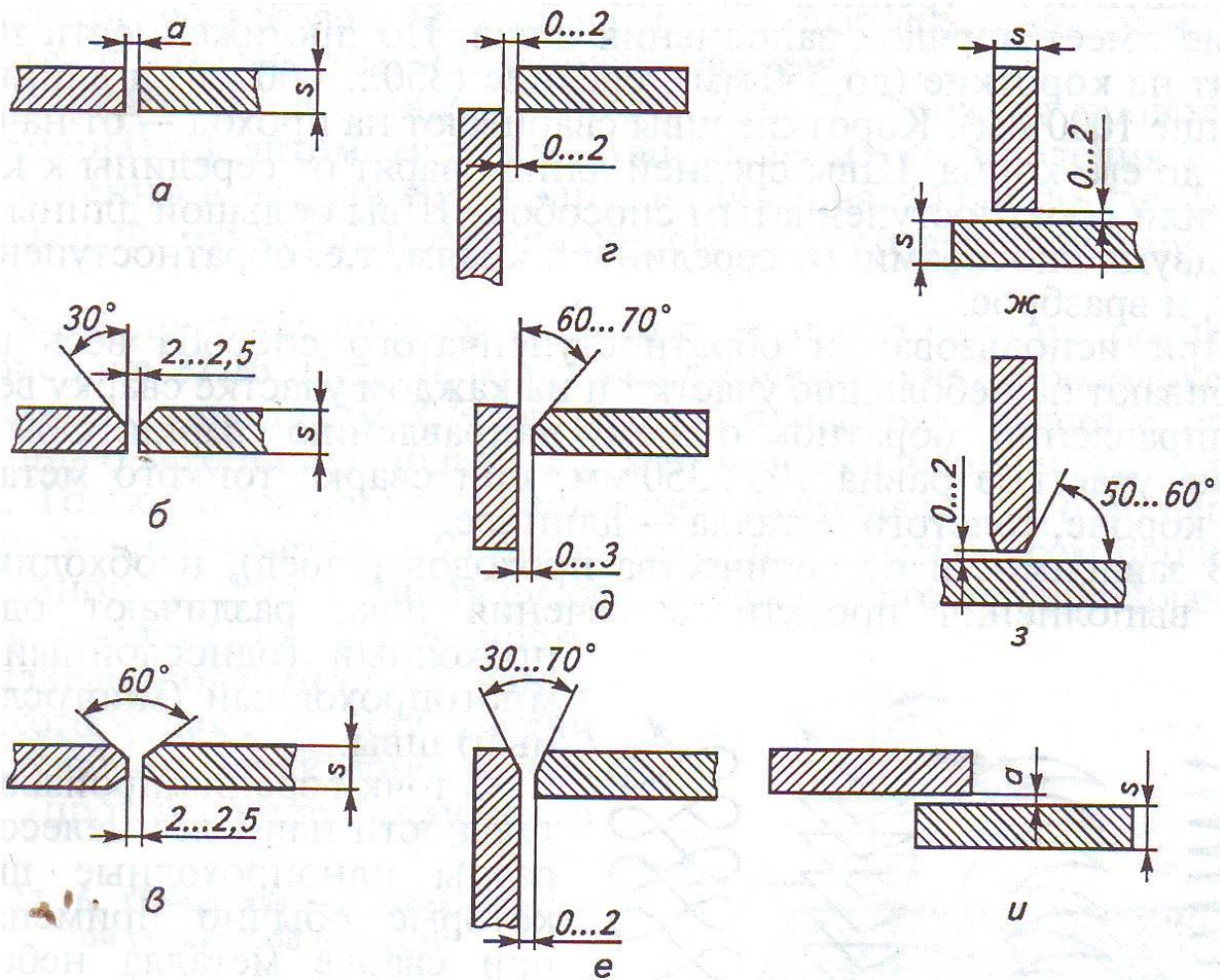


Рисунок 9.1 Рекомендуемые типы соединений для ручной дуговой сварки  
а, б, в – стыковые; г, д, е – угловые; ж, з – тавровые; и – внахлестку

Тавровые соединения, изображенное на рисунке 9.1, ж, рекомендуется для толщины не более 5...6 мм. Если толщина больше, то с вертикально расположенной детали снимают двусторонние фаски (рисунок 9.1, з).

Нахлесточное соединение (рисунок 9.1, и) применяют при  $s = 2...6$  мм. Допустимый зазор  $a = 0...4$  мм. В отличие от стыкового соединения нахлесточное облегчает сборку сварных узлов, однако из-за несоосности соединяемых деталей при работе в таких соединениях возникает изгибающий момент, снижающий прочность соединения, особенно из высокопрочных материалов. Нахлесточное соединение нерационально как с точки зрения уменьшения расхода металла, так и снижения массы конструкции. В



нахлесточном, тавровом и угловом соединениях выше вероятность образования трещин при сварке.

#### 4.2 Назначение универсального шаблона сварщика УШСЗ

Универсальный шаблон сварщика (индикатор) УШСЗ (в дальнейшем – шаблон) предназначен для контроля элементов разделки под сварной шов, электродов и элементов сварного шва.

Шаблон состоит из основания 1, соединенного осью 4 с движком 2 и закрепленного на движке указателя.

