

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шамсутдинов Расим Аминевич

Должность: Директор ЛФ КНИТУ-КАИ

Дата подписания: 30.12.2012 10:57:58

Уникальный программный ключ:

d31c25ea-f46fb40c-50e97e64-f6f00739-0857e997e41067667882d9611114

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образова-
ния «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ»

Е.А.СОЛОПОВА, А.В.ГОРБУНОВ, Ю.И. СУДАРЕВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Учебное пособие

Казань 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАННСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.Н. ТУПОЛЕВА

Е.А. СОЛОПОВА, А.В. ГОРБУНОВ, Ю.И. СУДАРЕВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Учебное пособие

*Рекомендовано к печати Учебно - методическим центром
КГТУ им. А.Н. Туполева*

Казань 2015

УДК 621.791.7

ББК Ж616

Солопова Е.А., Горбунов А.В. , Сударев Ю.И. Технологические основы сварки плавлением Часть 1: Учебное пособие. Казань: Издательство Казанского Технического Университета им. А.Н.Туполева 2015 г.

Рассматриваются особенности технологических процессов, применяемого оборудования и выбора параметров режима при сварке плавлением.

Предназначено для бакалавров по направлению 15.03.01 (150700.62) «Машиностроение».

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Технология сварочного производства	6
Сварные соединения и швы	9
Изображение швов сварных соединений	13
Условные обозначения швов сварных соединений	15
Строение, свойства и классификация сварочных дуг.	21
Дуговая сварка	24
Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	25
Дуговая сварка под слоем флюса	35
Сварочные флюсы	38
Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса	51
Устройство и принцип действия сварочного трактора FD 11-200T	53
Назначение и технические данные источника питания PS 11-1000	57
Назначение и технические данные автомата адф-1003у3	58
Устройство и принцип действия сварочного трактора адф-1002у3	60
Расчеты параметров режима дуговой автоматической сварки под слоем флюса	62
Сварка в защитных газах особенности сварки в защитных газах	67
Оборудование, аппаратура и требования к организации сварочного поста	69
Подготовка металла к сварке	71
Техника и технология дуговой сварки в защитных газах	73
Аргонодуговая сварка	76
Механизированная сварка в среде активных газов	79
Расчет параметров режимов сварки	81
Расчет параметров режимов сварки	83
Оборудование и устройство поста для механизированной сварки в сре-	84

де защитных газов	
Электрическая и механическая часть	85
Газовая магистраль	86
Газовая сварка	88
Газы для сварки и резки металлов	98
Сварочное пламя	100
Техника газовой сварки	103

Технология сварочного производства

Сварка – один из наиболее распространенных технологических процессов. К сварке относятся собственно сварка, наплавка, пайка, напыление и некоторые другие процессы. С помощью сварки соединяют между собой различные металлы, их сплавы, керамические материалы, пластмассы и разнородные материалы. Сварка металлов и их сплавов используется при сооружении новых конструкций, изготовлении и ремонте различных изделий, машин и механизмов. Сваривать можно металлы практически любой толщины. Прочность сварного соединения в большинстве случаев не уступает прочности основного металла. Сварку можно выполнять на земле, под водой, в космосе – в любых пространственных положениях.

Сварка – это процесс получения неразъемных соединений путем установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагреве и (или) пластическом деформировании.

Все неразъемные соединения можно разделить на две группы: монолитные и немонолитные. Монолитные соединения образуются за счет атомарных связей между соединяемыми частями – это сварные, паяные и клееные соединения, немонолитные – заклепочные без них. Теоретически, для получения монолитного соединения достаточно два твердых кристаллических тела с идеально гладкой поверхностью сблизить на расстояние соизмеримое с межатомным без приложения температуры и усилия. В действительности этого не происходит, т.к. на поверхности тел имеются неровности, и контакт осуществляется в отдельных точках, а не по всей поверхности, а также поверхность металлов покрыта различными пленками: органическими, оксидными и другими которые образуют энергетический барьер поверхности. Для его преодоления и перевода поверхностных атомов в активное состояние необходимо введение энергии. Эта энергия называется энергией активации и может быть введена в виде теплоты (термическая активация), упругопластической деформации (механическая активация), в виде различных источников излучения (лучевая активация).

Для получения монолитного соединения – введение энергии в стык обязательное условие. Исходя из него, все сварочные процессы по форме энергии делятся на классы, а по виду источника энергии на виды.

Все сварочные процессы классифицируются по признакам.

Физические признаки классифицируются на три класса – термический, термомеханический, механический, а каждый класс, в зависимости от вида источника энергии, подразделяются на виды сварки.

1. К термическому классу относится:

- Дуговая;
- Электрошлаковая;
- Электронно – лучевая;
- Ионно – лучевая;
- Тлеющим разрядом;
- Световая;
- Индукционная;
- Газовая;
- Термитная;
- Литейная.

2. К термомеханическому классу относится:

- Контактная;
- Диффузионная;
- Индукционнопрессовая;
- Газопрессовая;
- Термокомпрессионная;
- Дугопрессовая;
- Шлакопрессовая;
- Термитнокомпрессионная;
- Печная.

3. К механическому классу относится:

- Холодная;

- Взрывом;
- Ультразвуковая;
- Трением;
- Магнитноимпульсная.

По техническим признакам все виды сварки классифицируются согласно схеме на (рис.1)

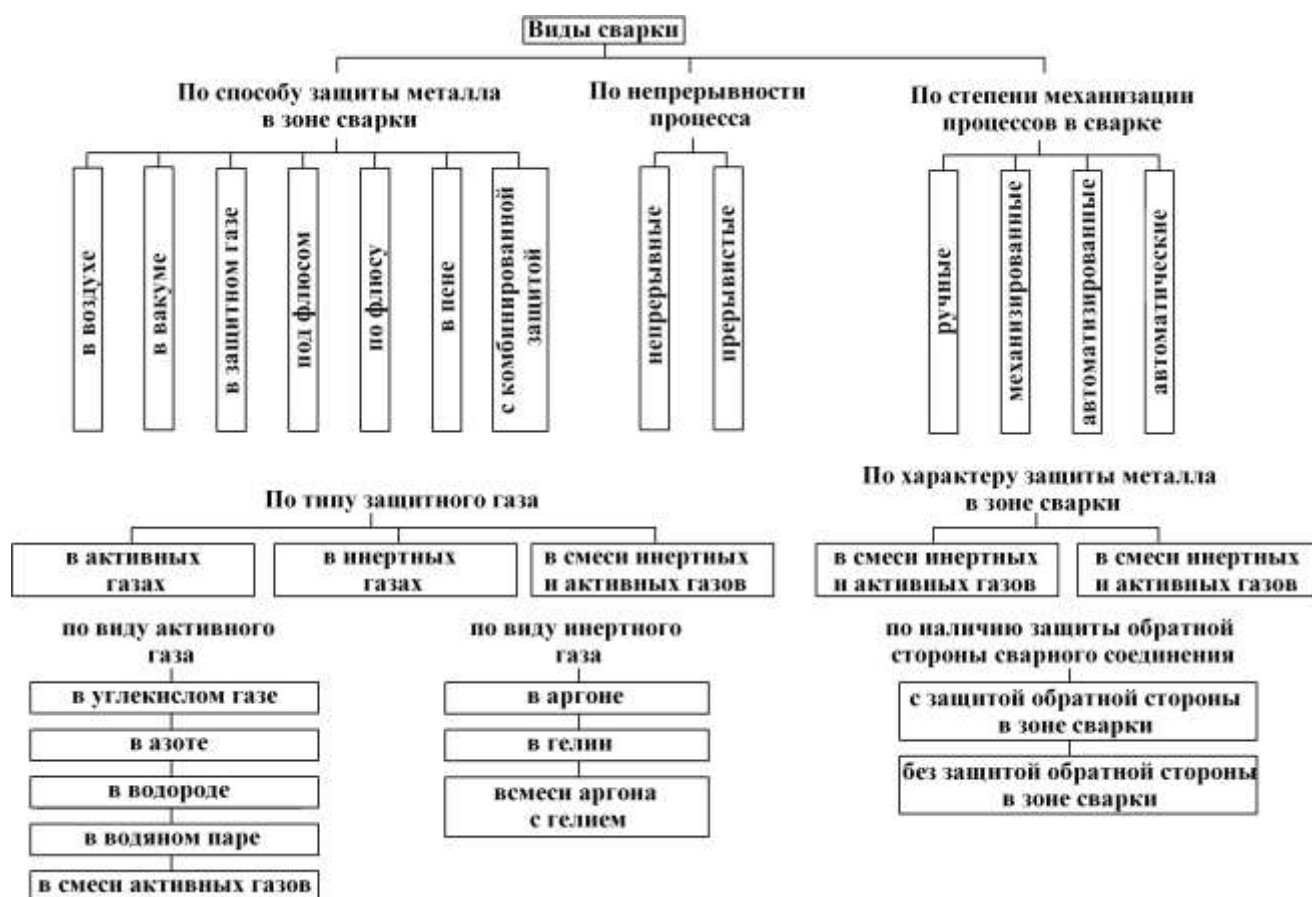


Рис. 1. Классификация способов по техническим признакам

Технологические же признаки столь различны, что выделять общие для несхожих видов не представляется возможным, поэтому технологические признаки у каждого вида сварки свои.

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ШВЫ

Сварным соединением называется соединение двух или нескольких элементов полученное сваркой.

Сварное соединение (рис.2) состоит: из сварного шва, имеющего литую структуру и образовавшегося в результате кристаллизации сварочной ванны, зоны сплавления, зоны термического влияния – участок основного металла, не подвергавшийся расплавлению, где в результате нагрева произошли структурные и фазовые изменения и части основного металла.



Рис. 2. Схема сварного соединения

1 – сварной шов, 2 – зона сплавления, 3 – зона термического влияния, 4 – основной металл

Существует 5 видов сварных соединений (рис.3) – стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные и торцевые.

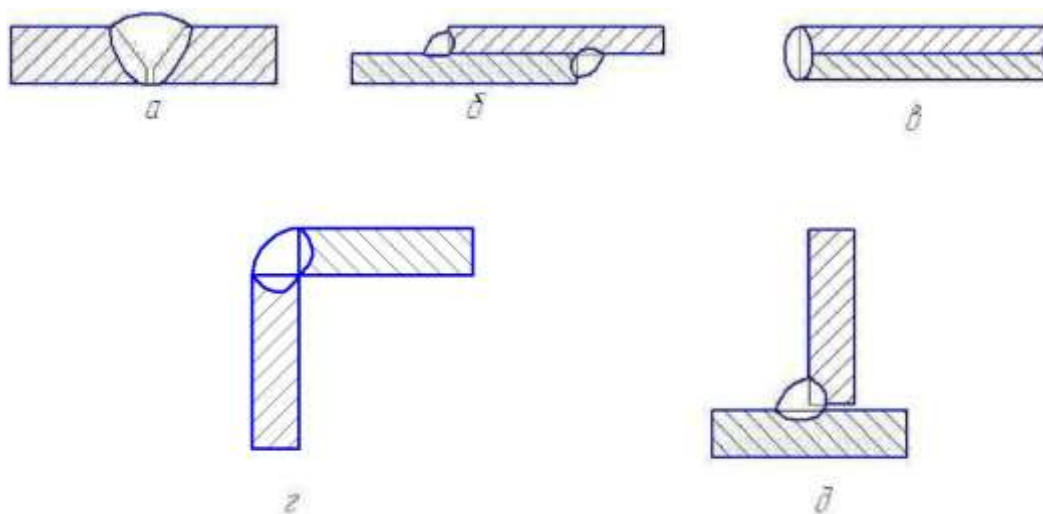


Рис. 3. Типы сварных соединений: а – стыковое, б – нахлесточное, в – торцевое, г – угловое, д – тавровое

Наиболее типичные и предпочтительные стыковые соединения, но не всегда теплоты источника энергии хватает, чтобы проплавить на всю толщину, поэтому для деталей с толщиной больше 4 мм применяют специальную подготовку кромок (рис.4)