Общий вид шаблона представлен на рисунке 9.2.

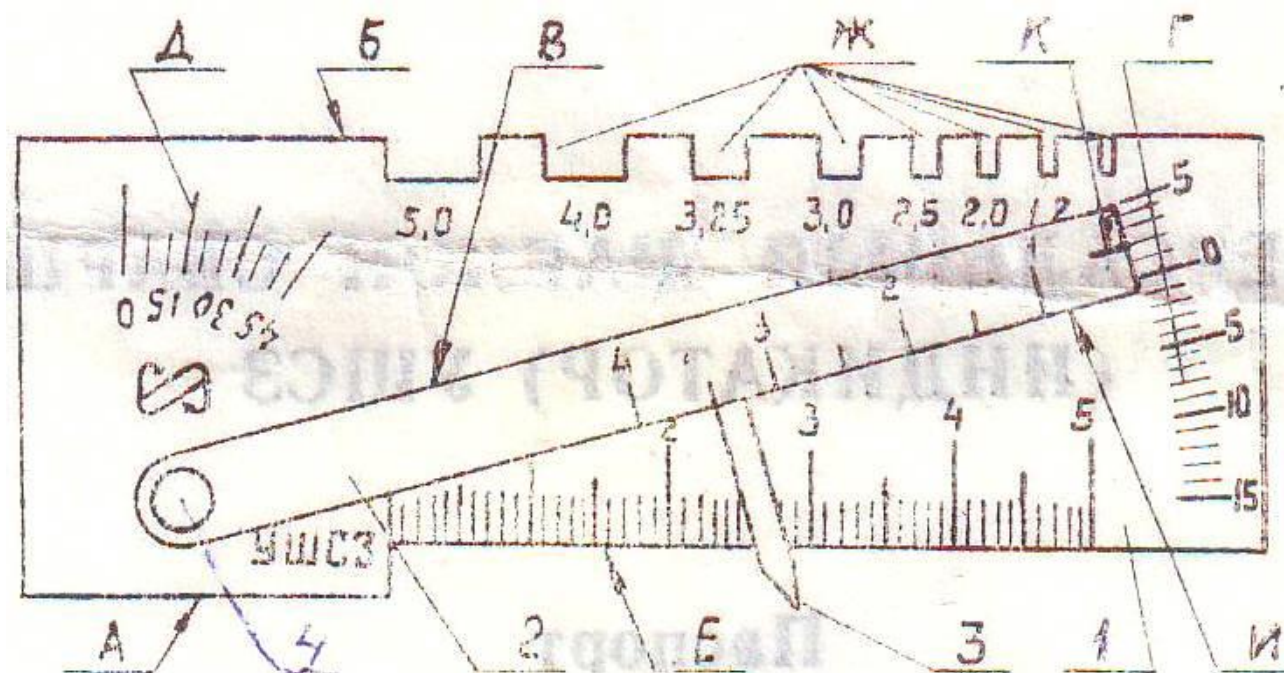


Рисунок 9.2 Универсальный шаблон сварщика УШСЗ

1 – основание; 2 – движок; 3 – указатель; 4 – ось; А, Б, В – установочные поверхности шаблона; Г, Д, Е, И – шкалы; Ж - пазы

Показатели назначения:

Шкала Г – предназначена для контроля глубины дефектов (вмятин, забоев), глубины разделки шва до корневого слоя, превышения кромок ( $0...15\pm 0,5$  мм), контроль высоты усиления шва ( $0...5\pm 0,5$  мм);

Е – предназначена для контроля величины притупления и ширины шва ( $0...50\pm 0,15$  мм);

И – предназначена для контроля зазора ( $0,5...4,0\pm 0,25$  мм);

Д – предназначена для контроля углов скоса кромок ( $0...45\pm 2,5$  градусов);

Пазы Ж – для определения номинального значения диаметра электрода (1,0; 1,2; 2,0; 2,5; 3,0; 3,25; 4,0; 5,0 мм).

#### 4.3 Принцип работы шаблона

Контроль производится следующим образом.

Контроль глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоту усиления шва производят

при установке шаблона поверхностью А на изделие, затем поворотом движка 2 вокруг оси 4 ввести указатель 3 в соприкосновение с измеряемой поверхностью. Результат считывается против риски К по шкале Г.

Контроль зазора производится введением движка 2, его клиновидной части в контролируемый зазор. По шкале И, нанесенной на движке считывается результат.

Контроль притупления шва, ширины шва производить при помощи шкалы Е, пользуясь ею как измерительной линейкой.

Контроль углов скоса кромок производится при установке шаблона поверхностью Б на образующую изделия. Затем, поворотом движка 2 совместить без зазора его поверхность В с измеряемой поверхностью. Результат считывается по шкале Д против поверхности движка В.

Определение диаметров электродов производится с помощью пазов Ж.

## 5 ПОРЯДОК РАБОТЫ

5.1 Ознакомиться с методическим указанием.

5.2 Для выданного сварного изделия (пластины) произвести контроль:

5.2.1 Глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоту усиления шва;

5.2.2 Зазора между свариваемыми изделиями;

5.2.3 Притупления и ширины шва;

5.2.4 Углов скоса кромок.

5.3 Все полученные данные занести в протокол работы.

5.4 Оценить качество выполненного шва. Определить внешним осмотром состояние сварного шва.

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя краткий конспект основных теоретических положений, а также протокол проведения работы.

## 7 ОТЧЕТ О РАБОТЕ

Таблица 9.1 Протокол проведенных контрольных измерений

Положение и эскиз сварного соединения (в разрезе)	Глубина дефекта, мм	Высота усиления шва	Зазор между свариваемыми изделиями	Притупление шва	Ширина шва	Угол скоса кромок

## Лабораторная работа № 10

**ИЗУЧЕНИЕ И РАБОТА НА ДУГОВОМ ТРЕНАЖЕРЕ СВАРЩИКА****1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Тренировка и начальное обучение приемам сварки с контактным возбуждением сварочной дуги.
2. Приобретение практических навыков:
  - по возбуждению и поддержанию определенной длины дугового промежутка;
  - по поддержанию пространственного положения имитатора ручного инструмента (горелки) по отношению к поверхности свариваемой детали;
  - по поддержанию скорости сварки.
3. Изучение конструкции и принципа действия дугового тренажера сварщика ДТС-02.

**2 ЗАДАНИЕ**

1. Изучить физические основы сварки с контактным возбуждением сварочной дуги, применяемое при этом оборудование и материалы.
2. Изучить технологию работы на дуговом тренажере сварщика.
3. Сымитировать процесс сварки с помощью реальной малоамперной сварочной дуги.
4. Задать исходные параметры имитируемого сварочного процесса (длины дугового промежутка, тепловложение, угол наклона электрода).
5. Зарегистрировать на персональном компьютере информацию о тренировочном сеансе по параметрам (длине дугового промежутка, углу наклона электрода, скорости сварки).

**3 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

1. Дуговой тренажер сварщика ДТС-02.
2. Персональный компьютер.
3. Средства защиты.
4. Имитатор изделия (пластина 1,4x80x340 мм).
5. Методические указания.

**4 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

1. К работе с тренажером допускаются лица, изучившие инструкцию по технике безопасности.
2. Категорически запрещается включать какие-либо установки без разрешения преподавателя или учебного мастера.
3. В процессе работы студент должен находиться на своем рабочем месте и не отвлекать от работы других.
4. Рабочее место должно быть оснащено вытяжкой.



5. При работе с тренажером необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- запрещается касаться имитатором ручного инструмента любых металлических заземленных предметов;
- запрещается эксплуатировать тренажер в разобранном состоянии;
- запрещается проводить сеансы тренажа, без использования светозащитного стекла, которое должно находиться на защитной маске сварщика;
- запрещается подключать кабели при включенном персональном компьютере.

6. Перед началом работ необходимо проверить состояние изоляции проводов, качество соединений контактов сварочных кабелей и заземляющих проводов. Не допускаются применение тренажера, находящегося под напряжением, а также эксплуатация тренажера со снятыми элементами кожуха и при наличии механических повреждений изоляции токоведущих частей и органов управления.

7. После окончания работы студент обязан выключить установку и убрать свое рабочее место.

## 5 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Дуговой тренажер сварщика ДТС-02 предназначен для тренировки и начального обучения электросварщиков приемам сварки с контактным возбуждением сварочной дуги. Тренажер имитирует три способа сварки:

- электродом с покрытием;
- неплавящимся электродом;
- полуавтоматом в среде защитных газов.

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения каких-либо твердых материалов путем их местного плавления или пластического деформирования, в результате чего образуются прочные связи между атомами свариваемых материалов.

При сварке плавящимся электродом (электродом с покрытием) шов образуется за счет расплавления основного металла и металла плавящегося электрода. Дуга питается от источника переменного тока обычной, повышенной и высокой частоты или источника постоянного тока. Сварку на постоянном токе можно выполнять при прямой и обратной полярности.

При сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом шов образуется за счет плавления только основного или основного и присадочного металлов. Для питания дуги применяют постоянный и реже переменный ток

При полуавтоматической сварке в среде защитных газов подача электродной проволоки механизирована, но перемещение ее вдоль свариваемых кромок осуществляют вручную.

Одними из основных параметров при сварке с контактным возбуждением сварочной дуги являются:

- длина дугового промежутка;

- угол наклона электрода;
- скорость сварки.

## 5 ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ШВОВ

### 5.1 Зажигание сварочной дуги.

Применяются два способа зажигания дуги покрытыми электродами – способ прямого отрыва и отрыва по кривой. Первый способ называют также зажиганием впритык, а второй – чирканьем. Первый способ чаще всего применяется при сварке в неудобных и узких местах.

### 5.2 Длина дуги.

Горение дуги должно поддерживаться так, чтобы ее длина оставалась постоянной. Правильно выбранная длина дуги оказывает существенное влияние на качество сварного шва и на производительность процесса сварки.

Умение поддерживать дугу постоянной длины свидетельствует о квалифицированности сварщика.

Длина дуги считается нормальной, если она равна 0,5...1 диаметра стержня электрода.

### 5.3 Положение электрода.

Наклон электрода при сварке выбирается в зависимости от пространственного положения сварных швов, толщины и химического состава свариваемого металла, диаметра электрода, толщины и вида его покрытия.

Сварка может вестись в четырех направлениях (рисунок 10.1): слева направо, справа налево, от себя и к себе.