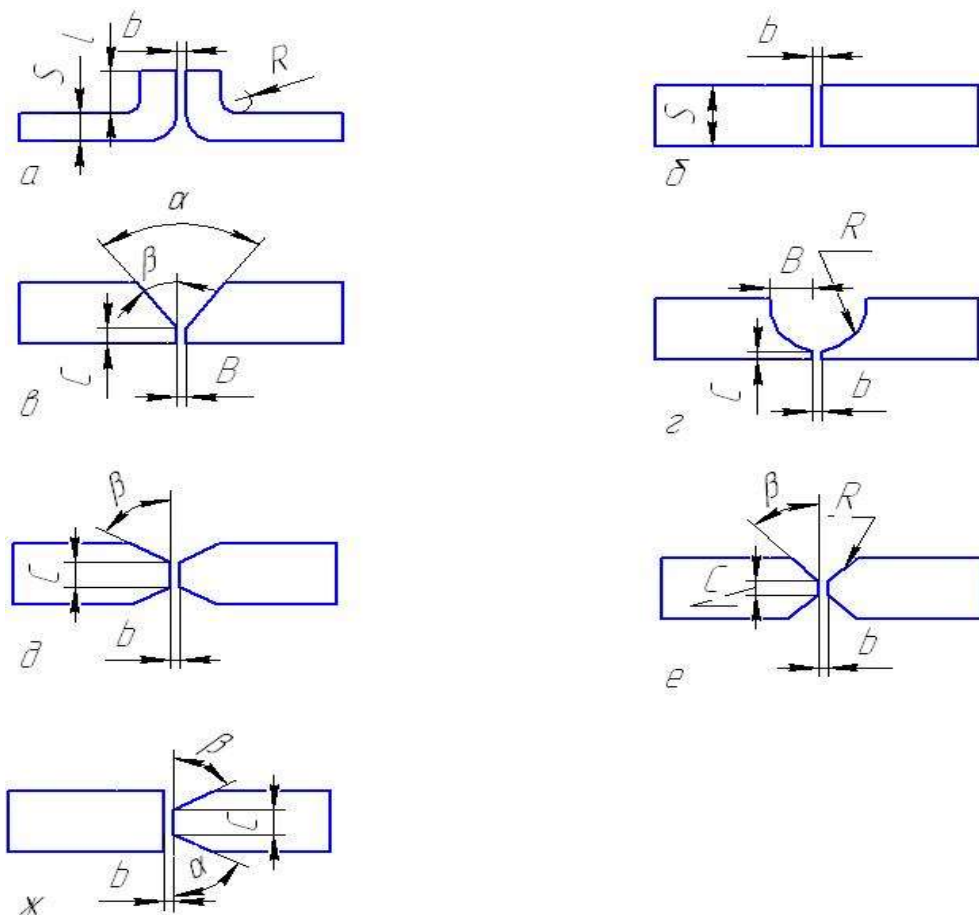


Рис. 4. Примеры (а-ж) подготовки кромок

Конструктивные элементы подготовки кромок следующие:

S – толщина соединяемых элементов;

C – притупление кромок (обычно 1-2мм);

β – для скоса от 25 до 45°;

α – угол разделки, равен 2β ;

B – зазор, зависит от толщины и способа сварки;

R – Радиус закругления для фигурной разделки кромок.

Классификация сварных швов.

Все сварные швы классифицируются по признакам:

1. По типу сварного соединения на стыковые, образованные стыковыми соединениями и на угловые – тавровыми, нахлесточными, угловыми.
2. По положению относительно действующего усилия – на фланговые, лобовые и косые.
3. По положению в пространстве (рис. 5)

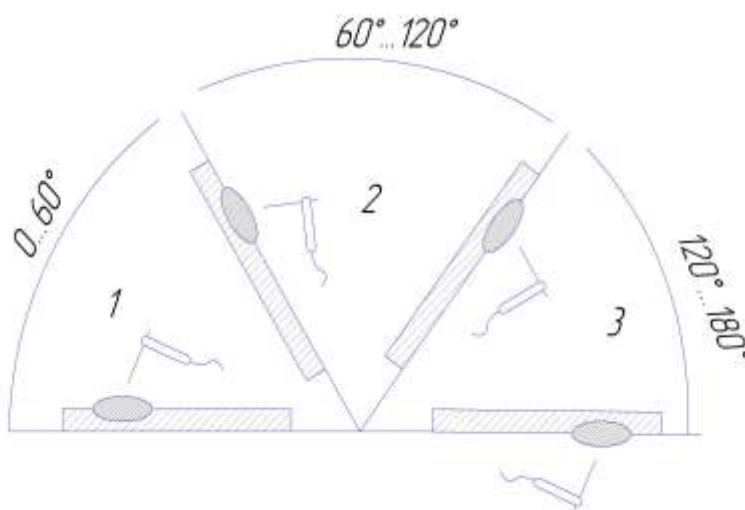


Рис. 5. Основные пространственные положения сварки:

1 – нижнее, 2 – вертикальное или горизонтальное, 3 – потолочное

4. По внешней форме (рис. 6) – на выпуклые, нормальные и вогнутые.

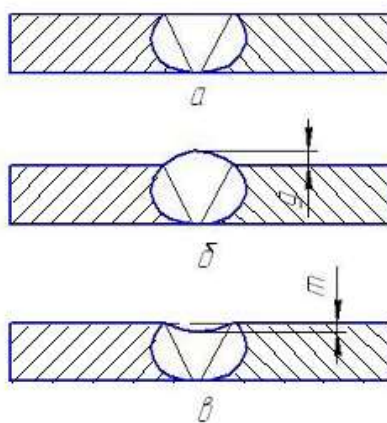


Рис.6. Форма сварных швов: а – нормальная, б – выпуклая, в – вогнутая

5. По протяженности (рис.7) – на непрерывные и прерывистые, которые делятся на цепные и шахматные.

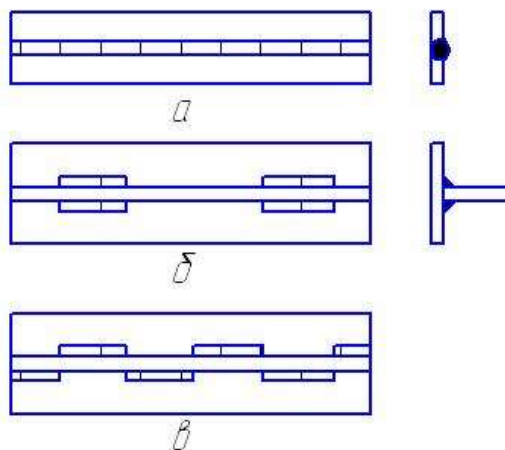


Рис. 7. Классификация сварных швов по протяженности:

а – непрерывный, б – цепной, в – шахматный

6. По количеству проходов (рис.8) – на однопроводные (для толщин меньше 4см) и многопроводные.

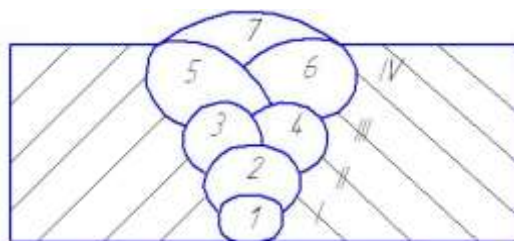


Рис. 8. Многослойный шов: 1-7 последовательность выполнения проходов, I-V- слои, 1 – корневой шов, 7 – облицовочный шов

Геометрические параметры стыковых и угловых швов представлены на (рис. 9), к ним относятся l – ширина шва, g – выпуклость и k – катет, качество сварных швов и их геометрические параметры контролируются в обязательном порядке после сварки при визуально-измерительном контроле.

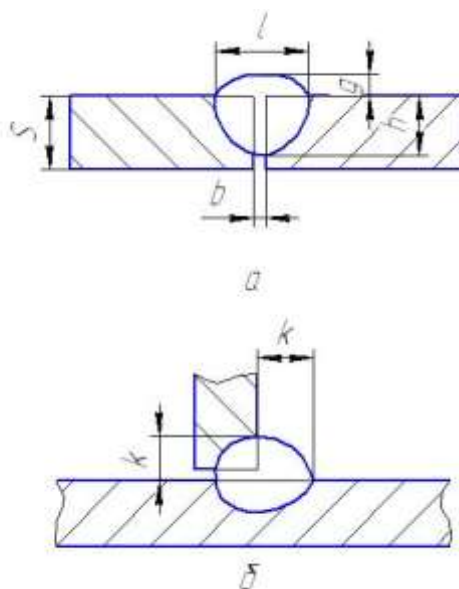


Рис. 9. Основные геометрические параметры сварных швов:

а – стыкового, б – углового

Обозначаются сварные швы на чертежах согласно ГОСТ 2.312-72.

ИЗОБРАЖЕНИЕ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1. Шов сварного соединения, независимо от способа сварки, условно изображают:

Видимый - сплошной основной линией (рис. 10а, в);

Невидимый - штриховой линией (рис. 10г).

Видимую одиночную сварную точку, независимо от способа сварки, условно изображают знаком «+» (рис. 10б), который выполняют сплошными линиями (рис. 11).

Невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (см. рис. 10). Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

1.2. На изображение сечения многопроходного шва допускается наносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначать прописными буквами русского алфавита (рис. 12).

1.3. Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (рис. 13).

Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва-сплошными тонкими линиями.

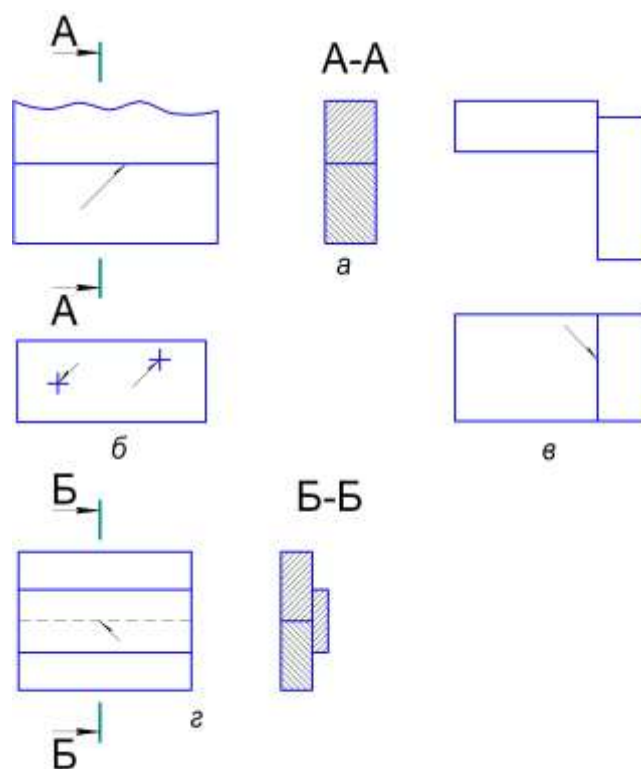


Рис 10.

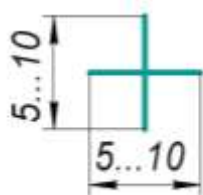


Рис 11.

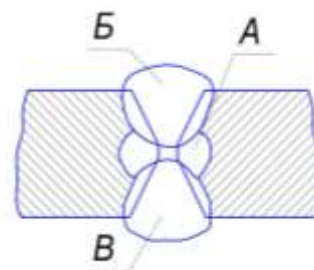


Рис 12.

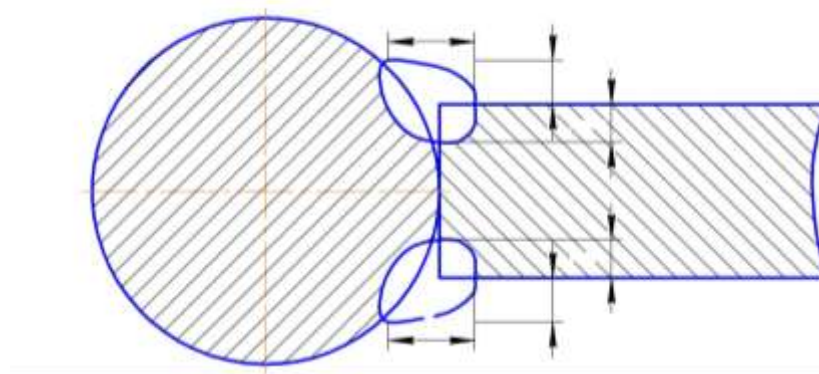
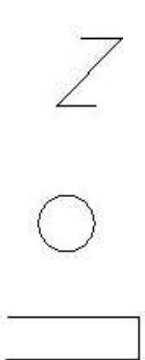
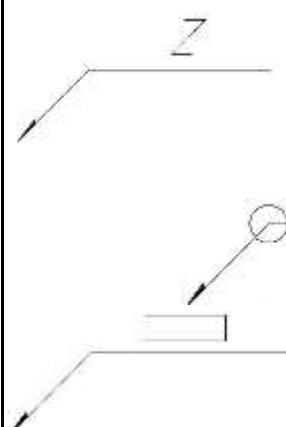
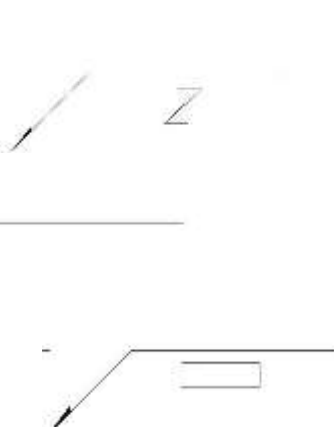


Рис 13.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице.

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Усиление шва		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением		

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Угол наклона линии = 60° Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением Шов по замкнутой линии. Диаметр знака-3...5 мм Шов по незамкнутой линии. Знак. применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

Примечания:

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.
2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва.
3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

В условном обозначении шва вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями. Вспомогательные знаки должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва.

2.2. Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (рис. 14).



Рис. 14

Знак  выполняют сплошными тонкими линиями. Высота знака должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

2.3. Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (рис. 15).

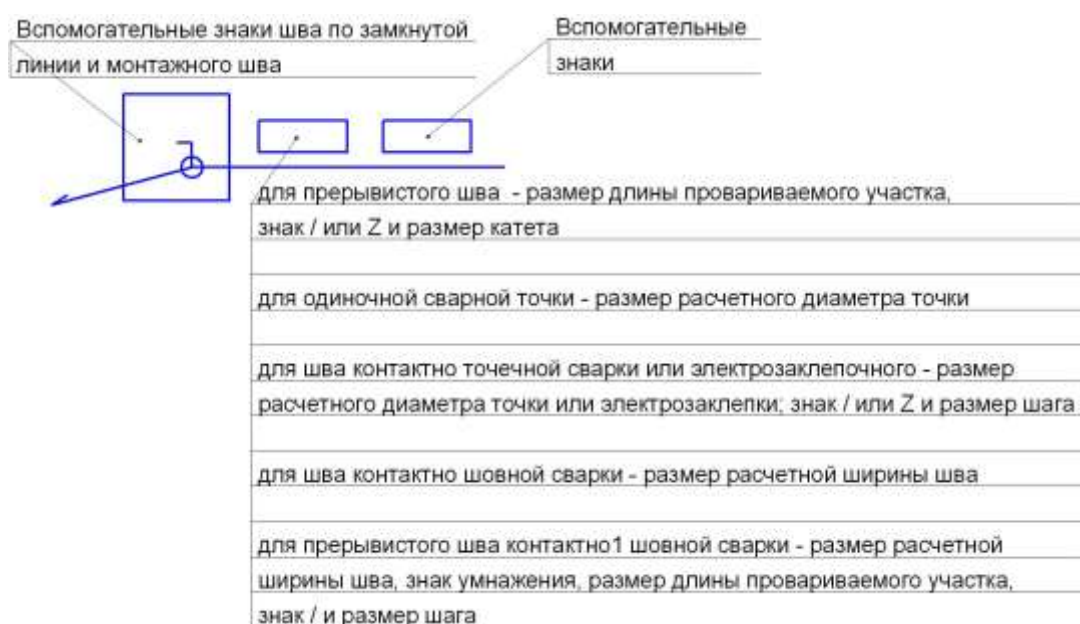


Рис. 15

В технических требованиях чертежа или таблицы швов указывают способ сварки, которым должен быть выполнен нестандартный шов.

2.4. Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (рис. 16а);

б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (рис. 16б).

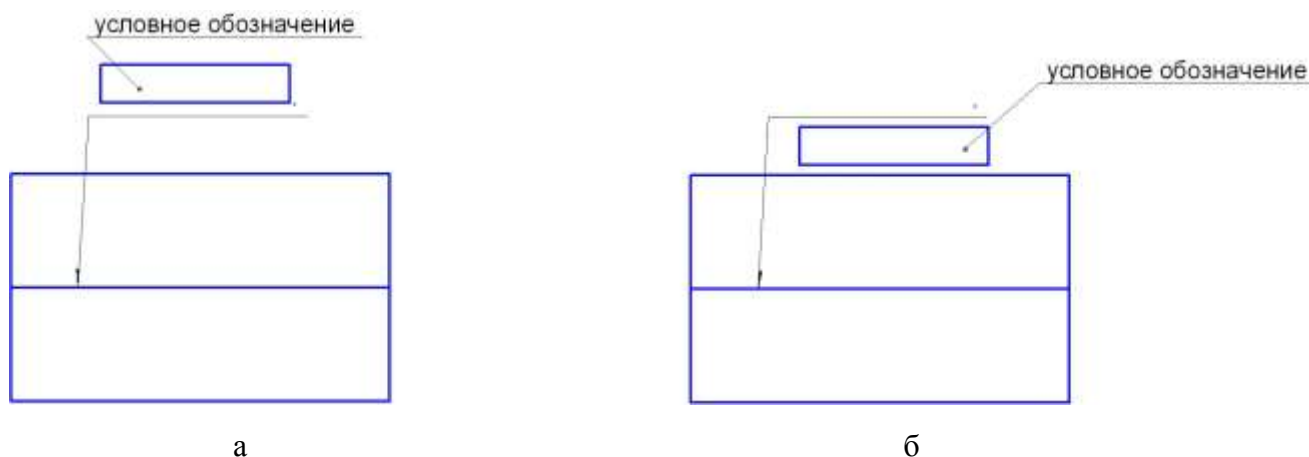


Рис. 16

2.5. Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва (рис. 17), или указывают в таблице швов, или приводят в технических требованиях чертежа, например: «Параметр шероховатости поверхности сварных швов...»

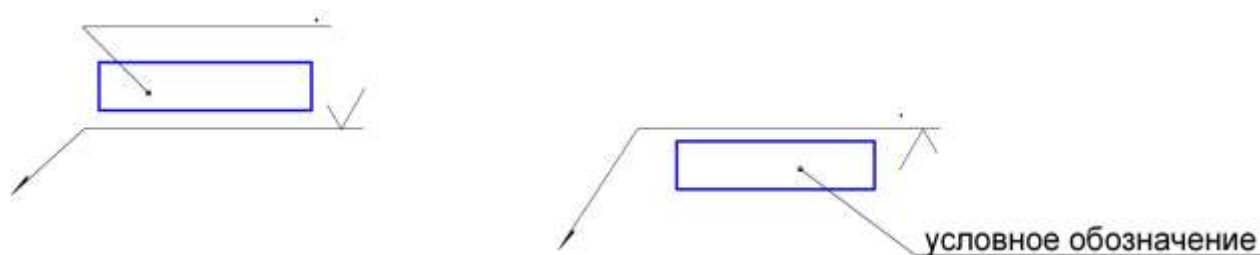


Рис . 17

2.6. Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение допускается помещать под линией-выноской (рис. 18).



Рис. 18

В технических требованиях или таблице швов на чертеже приводят ссылку на соответствующий нормативно-технический документ.

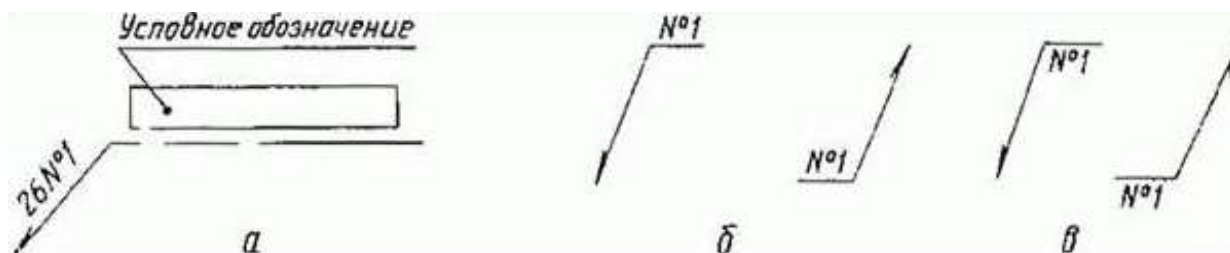
2.7. Сварочные материалы указывают на чертеже в технических требованиях или таблице швов.

Допускается сварочные материалы не указывать.

2.8. При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

- а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (рис. 19а);
- б) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны (рис. 19 б);
- в) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны (рис. 19в).

Количество одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (см. рис. 19а).



Черт. 19

Швы считают одинаковыми, если:

одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;
к ним предъявляют одни и те же технические требования.

3. УПРОЩЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа (запись по типу: «Сварные швы... по...») или таблице.

3.2. Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полоч (рис. 20).



рис. 20

3.3. На чертеже симметричного изделия, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

3.4. На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, эти швы допускается отмечать линиями-выносками и обозначать только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого приведена линия-выноска с номером позиции).

3.5. Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении и расположение швов.

3.6. Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз- в технических требованиях или таблице швов.

СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ДУГ.

Электрическая сварочная дуга – это устойчивый, длительный дуговой разряд в сильно ионизированной газовой среде между электродами, характеризующийся высокой плотностью тока и выделением большого количества тепла.

Впервые явление дугового разряда было открыто в 1802 г. Профессором Петербургской медико-хирургической академии Василием Владимировичем Петровым.

При дуговой сварке получение качественных соединений необходимо иметь устойчивую дугу и надежную защиту сварочной ванны. В свою очередь для получения устойчивой дуги необходимо реализовывать два процесса, это – ионизацию дугового промежутка и эмиссию электронов.

В обычных условиях воздух обладает слабой электропроводностью из-за малой концентрации свободных электронов и ионов. Поэтому для того, чтобы по-

лучить мощный электрический ток, т.е. образовать дугу, необходимо ионизировать воздушный промежуток между электродами. Ионизацию можно вызвать, если приложить к ним высокое напряжение, тогда, имеющиеся в газе свободные электроны будут разгоняться электрическим полем и разбивать нейтральные молекулы на ионы, однако, при сварке, исходя из правил техники безопасности, нельзя пользоваться высоким напряжением. Поэтому применяют другой способ. Так как в металлах имеется большая концентрация свободных электронов, то их можно извлечь из металла в газовую среду, а затем использовать для ионизации. Существует несколько способов извлечения электронов, для процесса сварки имеют значение два – это автоэлектронная и термоэлектронная эмиссии.

При автоэлектронной эмиссии извлечение электронов происходит под действием внешнего электрического поля, который изменяет потенциальный барьер у поверхности металла и облегчает выход тех электронов, которые внутри металла имеют достаточно большую энергию для преодоления этого барьера.

При термоэлектронной эмиссии происходит “испарение” свободных электронов с поверхности металла благодаря высокой температуре. Чем выше температура, тем больше число электронов преодолевают потенциальный барьер поверхности. В начальный момент возбуждения дуги основную роль играет автоэлектронная эмиссия, для установившейся дуги – термоэлектронная. Ионизацию, вызванную, в некотором объеме газовой среды принято называть объемной ионизацией. Объемная ионизация, полученная нагревом газа до высоких температур, называется термической ионизацией.

Ионизацию можно повысить, введя в дуговой промежуток элементы, обладающие низким потенциалом ионизации – это щелочные и щелочноземельные металлы. Они входят в состав всех электродных покрытий и сварочных флюсов. Эти элементы называются стабилизирующими или ионизирующими.

Процесс возбуждения дуги кратковременен и осуществляется сварщиком в течение долей секунды. В установившейся дуге различают три зоны: катодную, анодную и столб дуги.

Катодная зона расположена на отрицательном полюсе дуги, анодная на положительном. Температура катодной области достигает 2500-3000°C, анодной 2500-4000°C. Температура столба дуги зависит от плотности тока и состава газа в дуговом промежутке, при наличии в нем щелочных металлов она составляет 6000-7000°C, углекислого газа 8000°C, аргона 10000-12000°C, гелия 20000°C.

Электрические свойства дуги описываются ее вольтамперной характеристикой. Зависимость напряжения дуги от тока в сварочном контуре называется статической вольтамперной характеристикой дуги. Вольтамперная характеристика дуги имеет три области: падающую – 1, жесткую – 2 и возрастающую – 3. (рис. 21)

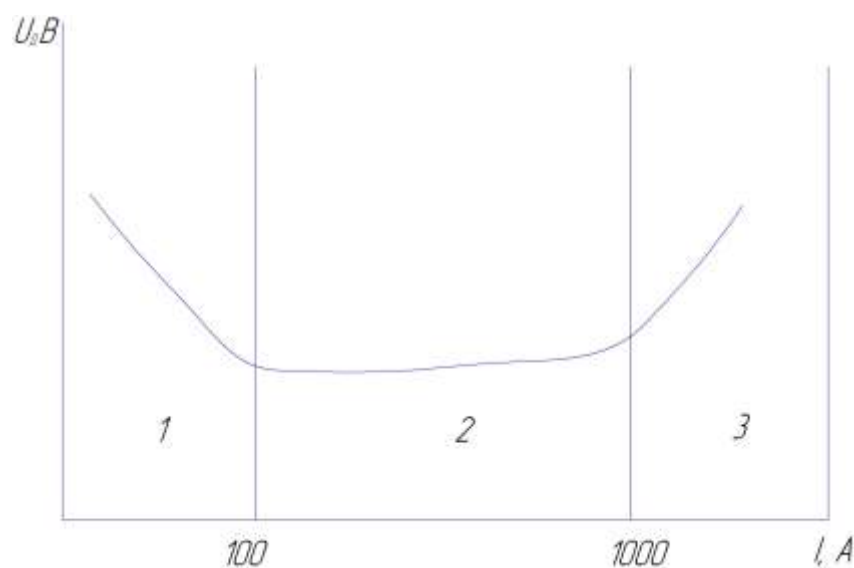


Рис 21. Статическая вольт – амперная характеристика дуги

В первой области напряжение падает, т.к. повышает ток, увеличивается поперечное сечение, а следовательно и проводимость столба дуги. При дальнейшем увеличении тока напряжение сохраняется постоянным, т.к. сечение столба дуги и площади катодных и анодных пятен увеличиваются пропорционально току. В третьей области увеличение тока вызывает увеличение напряжения вследствие того, что увеличение плотности тока не сопровождается увеличением катодного

пятна ввиду ограниченности сечения электрода. Напряжение дуги зависит: от рода тока, материала, состава электродных покрытий или флюсов и длины дуги.

$$U_d = a + b \cdot l_d \quad (1)$$

a – коэффициент, составляющий падение напряжения на катоде и аноде, В;

b – коэффициент, характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги, В/мм;

l_d – длина дуги, мм.