При сварке в нижнем положении на горизонтальной плоскости этот угол должен составлять 15 градусов от вертикали в сторону ведения шва (рисунок 10.1, б).

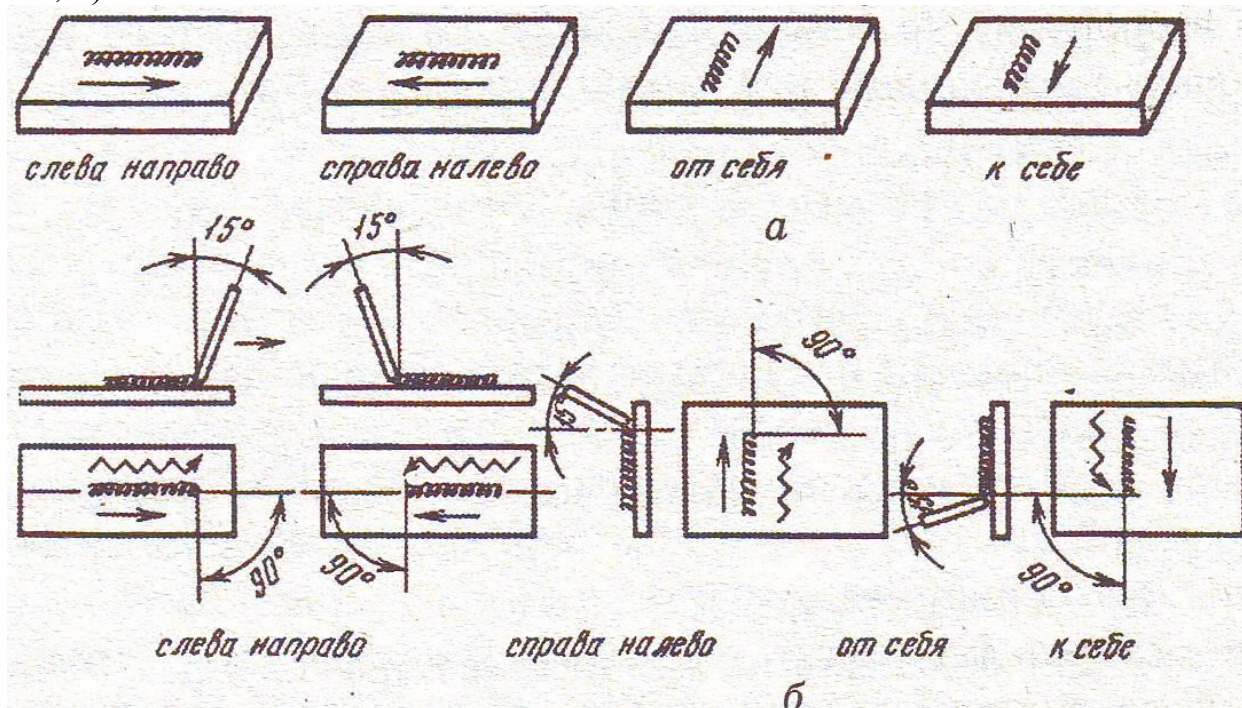


Рисунок 10.1 Направление сварки (а) и наклон электрода (б)

#### 5.4 Колебательные движения электродом.

Для получения валика нужной ширины должны производиться поперечные колебательные движения электрода.

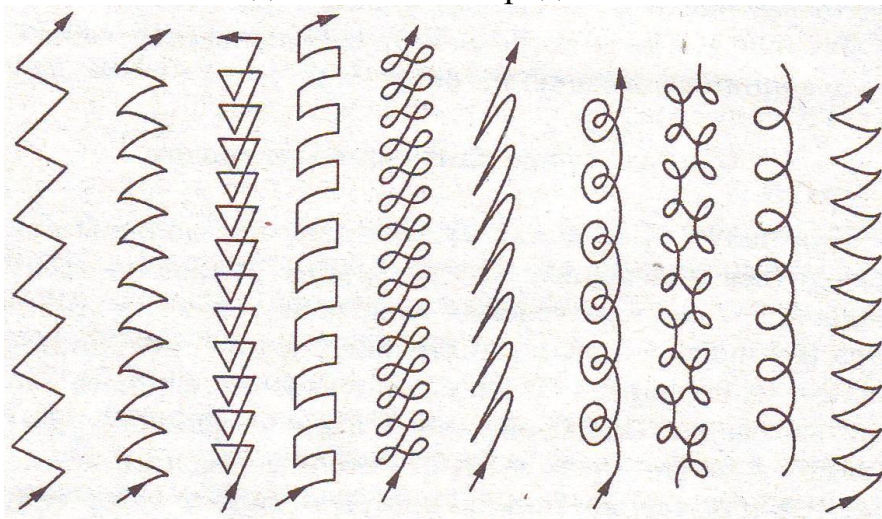


Рисунок 10.2 Траектория движения конца электрода при наплавке уширенных валиков

#### 5.5 Окончание шва.

Заканчивая шов, нельзя сразу обрывать дугу – на поверхности металла останется сварочный кратер. Кратер может привести к возникновению трещины.

Лучшим способом окончания шва является прекращение подачи электрода вниз и медленное удлинение дуги до ее обрыва.