Длиной дуги называется расстояние от катода до поверхности сварочной ванны. Дуги бывают короткие 2-4 мм, нормальные 4-6 мм и длинные – больше 6 мм. Оптимальный режим сварки обеспечивается на коротких дугах. Обычно напряжение на дуге находится в пределах 20-45 В.

Сварочные дуги классифицируются по следующим признакам:

1. По подключению тока – дуги бывают прямого и косвенного действия и трехфазные.
2. По роду тока – дуги постоянного и переменного тока.
3. По полярности – прямой и обратной.
4. По материалу электрода – плавящимся и неплавящимся.
5. По внешнему воздействию – нормальные, стабилизированные и сжатые.

ДУГОВАЯ СВАРКА

Родина дуговой сварки – Россия. Николай Николаевич Бенардос в 1886 году получил патент на способ дуговой сварки неплавящимся электродом, а в 1891 г. Николай Гаврилович Славин разработал способ дуговой сварки плавящимся электродом. Большинство современных способов основано на их идеях.

В производстве металлоконструкций дуговые способы сварки используют чаще других, они занимают приблизительно 60% объема.

Дуговой сваркой называется сварка плавлением, при которой для нагрева и плавления основного и присадочного металлов используется тепло электрической дуги.

Наиболее распространенные способы дуговой сварки это:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- автоматическая сварка под слоем флюса;
- дуговая сварка в защитных газах.

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Ручная дуговая сварка покрытым электродом – это способ сварки плавлением, при котором дуга горит между плавящимся металлическим электродом и сварочной ванной, поверхность которой защищается от воздуха за счет расплавления электродного покрытия. Подача электрода в ванну и его перемещение вдоль стыка производится сварщиком вручную (рис. 22)

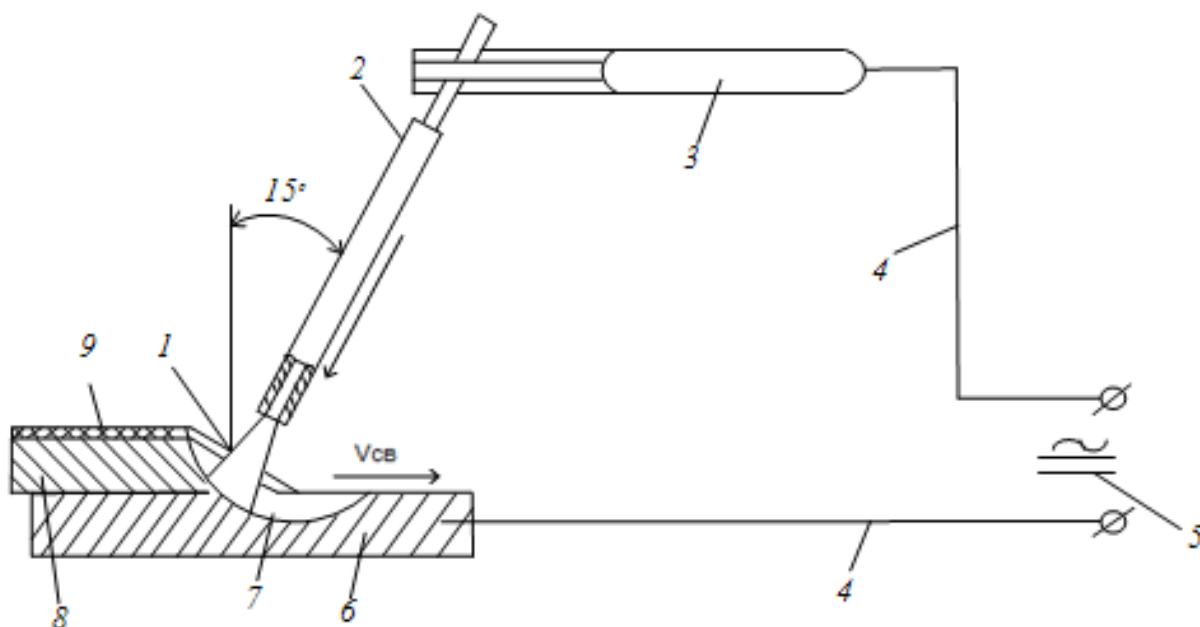


Рис. 22. Схема ручной сварки покрытым электродом:
1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель;
4 – сварочные провода; 5 – источник питания; 6 – свариваемая
деталь; 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка

Областью применения ручной дуговой сварки очень широка, это впервые очередь конструкции из различных видов стали и цветных сплавов с короткими криволинейными швами, всех типов сварных соединений и в любых пространственных положениях с толщиной соединяемых элементов от 1 до 175мм.

Достоинствами способа являются:

- его универсальность;
- возможность сварки в монтажных условиях;
- дешевизна оборудования и сварочных материалов.

Однако у этого способа есть и ряд недостатков:

- нестабильность процесса сварки, и как следствие низкое качество шва;
- низкая производительность;
- воздействие вредных факторов, таких как, излучения и аэрозоли, на здоровье сварщиков;
- самые высокие затраты на обучение персонала.

Типы сварных соединений, полученных ручной дуговой сварки, описывает ГОСТ 5264-80.

К параметрам режима сварки относятся: $I_{св}$ - сила сварочного тока, А; U_d - напряжение на дуге, В; род и полярность тока; $d_э$ - диаметр и марка электрода.

Методика расчета параметров режима сварки для стыковых соединений из углеродистой стали с толщиной деталей меньше или равной 5мм.

$$d_э = S/2 + 1, \text{ мм}, \quad (2)$$

$$I_{св} = (20 + 6 \cdot d_э) \cdot d_э, \text{ А}, \quad (3)$$

$$U_d = 12 + 3 \cdot l_d, \text{ В}, \quad (4)$$

$$l_d = (d_э + 2)/2, \text{ мм}, \quad (5)$$

Для конструкций с толщиной стенки > 5 мм сначала рассчитывают количество проходов, при этом диаметр электрода для сварки корневого шва назначается на единицу меньше чем для заполняющего, а затем рассчитываются параметры режима сварки для каждого прохода.

Марка электрода выбирается исходя из механических свойств и химического состава основного материала. Обязательным условием является то, что механические свойства сварного шва должны быть не ниже свойств основного материала (таблица 1).

Таблица 1

Тип элек- трода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание в наплавленном металле, %	
	Металла шва или наплавленного металла			сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм			
	Вре- менное сопро- тив- ление разры- ву δ_b кгс/мм ²	От- носи- тель- ное удли- нение δ_5 , %	Удар- ная вяз- кость α_H кгс•м/с м ²	Вре- менное сопро- тив- ление разры- ву δ_b кгс/мм ²	Угол заги- ба, град.	серы	фосфора
	Не менее					Не более	
Э38	38	14	3	38	60		
Э42	42	18	8	42	150	0,040	0,045
Э46	46	18	8	46	150		
Э50	50	16	7	50	120		
Э42А	42	22	15	42	180	0,030	0,035
Э46А	46	22	14	46	180		
Э50А	50	20	13	50	150		
Э55	55	20	12	55	150		
Э60	60	18	10	60	120		
Э70	70	14	6				

Э85	85	12	5		
Э100	100	10	5		
Э125	125	8	4		
Э150	150	6	4		

Электрод представляет собой стержень из сварочной проволоки диаметром от 1,6 до 12мм, и длиной от 150 до 450мм с нанесенным на него керамическим покрытием. Чаще всего используются электроды $d_s=2\ldots 4\text{мм}$ и длиной 350-450мм, чем меньше d_s , тем меньше его длина (рис 23). Покрытие электрода обеспечивает:

- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- получение металла шва требуемого химического состава;
- равномерное расплавление стержня и покрытия электрода;
- высокую производительность при небольших потерях электродного металла на угар и разбрызгивание;
- получение плотных беспористых швов, не склонных к образованию горячих трещин;
- легкую отделяемость шлаковой корки от поверхности шва;
- минимальную токсичность при сварке.

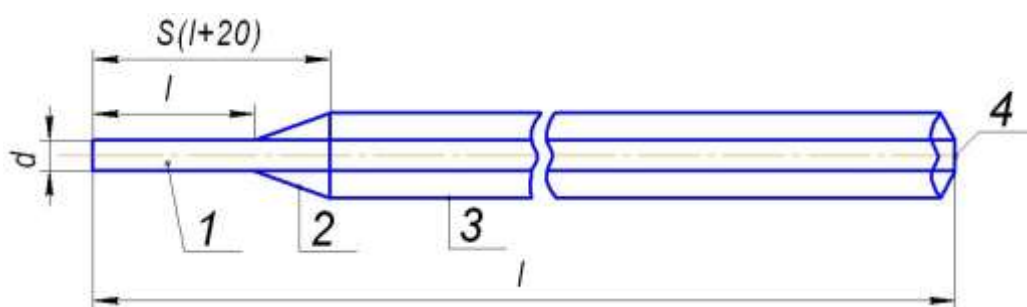


рис 23.

1 - стержень; 2 - участок перехода, 3 - покрытие; 4 - контактный торец без покрытия

Один из концов стержня освобожден от покрытия для его зажатия в электро-держателе с обеспечением электрического контакта. Второй конец только слегка очищен для облегчения зажигания дуги посредством контакта с изделием. На контактный торец электрода может быть нанесен слой ионизирующего веще-

ства, облегчающего возбуждение сварочной дуги, состав которого должен соответствовать предусмотренному стандартом или техническими условиями на электроды конкретной марки.

Покрытый электрод, несмотря на внешнюю конструкционную простоту, имеет достаточно сложную технологическую и металлургическую систему. Металлургические процессы, протекающие в нем при плавлении, сложны и отличаются от металлургических процессов, протекающих при выплавке стали. Они характеризуются своей кратковременностью, малым объемом реагирующих веществ, высокой температурой в зоне сварки и интенсивностью взаимодействия между металлом, шлаком и газом.

В дуге происходит не только расплавление, но и испарение железа и содержащихся в нем различных химических элементов. Активно протекают окислительные процессы и процессы поглощения расплавленным металлом азота, кислорода и водорода. В результате сложных окислительно-восстановительных реакций, протекающих как в газовой среде, так и на границе ее раздела с металлом, а также между металлом и шлаком, происходит легирование, окисление и раскисление металла, образующего сварной шов.

Химический состав шлакообразующей основы покрытия электродов определяет главным образом технологические свойства шлака. Соотношения компонентов покрытия выбирают таким образом, чтобы обеспечить достаточно низкую температуру плавления и низкую вязкость шлака, а также короткий интервал его затвердевания.

Все электроды по ГОСТ 9467-75 делятся на типы. Для углеродистых и низколегированных сталей предусмотрено 9 типов: Э38, Э42, Э50...Э60. Для сварки легированных конструкционных сталей – 5 типов: Э70, Э80, Э100...Э150. Для сварки легированных теплоустойчивых сталей тоже 9 типов: Э-09М, Э-09МХ. Э-10Х5МФ и др.

Тип электрода обозначается буквой “Э” и цифрой, указывающей гарантируемый предел прочности металла шва в кгс/мм². Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластиче-

ские свойства, например Э42А, Э50А. Такие электроды применяют для сварки более ответственных конструкций.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок электродов. Например, типу Э42 соответствует ОМА-2, АНО-6, МЭЗ-04 и др. Марка электрода – это специфическое название, данное ему разработчиком, предприятием-производителем или держателем патента. Она, как правило характеризует стержень и покрытие. Покрытие электродов выполняет несколько функций (табл.2

Таблица 2.

Функции	Назначение компонентов	Компоненты
1. Стабилизация дуги	Ионизирующие	Мел, мрамор, двуокись титана, поташ, окиси и соли щелочных и щелочно-земельных металлов
2. Защита сварочной ванны	Газообразующие	Органические вещества: крахмал, декстрин, мука, древесные опилки, целлюлоза. Минеральные вещества: карбонаты кальция, бария и др.
	Шлакообразующие	Мел, мрамор, марганцевая руда, кварцевый песок, доломит, полевой шпат, титановый концентрат.
3. Улучшение структуры шва	Раскисляющие	Ферросилиций, ферромарганец, ферротитан, алюминий, графит и др.
		Феррованадий, феррохром, ферромolibден, закись никеля, окислы меди и др.
4. Повышающие прочность	Связующие	Жидкое стекло (силикат ка-

обмазки		лия и натрия), лаки (бакелитовый), целлюлоза, крахмал.
	Пластифицирующие	Минеральные вещества на основе глин: каолин, бентонит, целлюлоза, крахмал.

По видам покрытия электроды подразделяются: с кислым покрытием – условное обозначение «А», с рутиловым – «Р», с целлюлозным – «Ц», с основным – «Б», и прочие – «П».

Кислые покрытия (АНО-1, СМ-5) содержат руды в виде окислов железа и марганца. При плавлении они выделяют кислород, для ослабления его действия в покрытия вводят раскислители. Однако наплавленный металл имеет малую вязкость и пластичность, и понижение содержания легирующих элементов. Электроды с кислым покрытием рекомендуются для сварки малоответственных конструкций.

Рутиловые покрытия (АНО-3, МР-3, ОЗС-4) имеют основным компонентом рутилдвуокись титана, он же является шлакообразующим элементом. Электроды с этим покрытием являются универсальными и позволяют вести сварку на любом роде тока по плохо очищенным поверхностям.

Целлюлозные покрытия (ВСЦ-1, ВСЦ-2, ОМА-2) содержат главным образом органические компоненты, но у них тонкий слой шлака, поэтому они рекомендуются для сварки небольших толщин.

Основные покрытия (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55) составлены на основе плавленого шпата и мрамора. Отсутствие в составе этого покрытия оксидов железа позволяет широко легировать наплавленный металл и получить хорошие механические свойства сварного шва. Они применяются для сварки больших толщин. Чаще всего при РДС используют электроды с основным видом покрытия, но они требуют постоянного тока и обратной полярности.

Электроды классифицируются согласно ГОСТ 9466-75.

Условное обозначение электродов включает: тип, марку, диаметр, назначение, вид покрытия, его толщину, механические свойства наплавленного металла, полярность и пространственное положение.

Условное обозначение электродов представлено на (рис. 24)

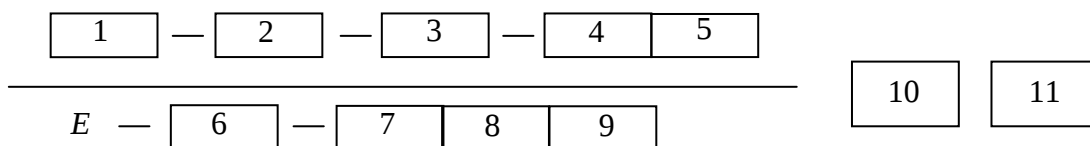


Рис. 24. Структура условного обозначения электродов:

1 – тип; 2 – марка; 3 – диаметр, мм; 4 – обозначение назначения электродов;
 5 – обозначение толщины покрытия; 6 – группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75;
 7 – обозначение вида покрытия; 8 – обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки; 9 – обозначение рода применяемого при сварке или наплавке тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц; 10 – обозначение стандарта (ГОСТ 9466-75); 11 – обозначение стандарта на типы электродов (ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75, ГОСТ 10052-75 и др.)

ПРИМЕРЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ:

Электроды типа Э42А по [ГОСТ 9467-75](#), марки УОНИИ-13/45, диаметром 3,0 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей У, с толстым покрытием Д, с установленной по [ГОСТ 9467-75](#) группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, 43 2(5), с основным покрытием Б, для сварки во всех пространственных положениях 1 на постоянном токе обратной полярности 0:

$$\frac{\text{Э46А - УОНИИ - 13/45 - 3,0 - УД}}{\text{Е 43 2(5) - Б10}} \text{ ГОСТ 9466 - 75, ГОСТ 9467 - 75}$$

- на этикетках или в

маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами;

Электроды УОНИИ-13/45-3,0 ГОСТ 9466-75 - в документации.

Электроды типа Э-09Х1МФ по [ГОСТ 9467-75](#), марки ЦЛ-20, диаметром 4,0 мм, для сварки легированных теплоустойчивых сталей Т, с толстым покрытием Д, с установленной по [ГОСТ 9467-75](#) группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, 27, с основным покрытием Б, для сварки во всех пространственных положениях 1 на постоянном токе обратной полярности 0:

$$\frac{\text{Э} - 09\text{Х1МФ} - \text{ЦЛ} - 20 - 4,0 - \text{ТД}}{\text{Е} - 27 - \text{Б10}} \text{ ГОСТ 9466} - 75, \text{ ГОСТ 9467} - 75$$
 - на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами;

Электроды ЦЛ-20-4,0 ГОСТ 9466-75 - в документации.

Электроды типа Э-10Х25Н13Г2Б по [ГОСТ 10052-75](#), марки ЦЛ-9, диаметром 5,0 мм, для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами В, с толстым покрытием Д, с установленной по [ГОСТ 10052-75](#) группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, 2075, с основным покрытием Б, для сварки в нижнем, горизонтальном на вертикальной плоскости и вертикальном снизу вверх положениях 3 на постоянном токе обратной полярности 0:

$$\frac{\text{Э} - 10\text{Х25Н13Г2Б} - \text{ЦЛ} - 9 - 5,0 - \text{ВД}}{\text{Е} - 2075 - \text{Б30}} \text{ ГОСТ 9466} - 75, \text{ ГОСТ 10052} - 75$$
 - на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами;

Электроды ЦЛ-9-5,0 ГОСТ 9466-76 - в документации.

Электроды типа Э-11Г3 по ГОСТ 10051-75, марки ОЗН-300У, диаметром 4,0 мм, для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами Н, с толстым покрытием Д, с установленной по ГОСТ 10051-75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла, 300/33-1, с основным покрытием Б, для наплавки в нижнем положении 4 на постоянном токе обратной полярности (0):

$\frac{\text{Э} - 11ГЗ - \text{ОЗН} - 300У - 4,0 - \text{НД}}{\text{Е} - 300/33 - 1 - \text{Е40}}$ ГОСТ 9466 - 75, ГОСТ 10051 - 62 - на этикетках или в маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами:

Электроды ОЗН-300У-4,0 ГОСТ 9466-75 - в документации.

Основным условием для получения качественного сварного соединения при ручной дуговой сваркой является устойчивость процесса сварки. Ее обеспечивают источники питания сварочной дуги. Ручная дуговая сварка может вестись как на постоянном, так и на переменном токе. Следовательно, при ручной дуговой сварки могут применяться источники переменного тока (трансформаторы) и постоянного тока (выпрямители, преобразователи, генераторы).

Но любой источник питания для ручной дуговой сварки должен обладать следующими требованиями:

- напряжение холостого хода должно быть достаточным для легкого возбуждения дуги. Максимально допустимое напряжение холостого хода для источников постоянного тока - 90В, переменного – 80В;
- напряжение на дуге должно быстро изменяться и восстанавливаться в зависимости от длины дуги. Время реагирования не должно превышать 0,05 с;
- ток короткого замыкания не должен превышать сварочный на 40-50%, при этом источник тока должен выдерживать длительные короткие замыкания;
- мощность источника тока должна быть достаточной для выполнения сварочных работ.

Для ручной дуговой сварки рекомендуется использовать источники питания с крутопадающей ВАХ (рис. 25)

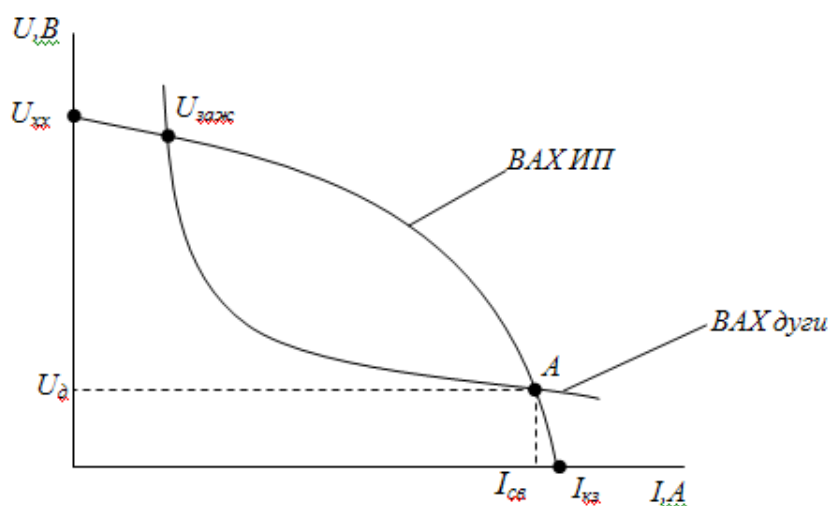


Рис. 25. Падающая внешняя характеристика
источника сварочного тока

При выборе источника питания для ручной дуговой сварки остается предпочтение источникам постоянного тока, т.к. при их использовании дуга горит более стабильно, но они имеют большую массу, сложнее в обслуживании и дороже. В последнее время все большую популярность приобретают инверторные источники питания из-за малого веса, стабильности и широкого диапазона регулирования сварочного тока.

ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Дуговая сварка под слоем флюса, также как и ручная сварка, металлическим электродом, осуществляется за счет использования тепла дуги. Существенное ее отличие состоит в том, что дуга горит под слоем сыпучего (жидкого) флюса между свариваемым изделием и непокрытой электродной проволокой, которая по мере плавления подается в зону дуги специальной сварочной головкой. Схема процесса представлена на (рис. 26)

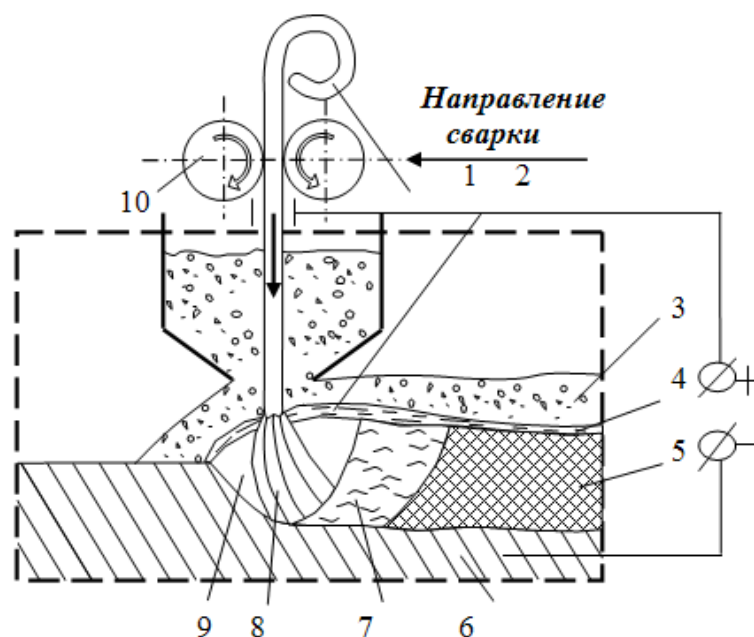


Рис. 26. Схема процесса автоматической сварки под слоем флюса: 1 —электрод; 2—жидкий флюс; 3 — сыпучий флюс; 4—спекшийся флюс; 5—закристаллизовавшийся металл шва; 6 — свариваемый металл; 7 — расплавленный металл шва; 8 — зона электрической дуги; 9 — газовый пузырь; 10 — подающие ролики.

сварочного трансформатора или генератора. Токоподвод к проволоке осуществляется через скользящий контакт вблизи места горения дуги. Это уменьшает нагрев проволоки джоулевым теплом и создает возможность применения высокой плотности тока без перегрева электродной проволоки. Увеличение тока и лучшее использование тепла дуги, горящей под слоем флюса, ведет к ускорению процесса расплавления электродной проволоки, к увеличению глубины проплавления свариваемого металла и повышению производительности в 5...10 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой штучными электродами.

Автоматическую сварку под флюсом отличают следующие преимущества:

- высокая производительность, превышающая ручную сварку в 5—10 раз. Она обеспечивается применением больших токов ввиду малых значений вылета h -электродной проволоки без опасения значительного ее перегрева в вылете и отслаивания обмазки как в покрытом электроде, более концентрированным

и полным использованием теплоты в закрытой зоне дуги, снижением трудоемкости за счет автоматизации процесса сварки;

высокое качество сварного шва вследствие защиты металла сварочной ванны расплавленным шлаком от кислорода и азота воздуха, легирования металла шва, увеличения плотности металла при медленном охлаждении под слоем застывшего шлака; экономия электродного металла при значительном снижении потерь на угар, разбрызгивание металла и огарки. При ручной сварке эти потери достигают 20 — 30%, в то время как при автоматической сварке под флюсом они не превышают 2 — 5%;

- экономия электроэнергии за счет более полного использования теплоты дуги по сравнению с ручной сваркой. Затраты электроэнергии при автоматической сварке уменьшаются на 30—40%.