### 6 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

1. Установить тренажер на рабочем месте (необходимо учесть, что расстояние между ДТС-02 и штативом с имитатором изделия должно быть не менее 1 м).

2. Установить имитатор изделия (пластину) (поз. 1, рисунок 10.4) в штатив (поз. 2, рисунок 10.4).

3. Установить необходимое пространственное положение имитатора изделия.

4. Собрать тренажер в соответствии со схемой, приведенной в приложении Б рисунок Б1.

5. Подключение сигнального кабеля (поз. 2, рисунок 10.5) и кабеля изделия (поз. 1, рисунок 10.5) произвести в соответствии с рисунком 3. При этом, короткий вывод сигнального кабеля (поз. 2, рисунок 10.5) подключается к центральной клемме, а длинные – к крайним



Рисунок 10.3 Установка штатива на столе



клеммам в произвольном порядке. При подключении к центральной клемме сначала подключить кабель изделия (поз. 1, рисунок 10.5), а затем сигнальный кабель (поз. 2, рисунок 10.5).

6. Разъем DB15 сигнального кабеля – к соответствующему гнезду задней панели тренажера (поз. 6, рисунок 10.6).

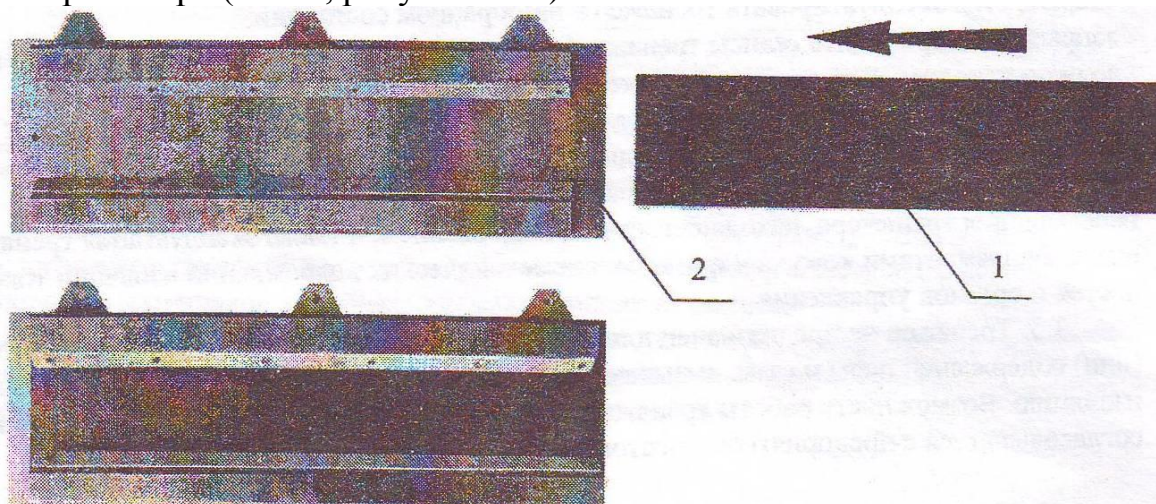


Рисунок 10.4 Установка имитатора изделия

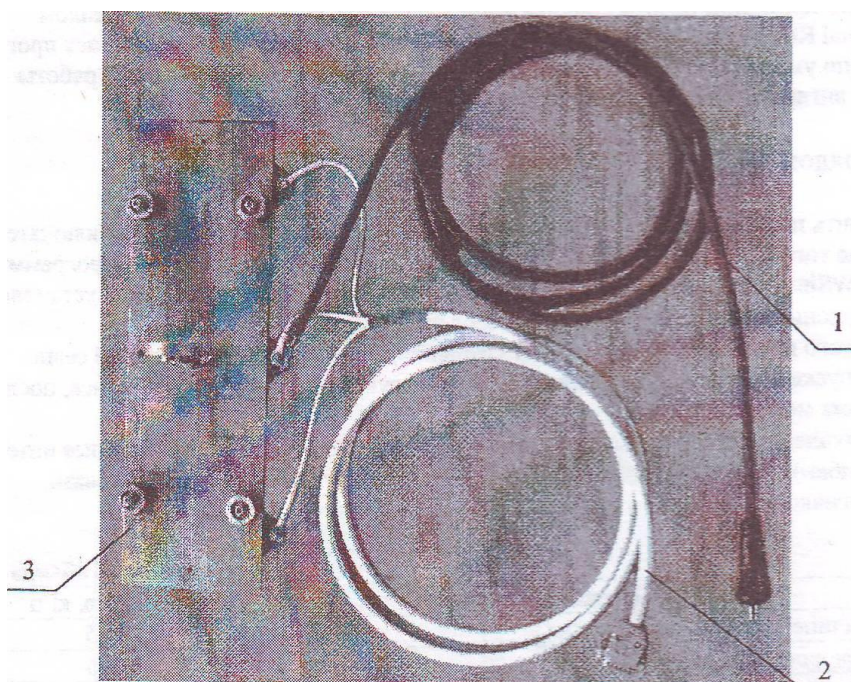


Рисунок 10.5 Подключение сигнального кабеля

7. Разъемы имитатора ручного инструмента с датчиком наклона – к соответствующим гнездам, расположенным на передней панели тренажера (поз. 4, 5, рисунок 10.6).