Кроме того, при автоматической сварке условия труда значительно лучше, чем при ручной: дуга закрыта слоем шлака и флюса, выделение вредных газов и пыли значительно снижено, поэтому нет необходимости в защите зрения и лица сварщика от воздействия излучений дуги, а для вытяжки газов достаточно естественной вытяжной вентиляции.

Автоматическая сварка имеет и недостатки — это прежде всего ограниченная маневренность сварочных автоматов и производство сварки главным образом в нижнем положении. Качество наплавленного металла при автоматической сварке под слоем флюса обычно выше, чем при ручной сварке, отличается большей стабильностью и меньше зависит от квалификации сварщика. При сварке под слоем флюса достигается надежная защита жидкого металла от контакта с воздухом: скорость охлаждения сварочной ванны значительно меньше, чем при ручной сварке. Автоматическая сварка под флюсом дает значительную экономию электродного материала и электроэнергии, улучшает условия труда сварщика.

СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ

Сварочным флюсом называют неметаллический материал, расплав которого необходим для сварки и улучшения качества шва.

Взаимодействуя в процессе сварки с жидким металлом, расплавленный флюс в значительной степени определяет химический состав металла, а следовательно, и его механические свойства.

По способу изготовления флюсы делятся на плавленные и неплавленные.

Плавленные флюсы являются основными при автоматической сварке металла. Флюсы типов АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-В, АН-348-ВМ, АН-60 и ФЦ-9 предназначены для механической сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей углеродистой и низколегированной сварочной проволокой. Флюс марки АН-8 применяют при электрошлаковой сварке углеродистых и низколегированных сталей и сварке низколегированных сталей углеродистой и низколегированной сварочной проволокой. Флюсы марок АН-15М, АН-18, АН-20С, АН-20СМ и АН-20П служат для дуговой автоматической сварки и наплавки высоколегированных сталей и среднелегированных сталей. Флюс марки АН-22 предназначен для электрошлаковой сварки и дуговой автоматической наплавки и сварки низко- и среднелегированных сталей. Флюсы АН-26С, АН-26СП и АН-26П применяют при автоматической и полуавтоматической сварках нержавеющей, коррозионностойких и жаропрочных сталей. Флюсы марок АН-17М, АН-43 и АН-47 предназначены для дуговой сварки и наплавки углеродистых, низко- и среднелегированных сталей повышенной и высокой прочности.

Нормальные флюсы содержат зерна размером 0,5—4 мм. Флюсы мелкой granulации состоят из зерен размером 0,25—1,0 мм и в обозначении марки имеют конечную букву М.

Плавленные флюсы получают сплавлением составляющих его компонентов. Изготовление флюса включает следующие процессы: размалывание до необходимых размеров сырьевых материалов (марганцевая руда, кварцевый песок, мел, плавиковый шпат, глинозем и др.); перемешивание их в определенных массовых

соотношениях; плавка в газопламенных или электродуговых печах; грануляция с целью получения флюса определенных размеров зерен. Грануляция производится выпуском расплава флюса в воду, где он остывает и растрескивается на мелкие частицы. Затем флюс сушат в барабанах или сушильных шкафах и просеивают через сито на фракции.

-В состав этих флюсов в качестве основных компонентов входят марганец в виде оксида марганца и кремний в виде кремнезема. Марганец, обладая большим сродством с кислородом, восстанавливает содержащиеся в наплавляемом металле оксиды железа. Кроме того, образуя сульфид MnS , марганец способствует удалению серы в шлак. При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей высокомарганцовистые флюсы легируют металл шва. Кремний способствует снижению пористости металла шва, так как подавляет процесс образования оксида углерода, который является одной из основных причин образования пор в наплавленном металле. Кремний также является хорошим раскислителем, но как легирующий элемент при сварке под флюсом имеет ограниченное применение.

Неплавленные флюсы представляют собой механическую смесь составляющих его материалов. Исходные материалы (кремнезем, марганцевую руду, плавиковый шпат, ферросплавы и др.) дробят, измельчают, дозируют и полученную смесь тщательно усредняют. Затем замешивают в строго определенных соотношениях с водным раствором жидкого стекла и, пропустив через гранулятор, получают шарообразные гранулы (соединения). Сырые гранулы (соединения) поступают на сушку и прокалку.

Отсутствие плавки позволяет вводить в состав флюсов различные ферросплавы, металлические порошки, оксиды элементов и другие материалы. Эти вещества, участвуя в металлургических процессах сварки, значительно облегчают широкое легирование и раскисление наплавленного металла, улучшают структуру и снижают содержание вредных примесей в металле шва. При этом используется более простая сварочная проволока из обычной низкоуглеродистой стали. Недостатком неплавленных флюсов является их большая гигроскопичность, требующая герме-

точности упаковки и более точного соблюдения режима сварки, так как он оказывает влияние на процесс легирования наплавленного металла.

Используются флюсы марок АНК-35 (для сварки низкоуглеродистых сталей низкоуглеродистой проволокой Св-08 и Св-08А), АНК-46 (для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей), АНК-47 и АНК-30 (для сварки швов высокой хладостойкости), АНК-45 (для сварки высоколегированных сталей), АНК-40, АНК-18, АНК-19 (для наплавочных работ низкоуглеродистой сварочной проволокой Св-08 и Св-08А). При применении наплавочных проволок эти флюсы дают слои наплавленного металла более высокой твердости. Флюс марки АНК-3, применяемый как добавка к флюсам марок АН-348А, АН-60, повышает стойкость швов против образования пор.

Важным преимуществом неплавленных керамических флюсов является их относительно малая чувствительность к ржавчине, окалине и влаге на поверхности свариваемых кромок деталей по сравнению с плавными флюсами. Это особенно важно при строительно-монтажных работах. Плавные флюсы при сварке дают относительно небольшое количество легирующих примесей (только за счет восстановления из оксидов кремния и марганца). При этом появляются оксиды, способствующие образованию неметаллических включений, ухудшающих механические свойства металла. Поэтому для соответствующего легирования металла шва приходится применять дорогую легированную проволоку. Однако высокие технологические свойства плавных флюсов (хорошая защита зоны сварки, хорошее формирование валиков, отделимость шлака и др.) и меньшая стоимость обеспечивают широкое применение их в сварочном производстве. При необходимости получения сварных швов высокого качества по ударной вязкости при низкой температуре; швов, стойких против образования пор и трещин; и некоторых других специальных швов керамические флюсы незаменимы.

Магнитные флюсы относятся также к неплавленным флюсам. По технологии изготовления и применению они аналогичны керамическим флюсам. Кроме веществ, входящих в состав керамических флюсов, магнитный флюс содержит железный порошок, который не только придает ему магнитные свойства, но и спо-

способствует повышению производительности сварки. Флюс подается через сопло дозирующим устройством автомата (или полуавтомата). Под действием магнитного поля сварочного тока флюс притягивается к зоне сварки. При этом обеспечивается минимальный расход флюса и возможность качественной сварки вертикальных швов. В качестве электродного материала при сварке под слоем флюса используется холоднотянутая сварочная проволока, химический состав которой выбирается в зависимости от химического состава свариваемого металла и порошковая проволока марок ПП-АН 120, ПП-АН 121, ПП-АН 122. Для сварки низкоуглеродистых конструкционных сталей обычно применяется проволока СВ-08А, СВ-08ГА по ГОСТ 2246-70 (см. приложение 1). Для сварки легированных сталей используется проволока того же химического состава, что свариваемая сталь. Результаты сварки под флюсом в значительной степени зависят от свойств и качества флюса. Флюс должен обеспечивать хорошее формирование сварного шва при высокой производительности сварки, требуемый химический состав, структуру и высокую прочность наплавленного металла. В соответствии с ГОСТ 9087-81 выпускается 24 марки плавляемых флюсов, применяемых для автоматической и механизированной электродуговой сварки, а также для электрошлаковой сварки стали (Табл. 3).

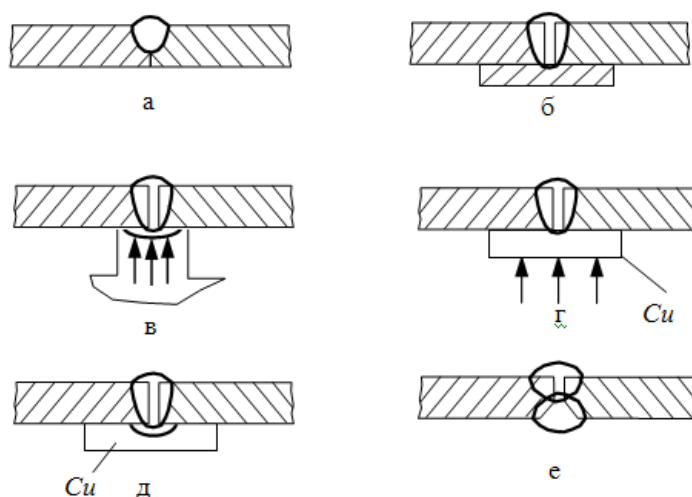
Таблица 3

Марка флюса	Массовая доля, %				
	Кремния (IV) оксид	Марганца (II) оксид	Кальция ок- сид	Магния ок- сид	Алюминия оксид
АН-348-А	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 6
АН-348-АМ	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 6
АН-348-В, АН-348-ВМ	40-44	30-34	Не более 12	Не более 7	Не более 8
ОСЦ-45	37-44	37-44	Не более 10	Не более 3	Не более 6
ОСЦ-45М	38-44	38-44	Не более 10	Не более 3	Не более 6
ОСЦ-45П	38-44	38-47	Не более 8	Не более 2,5	Не более 5
АН-8	33-36	21-26	4-7	5-8	11-15

АН-15М	6-10	Не более 0,9	29-33	Не более 2	36-40
АН-17М	18-22	Не более 3,0	14-18	8-12	24-29
АН-18	17-21	2,5-5,0	14-18	7-10	14-18
АН-20С, АН-20СМ, АН-20П	19-24	Не более 0,5	3-9	9-13	27-32
АН-22	18-22	7,0-9,0	12-15	12-15	19-23
АН-26С, АН-26СП, АН-26П	29-33	2,5-4,0	4-8	15-18	19-23
АН-42	30-34	14-19	12-18	-	13-18
АН-43	18-22	5,0-9,0	14-18	Не более 2	30-36
АН-47	28-33	11,0-18,0	13-17	6-10	9-13
АН-60	42-46	36-41	Не более 10	Не более 3	Не более 6
АН-65	38-42	22-28	Не более 8	7-11	Не более 5
ФЦ-9	38-41	38-41	Не более 8	Не более 3	10-13

Флюсы должны изготавливаться в виде однородных зерен (размер флюса от 0,25 до 4,0 мм). Содержание инородных частиц (нерастворившихся частиц сырьевых материалов, футеровки, угля, графита, кокса, металлических частиц и др.) должно быть не более: 0,5% от массы флюса для марок АН-348-А, АН-348-АМ, АН- 348-В, АН- 348-ВМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45-М, ОСЦ-45-П АН-18; 0,3 % – для марок АН-8, АН-15М, АН-17М, АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, АН-22, АН-43, АН-47, АН-60, АН-65 ФЦ-9; 0,1%– для марок АН-26С, АН-26СП, АН-26П, АН-42.

Автоматическая сварка под флюсом может вестись односторонним или двухсторонним способом (рис. 27). Лучшие результаты дает двухсторонний способ сварки, но он не всегда технологически возможен.



Р и с . 27. Способы сварки стыковых швов:

а (АФ) — односторонняя сварка с неполным проваром; б (АФо) — сварка на стальной остающейся подкладке; в (АФф) — сварка на флюсовой подушке; г (АФп) — сварка на медной подушке; д (АФм) — сварка на флюсомедной подкладке; е (АФш) — сварка по предварительной ручной подварке

Подготовку кромок и сборку изделия при сварке под флюсом производят более точно, чем при ручной сварке. Настроенный под определенный режим автомат точно выполняет установленный процесс сварки и не может учесть и выправить отклонения в разделке кромок и в сборке изделия. Разделку кромок производят машинной кислородной или плазменно-дуговой резкой, а также на металлорежущих станках.

Свариваемые кромки перед сборкой должны быть тщательно очищены от ржавчины, грязи, масла, влаги и шлаков. Это особенно важно при больших скоростях сварки, когда загрязнения, попадая в зону дуги, приводят к образованию пор, раковин и неметаллических включений. Очистку кромок производят пескоструйной обработкой или протравливанием и пассивированием. Очистке подвергается поверхность кромок шириной 50—60 мм по обе стороны от шва. Перед сваркой детали закрепляют на стендах или иных устройствах с помощью различных приспособлений или прихватывают ручной сваркой электродами с

качественным покрытием. Прихватки длиной 50—70 мм располагают на расстоянии не более 400 мм друг от друга, а крайние прихватки — на расстоянии не менее 200 мм от края шва. Прихватки должны быть тщательно очищены от шлака и брызг металла.

При сварке продольных швов для ввода электрода в шов и вывода его из шва за пределы изделия по окончании сварки к кромкам приваривают вводные и выводные планки. Форма разделки планок должна соответствовать разделке кромок основного шва.

Сварочный ток, напряжение дуги, диаметр, угол наклона и скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки и основные размеры разделки кромок выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок, формы разделки и свариваемого металла. Стыковые швы выполняют с разделкой и без разделки кромок согласно ГОСТ 8713-79 (табл. 4). При этом шов может быть одно- и двусторонним, а также одно- и многослойным.

Стыковая сварка односторонняя применяется при малоответственных сварных швах или в случаях, когда конструкция изделия не позволяет производить двустороннюю сварку шва. Значительный объем расплавленного металла, большая глубина проплавления и некоторый перегрев ванны могут привести к вытеканию металла в зазоры и нарушению процесса формирования шва. Чтобы избежать этого, следует закрыть обратную сторону шва сталью или медной подкладкой, флюсовой подушкой или проварить шов с обратной стороны (рис. 28).

На практике применяют четыре основных приема выполнения односторонней сварки стыковых швов, обеспечивающих получение качественного сварного шва.

Сварка на флюсовой подушке заключается в том, что под свариваемые кромки изделия подводят флюсовую подушку — слой флюса толщиной 30—70 мм. Флюсовая подушка прижимается к свариваемым кромкам под действием собственной массы изделия или с помощью резинового шланга, наполненного

воздухом. Давление воздуха в зависимости от толщины свариваемых кромок изделия для тонких кромок составляет 0,05—0,06 МПа и 0,2—0,25 МПа — для толстых кромок. Флюсовая подушка не допускает подтекания расплавленного металла и способствует хорошему формированию металла шва.

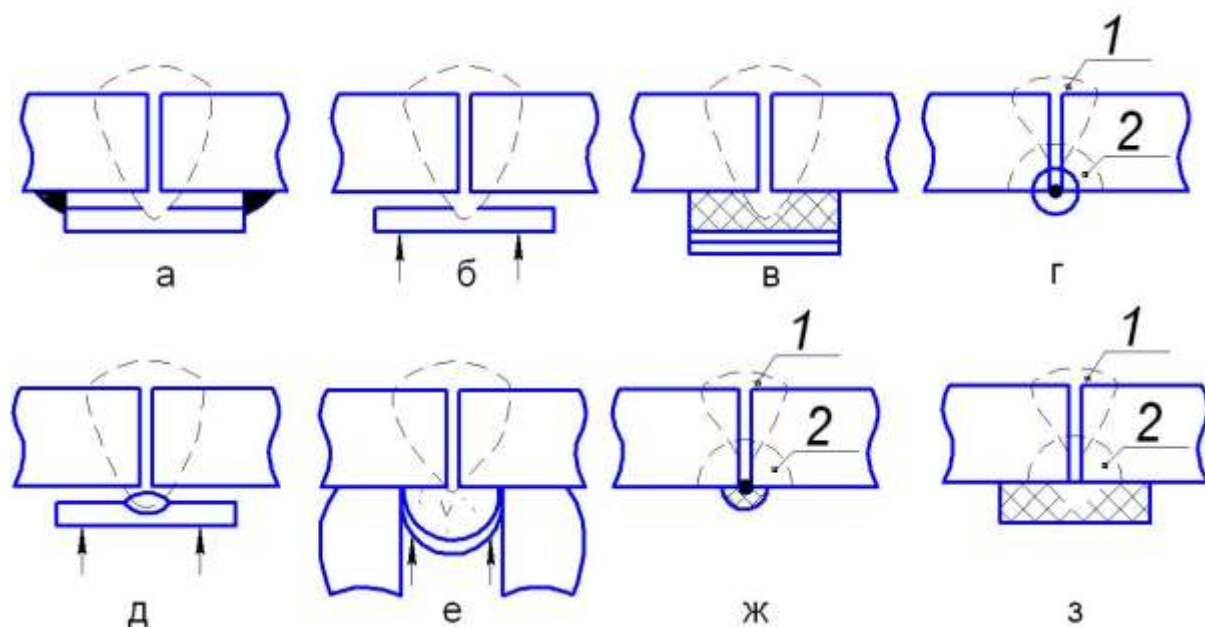
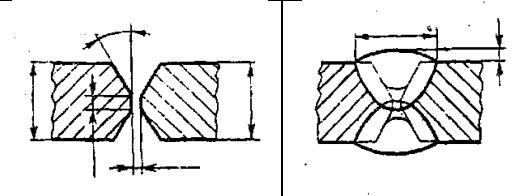


Рис. 28. Схемы устройств для удержания сварочной ванны и шлака при сварке под флюсом: а — остающаяся подкладка; б — временная подкладка; в — гибкая лента; г — ручная подварка; д — медно-флюсовая подкладка; е — флюсовая подушка; ж — заделка зазора огнестойким материалом; з — асбестовая подкладка; а, б, в, д, е — односторонний шов; г, ж, з — двусторонний шов; 1 — первый шов; 2 — второй шов

Таблица 4

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	S=S ₁	b		e, не более	g	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва			номин.	Пред. откл.		номин.	Пред. откл.
				2		+0,3	8,5	1,5	±1,0
				Св. 2 до 3		+ ,5	10		
				Св. 3		+0,8	12		

C 47			АФ, МФ	до 4	0	+1,0		2,0	+1,0 -1,5
				Св. 4 до 5			14		
				Св. 6 до 8			16		
				Св. 8 до 10			19		
				Св. 10 до 12			21		
C 4			АФФ	2	0,0	+1,0	12	1,5	1,0
				Св. 2 до 3	1,0	±1,0			
				Св. 3 до 4			16	2,0	1,5
				Св. 4 до 5	1,5		21		
				Св. 5 до 6					
				Св. 6 до 7	2,0	±1,5		2,0	
				Св. 7 до 10			26		
C 18			АФФ	От. 8 до 9	3	18	±3	1,5	±1,0
				Св. 9 до 10		20			
				Св. 10 до 12		4	2	±4	2,0
				Св. 12 до 14					
				Св. 14 до 20	24		±5	2,5	+1,0 -2,0
				Св. 14 до 20	26				
C 24			АФГ	От. 24 до 28	24	±4	+1 -2,0	30	
				Св. 28 до 38					
				Св. 38 до 48	29	2,5	+1, 5		

	Св. 48 до 54	33	± 5		-2,0	25
	Св. 54 до 60	36				

Сварка на медной подкладке применяется для большего теплоотвода в целях предупреждения пережога металла кромок. Вместе с тем подкладка, установленная с нижней стороны шва, предупреждает протекание жидкого металла сварочной ванны. Подкладка прижимается к шву с помощью механических или пневматических приспособлений. После сварки подкладка легко отделяется от стальных листов. При зазоре между свариваемыми кромками более 1—2 мм медную прокладку делают с желобком, куда насыпают флюс. В этом случае на обратной стороне шва образуется сварной валик.

Ширина медной подкладки составляет 40—60 мм, а толщину подкладки (5—30 мм) выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок.

Разработан метод сварки, при котором по обратной стороне шва перемещается медный башмак, охлаждаемый водой. При этом свариваемые листы собирают с зазором в 2—3 мм и через каждые 1,2—1,5 м скрепляют сборочными планками путем прихватки короткими сварными швами.

Сварка на стальной подкладке производится в тех случаях, когда конструкция изделия допускает приварку подкладки с обратной стороны шва. Стальную подкладку плотно подгоняют к плоскости свариваемых кромок и прикрепляют короткими швами ручной дуговой сваркой. Затем автоматической сваркой выполняют основной шов, проваривая одновременно основной металл и металл подкладки. Размеры подкладки зависят от толщины свариваемых кромок. Обычно подкладку изготавливают из стальной полосы шириной 20—60 мм и толщиной 4—6 мм.

Сварка после предварительного наложения подваренного шва вручную при-

меняется для упрощения процесса сборки изделия.

Стыковая сварка двусторонняя дает более высококачественный шов, обеспечивая хороший провар шва даже при некотором смещении свариваемых кромок. При изготовлении строительно-монтажных конструкций двусторонний способ является основным. Стыковое соединение сваривают автоматом сначала с одной стороны так, чтобы глубина проплавления составляла 60—70% толщины металла шва. Зазор между кромками должен быть минимальным, не более 1 мм. Сварку выполняют на весу без подкладок и уплотнений с обратной стороны стыка. При невозможности выдержать зазор между кромками менее 1 мм принимают меры по предупреждению подтекания жидкого металла, как это делают при односторонней сварке, т. е. производят сварку на флюсовой подушке, медной подкладке, на стальной подкладке или применяют прихватку ручной дуговой сваркой.

Режимы автоматической сварки под флюсом стыковых швов металлоконструкций приводятся в табл. 5.

Тавровые и нахлесточные соединения сваривают вертикальным электродом при положении шва «в лодочку» или наклонным электродом, если один из листов занимает горизонтальное положение. В зависимости от толщины свариваемых кромок и назначения соединения сварка может быть выполнена без разделки кромок, с одно- или двусторонней разделкой кромок.

При зазоре между кромками менее 1 мм сварку «в лодочку» выполняют на весу. При больших зазорах сварку производят на флюсовой подушке или на подкладках. Допускается заделка зазора асбестовым уплотнением или подварка шва с обратной стороны. Сварка «в лодочку» обеспечивает равномерное проплавление свариваемых кромок и получение качественного шва большого сечения за один проход. В большинстве случаев для выполнения сварного соединения изделие устанавливают на кантователь.

Типичные режимы автоматической сварки под флюсом стыковых швов
металлоконструкций на флюсовой подушке

Таблица 5

Толщина металла	Тип шва и подготовка кромок	Зазор мм	Диаметр проволоки, мм	№ слоя	свароч- ный ток, А	Напряжение дуги, В.		Скорость сварки, $1,10^{-3}$ м/с
						перемен- ный ток	постоян- ный ток (обратная поляр- ность)	
10	Односторонний без разделки кромки	2-4	5	—	700-750	34-38	30-32	7,8-8,3
14		4-6	5	—	850-900	36-40	30-34	7-7,5
16		5-7	5	—	900-950	38-42	30-34	6-6,1
10	Двусторонний без разделки кромки	2-4	5	—	700-750			7,8-8,3
14		2-4	5	—	675-725	36-40	30-34	7,8-8,3
16		2-4	5	—	725-775			7,5-8,1
более 17	Многослойный, одно – и – двусторонний с У- и Х-образной подготовкой кромки	3-1	4-5	—	750-800	36-38		
		3-1	4-5	2 и по- следую- щие	825-875	38-40	33-35	5,6-6,1

варку тавровых и нахлесточных соединений (рис. 29) при горизонтальной или вертикальной полке производят наклонным электродом с углом наклона к горизонтальной полке $20—30^\circ$. Недостатком такого способа сварки является невозможность получить шов с катетом более 16 мм, что иногда приводит к необходимости многослойной сварки.

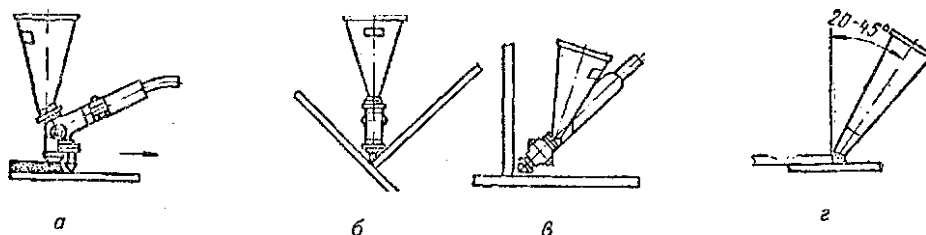


Рис. 29. Схема полуавтоматической сварки под флюсом: а — стыковых швов; б — в положении «в лодочку»; в — тавровых швов; г — нахлесточных швов

При полуавтоматической сварке перемещение дуги вдоль свариваемого шва производится сварщиком либо на себя, либо справа налево. Держатель опирают на кромки свариваемого изделия и тем самым поддерживают постоянство вылета электродной проволоки в пределах 15—25 мм. Благодаря повышенной плотности тока и более сосредоточенному вводу теплоты глубина провара при шланговой сварке возрастает на 30—40%. Устойчивость горения дуги также значительно повышается, что позволяет производить сварку металла малых толщин (0,8—1,0 мм) и кварку швов с катетом до 2 мм при сварочных токах 80—100 А.

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки приводятся в табл. 4.