8. Разъем кабеля изделия – к соответствующему гнезду, расположенному на передней панели тренажера (поз.1, рисунок 10.6).

9. Кабель «DB9M-DB9F» - к разъему «Сигнал» на задней панели тренажера (поз. 7, рисунок 10.6). Разъем DB9M кабеля «DB9M-DB9F» - к свободному разъему DB9F COM порта персонального компьютера.

10. Разъем наушников через переходник к соответствующему гнезду на передней панели тренажера (поз. 2, рисунок 10.6).

11. Подключить кабели питания персонального компьютера, принтера и сварочного источника тока к сети с напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

12. Включить персональный компьютер, установить программу WWWSim.exe, запустив файл WWWSim72\_Setup.exe.

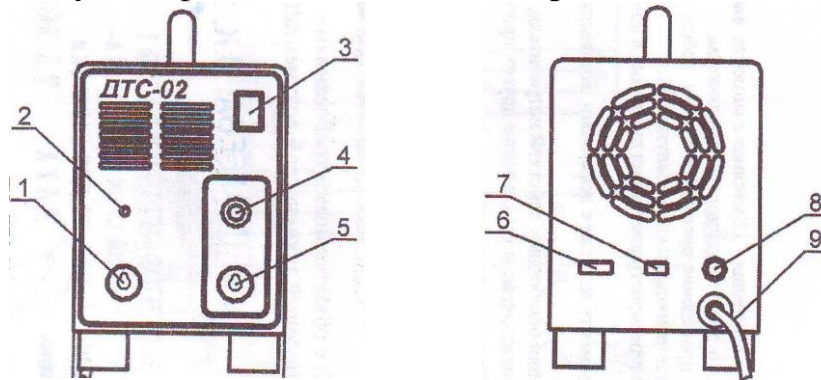


Рисунок 10.6 Общий вид дугового тренажера сварщика ДТС-02

1, 5 – токовые разъемы; 2 – разъем для подключения головных телефонов; 3 – выключатель «Сеть»; 4 – Разъем «Датчик»; 6 – разъем имитатор изделия; 7 – разъем «Сигнал»; 8 – предохранитель «3,15 А»; 9 – сетевой кабель с проводом заземления и евровилкой

#### 7 ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Включить персональный компьютер.
2. Включить тренажер при помощи выключателя «Сеть».
3. После того как персональный компьютер загрузит систему, запустить программу тренажа WWWSim.exe на выполнение.
4. Ввести регистрационную информацию и установить граничные значения контролируемых параметров тренировочного сеанса.
5. Надеть маску сварщика, запустить сеанс (при запуске тренировочного сеанса поступит звуковой сигнал начала сеанса, после которого можно возбудить дугу).
6. Выполнить программу тренажа.
  - 6.1 При нарушении контролируемых параметров через наушники будут поступать сигналы различной тональности:
    - по длине дуги – звук низкой тональности;
    - по скорости сварки – звук средней тональности;
    - по углу наклона – звук высокой тональности.
  - 6.2 Текущие результаты тренажа отображаются в виде графика временной зависимости длины дуги. Если длина дуги находится в допустимых пределах, то цвет графика зеленый. Если длина дуги выходит за установленные пределы, то цвет графика изменяется на красный.



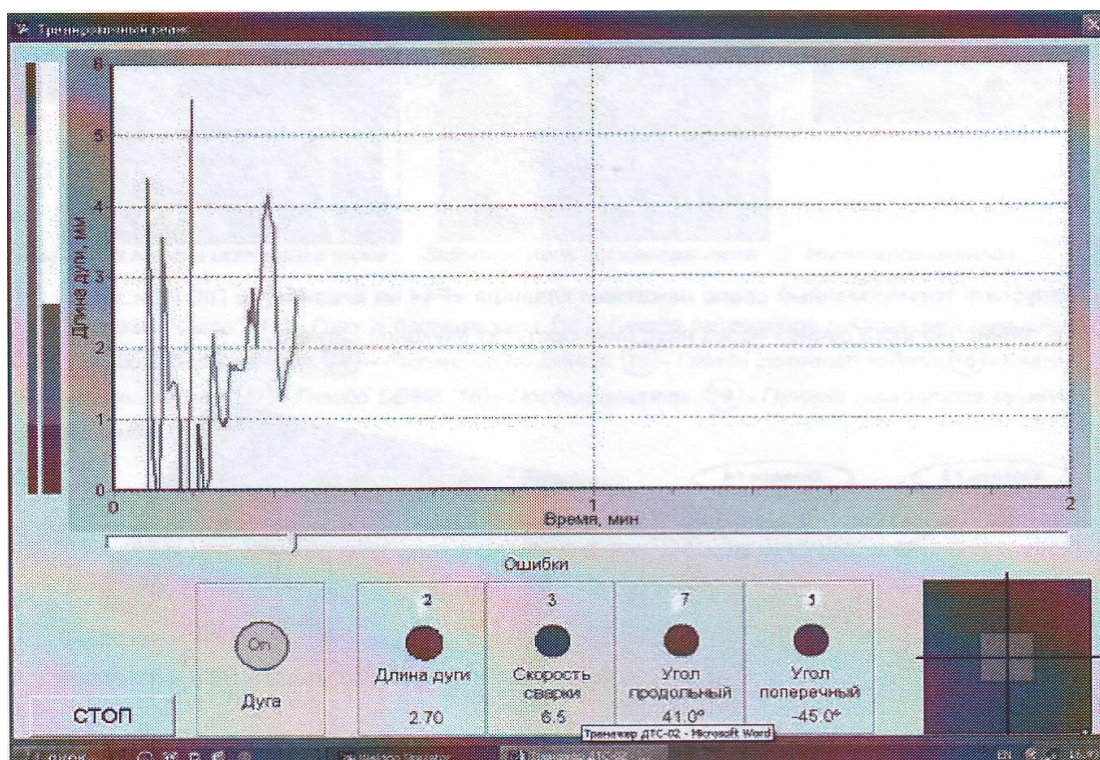


Рисунок 10.7 График текущего результата тренажа

6.3 Под графиком расположены:

- указатель текущего времени тренинга;
- индикатор наличия дуги («Дуга»);
- индикатор ошибок по длине дуги («Длина дуги»);
- индикатор ошибок по перемещению электрода («Скорость сварки»);
- индикатор ошибок по продольному углу наклона ручного инструмента («Угол продольный»);
- индикатор ошибок по поперечному углу наклона ручного инструмента («Угол поперечный»);
- указатель отклонения электрода от заданных значений по углам наклона.

6.4 Серый цвет индикатора показывает, что дуги нет, и подсчет ошибок не проводится. Желтый цвет индикатора дуги показывает, что дуга возбуждена. Индикаторы ошибок при этом могут быть: - зелеными, если ошибок нет; - красными, если есть ошибки по данному параметру.

6.5 Цифры над индикаторами ошибок показывают, какое число раз во время сеанса данный параметр выходит за установленные пределы. Количество ошибок определяет оценку выполнения задания.

7. При завершении работы с тренажером выключить персональный компьютер и тренажер.

## 8 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя краткий конспект основных теоретических положений, а также протокол результатов тренажа.

## 9 ОТЧЕТ О РАБОТЕ

Окончательные результаты тренажа отображаются в виде таблицы под графиком временной зависимости длины дуги, как показано на рисунке 10.8.



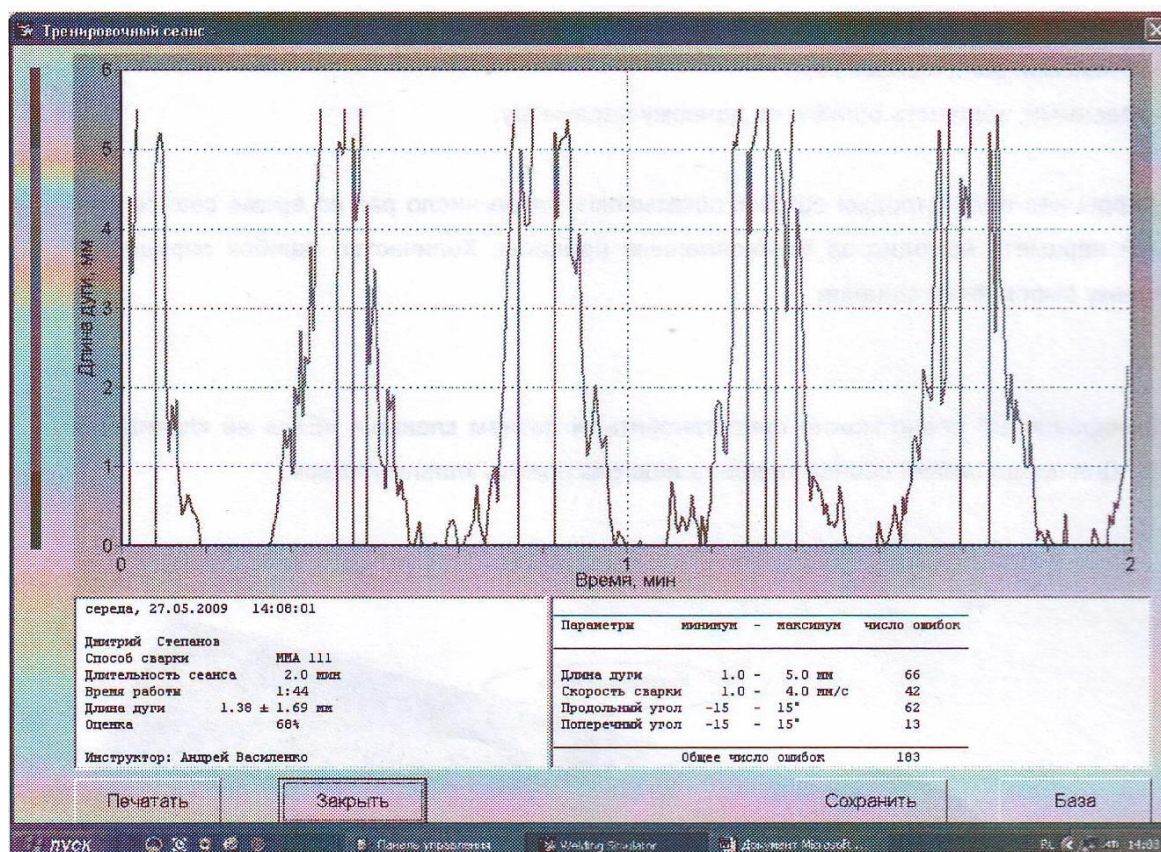


Рисунок 10.8 График и таблица окончательного результата тренажа  
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Оськин В.А., Евсиков В.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2008.
- 2 Сварочные работы / В.А. Чебан. – Ростов н/Д : Феникс, 2011.
- 3 Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1,2 Киев «Екотехнологія» 2007

#### ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 Основные технические данные тренажера ДТС-02

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	220 $\pm$ 22
Частота, Гц	50 $\pm$ 1
Потребляемая мощность, кВА	не более 0,5
Напряжение холостого хода на выходе после команды «Начать сеанс», В	не более 80
Напряжение дуги (при длине дугового промежутка 1...5 мм), В	10...40
Сварочный ток, А	4,0 $\pm$ 0,5
Активная мощность дуги, кВА	не более 0,2
Рабочий угол датчика угла наклона относительно горизонтальной плоскости, град	$\pm$ 85
Программируемые параметры	
Длина дугового промежутка, мм	50
Скорость сварки, мм/сек	до 20,0
Время сеанса, мин	от 1 до 10

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

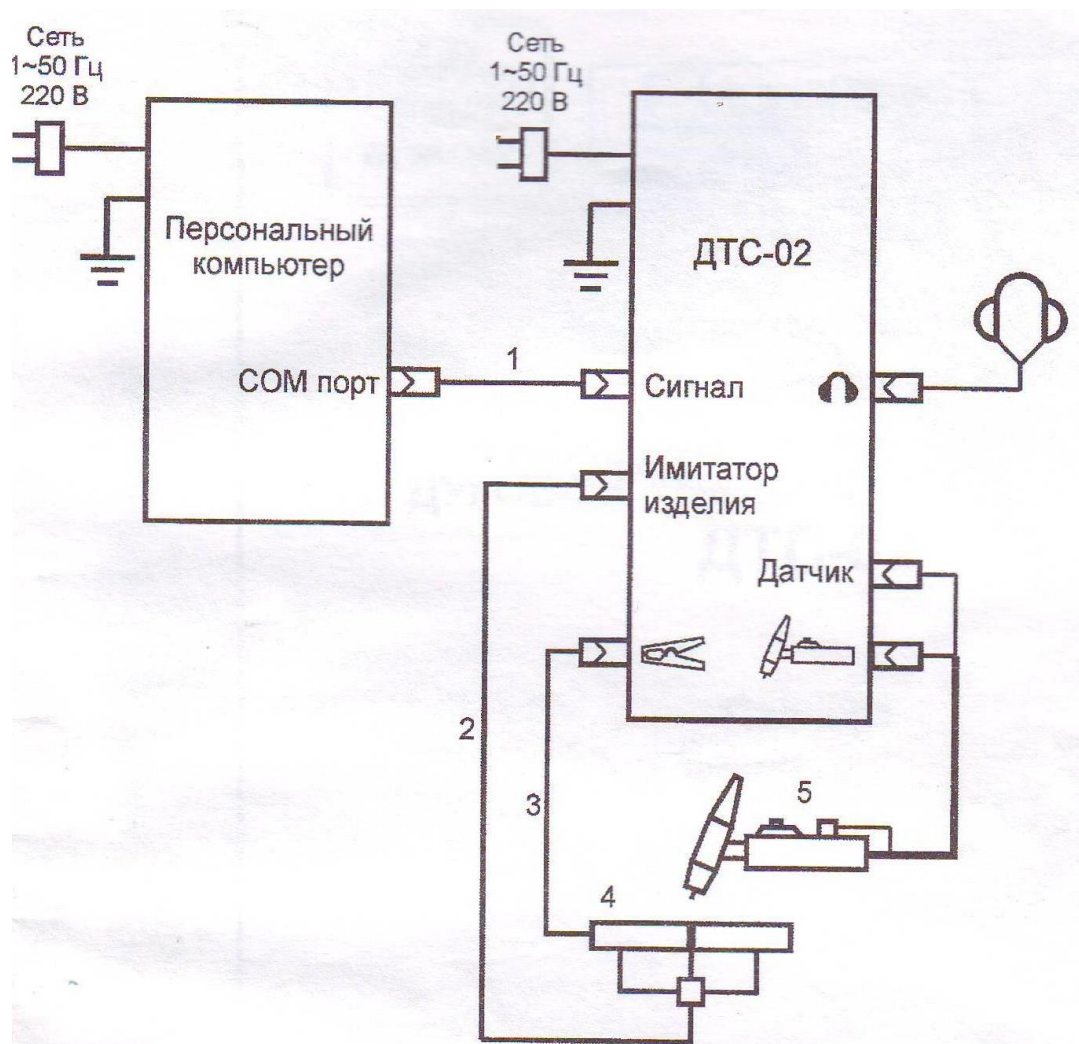


Рисунок Б1 Схема подключения дугового тренажера сварщика ДТС-02  
 1 – кабель управления DB9M-DB9F; 2 – сигнальный кабель; 3 – кабель изделия;  
 4 – имитатор изделия; 5 – имитатор ручного инструмента с датчиком наклона.