Типичные режимы сварки под флюсом угловых швов металлоконструкции «в лодочку

Таблица 4

Катет шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В		Скорость сварки $1 \cdot 10^3$ м/с
			Переменный ток	Постоянный ток (обратная полярность)	
6	2	300-390	32-34	30-32	7,2-7,8
	4	575-600	34-36		
8	2	420-440	32-34	32-34	6,1-7
	4	575-625	34-36		8,3-8,9
	5	675-725	34-36		8,3-8,9
10	2	420-440	31-36	32-34	3,3-4,2
	4	650-700	34-36		6,4-7
	5	725-775	34-36		6,4-7
12	2	420-440	34-36	32-34	2,2-2,8
	4	600-650	34-36		5-5,6

	5	775-825	36-38		5-5,6
--	---	---------	-------	--	-------

При стыковых швах с зазором более 1,0—1,5 мм сварку производят на флюсовой подушке или на подкладках. При этом держателю придают поперечные колебательные движения. Тавровые и нахлесточные соединения рекомендуется выполнять электродной проволокой диаметром 1,6—2,0 мм на постоянном токе обратной полярности. Зазор между свариваемыми кромками не должен превышать 0,8—1,0 мм. Качественный шов за один проход пщанговой сваркой можно получить при катете шва не более 8 мм. При катетах более 8 мм производят многослойную сварку шва.

Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса

Для осуществления автоматической сварки под слоем флюса требуется целый комплекс механизмов и приспособлений, составляющих автоматическую установку для дуговой сварки: источник питания, аппаратный ящик и устройство, производящее зажигание дуги, подачу электродной проволоки и обеспечивающее устойчивое горение дуги, называется автоматической сварочной головкой.

В зависимости от способа регулирования длины дуги различают два основных вида автоматов:

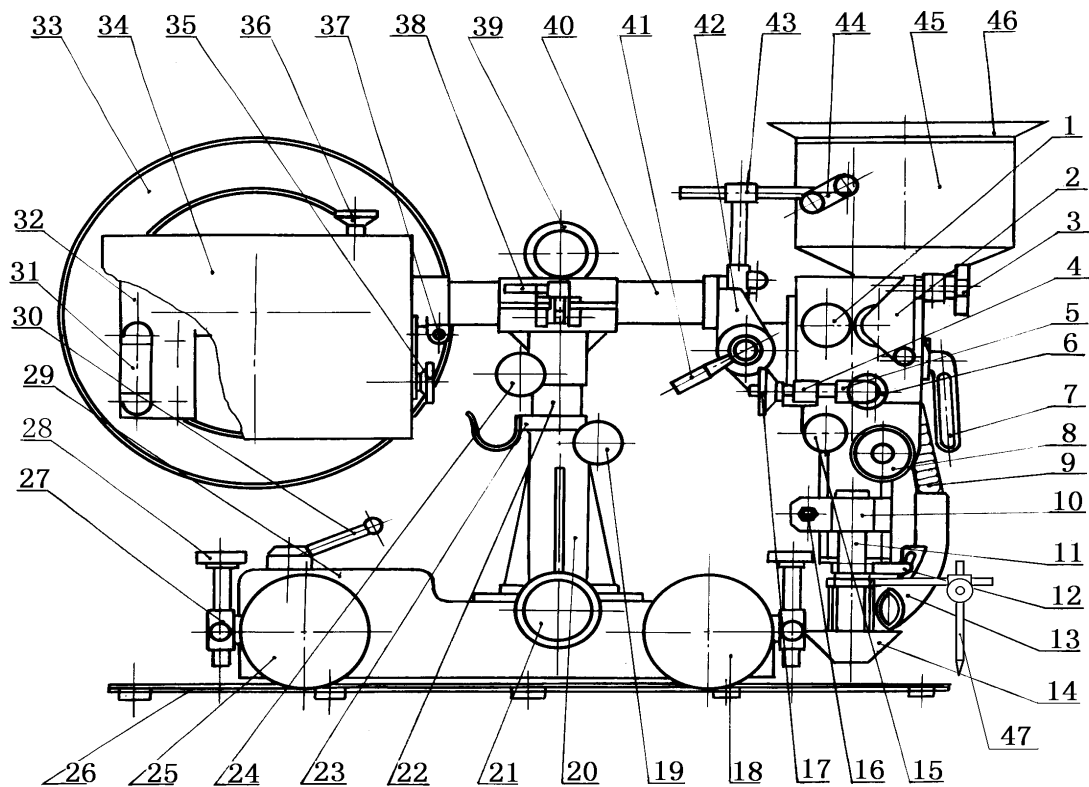
1. Автоматы с регулируемой скоростью подачи электродной проволоки;
2. Автоматы с постоянной скоростью подачи электродной проволоки.

Назначение и технические данные автомата АЗ11-1000: скорость подачи проволоки 0,5 - 2,5 (м/мин), сила сварочного тока $I_{св}$ 400...1200А, диаметр электродной проволоки 3...5 мм, скорость перемещения тележки $V_{св}$ 20...72 м/ч. Автомат предназначен для сварки встык или внахлестку канавок и швов любых поверхностей и конструкций. Сварка может производиться на горизонтальной

или наклонной поверхности с углом наклона до 15° . Подходит для сварки любых сортов низкоуглеродистой, низколегированной, нержавеющей и жаропрочной стали и т.д.

Рассмотрим принцип работы шлангового полуавтомата (рис. 61). Он сочетает универсальность и маневренность ручной сварки с преимуществами автоматической сварки под флюсом. Полуавтоматическая установка производит только подачу электродной проволоки в зону дуги, а перемещение дуги вдоль свариваемого шва осуществляет сварщик с помощью специального электрододержателя. Сварка производится при повышенных плотностях тока до 200 А/мм^2 , что позволяет применять электродную проволоку диаметром 1,2—2,5 мм. Высокие плотности тока повышают температурный режим сварки, коэффициент плавления и глубину провара шва. Вследствие этого допускается некоторое уменьшение разделки кромок, уменьшается необходимый расход электродной проволоки на единицу длины разделки кромок. При этом не только повышается производительность процесса сварки, но и значительно сокращается расход электроэнергии.

Устройство и принцип действия сварочного трактора FD 11-200T



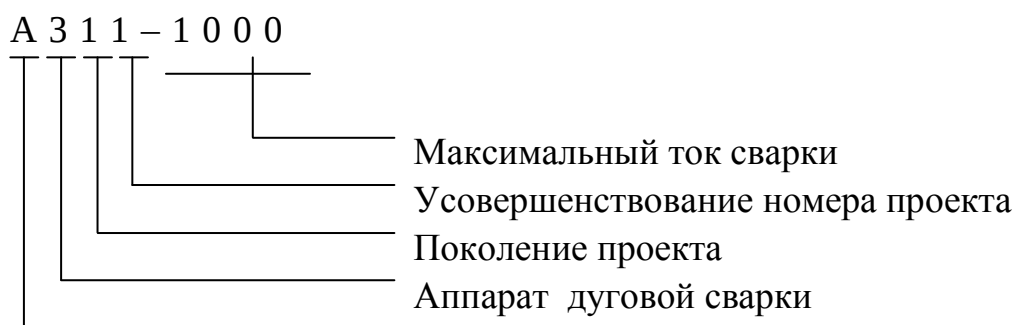
Р и с . 31. Общий вид трактора FD 11-200T:

1 - Колесо подачи проволоки; 2 - Блок прижимного валика; 3 - Маховик регулировки прижимного валика; 4 - Опора выпрямляющего колеса; 5 - Подставка выпрямляющего колеса; 6 - Выпрямляющее колесо; 7 - Переключатель притока флюса; 8 - Маховик поднятия насадки; 9 - Трубка подачи; 10 - Плата электродов; 11 - Сварочный пистолет; 12 - Подставка коленчатой трубы подачи флюса; 13 - Коленчатая труба подачи флюса; 14 - Направляющий конус флюса; 15 - Направляющее колесо; 16 - Кабельный крепежный болт; 17 - Маховик регулировки выпрямляющего колеса; 18 - Следящее колесо корпуса трактора; 19 - Маховик блокировки подъема колонны; 20 - Основание колонны; 21 - Маховик горизонтальной регулировки колонны; 22 - Колонна; 23 - Кабельный крюк; 24 - Маховик блокировки; 25 - Приводное колесо корпуса

трактора; 26 - Направляющая хода трактора; 27 - Подставка разведочной направляющей; 28 - Опора разведочной направляющей; 29 - Корпус трактора; 30 - Рычаг ручного/автоматического управления; 31 - Подставка для монтажа кабеля; 32 - Подставка для монтажа дивертора тока; 33 - Барабан для проволоки; 34 - Коробка блока управления; 35, 36 - Маховик вертикальной, горизонтальной блокировки блока управления; 37 - Стопорный болт анкерного зажима; 38 - Рычаг блокировки поперечной балки; 39 - Подвесное кольцо; 40 - Поперечная балка; 41 - Рычаг блокировки головки; 42 - Основание муфты головки; 43 - Подставка прядильного диска; 44 - Прядильный диск; 45 - Коробка флюса; 46 - Номер сита флюса; 47 - Следящее устройство

Автомат А311-1000 относится к автоматам первого типа и состоит из сварочного трактора FD 11-200Т (рис. 31) и источника питания PS 11-1000

Значение номера модели:



Часть схем управления (последовательность и подача проволоки) размещена в источнике питания PS10-1000, а остальная часть находится в корпусе самого трактора. Благодаря четырем колесам трактор может перемещаться по твердой поверхности с углом наклона до 15° или по направляющей конструкции. При сварке угловых швов конструкция составной колонны позволяет трактору перемещаться под углом, оставляя механизм подачи проволоки перпендикулярно земле.

Проволока идет из барабана через наводящую подставку (43). Подставка может быть установлена горизонтально, кверху, к низу, из стороны в сторону. Проволока, проходя через колесо подачи проволоки (1), выпрямляющее колесо (6) и наводящее колесо (15), направляется в сварочный пистолет (11) и поставляется через насадку. Рычаг (30) находится в положении “manual operation” («ручное управление»), управление движением трактора осуществляется вручную; когда

рычаг находится в положении “automatic” («автомат»), управление производится автоматически. Когда поперечная балка When the crossbeam vertical rotary handwheel (24) находится в свободном положении, поперечная балка трактора может вращаться на $\geq \pm 90^\circ$. После регулировки маховик (24) должен быть снова закреплен. Поперечная балка горизонтального поворотного маховика (38) находится в свободном состоянии, поперечная балка трактора способна горизонтально растягиваться на ± 50 мм и горизонтально поворачиваться вокруг своей оси на $\pm 45^\circ$. После регулировки маховик должен быть снова закреплен. При вращении маховика (8) сварочный пистолет может перемещаться на 70 мм вверх и вниз. Когда маховик (19) находится в свободном состоянии, а колонна поднята или сжата, колонна может перемещаться на 80 мм вверх и вниз. После регулировки маховик должен быть снова закреплен.

При вращении маховика (21) колонна может перемещаться по горизонтали на 65 мм. Когда рычаг блокировки головки (41) находится в положении “open” («открыто»), головка может быть вытянута вперед на 45° . Перед началом работы трактора рычаг (41) должен находиться в положении “close” («закрыто»). Когда горизонтальный блокирующий маховик блока управления (36) находится в свободном состоянии, коробка блока управления может быть повернута на 60° . Когда вертикальный блокирующий маховик блока управления (35) находится в свободном состоянии, коробка блока управления может быть поднята на 60° . После регулировки маховики (35) и (36) должны быть снова закреплены.

Правильно регулируйте давление маховиков прижимного валика (3) и выпрямляющего колеса (17). При слишком высоком давлении увеличивается деформация проволоки и соответственно увеличивается нагрузка на электромотор; при слишком низком давлении подача проволоки будет неравномерной. Давление должно быть отрегулировано таким образом, чтобы обеспечить равномерную и беспрепятственную подачу проволоки.

Горизонтальная регулировка: используется гайка подачи. Направляющие конструкции задней оси и основания образуют единое целое, обеспечивая не только стабильность и надежность, а также плавность и легкость регулировки.

Вертикальная регулировка: используется усиливающий механизм подъема плавной компрессии. Диапазон подъема/спуска 80 мм. Конструкция основной-вспомогательной гайки используется для плавной регулировки с помощью верньера подъема/спуска мундштука сварочной горелки, облегчая регулировку и делая ее более точной. Диапазон подъема/спуска 70 мм.

Редуктор подачи проволоки, и кронштейн сконструированы как единое целое. Таким образом, обеспечивается малый вес и регулярная форма, а также повышается стабильность процесса сварки. Возможно присоединение к трактору направляющей планки. Ее длина может меняться в зависимости от рабочих условий проведения сварки по заданной траектории.

Механизм подачи проволоки приводится в действие с помощью электромотора после редукции скорости группой шестерен червячного привода. Механизм обладает широким диапазоном регулирования и высокой стабильностью, возможна регулировка в пределах 40~450 см/мин.

Приводной механизм приводится в действие замедляющим микромотором, работающим на стойком остаточном магнетизме постоянного тока, таким образом осуществляется плавное управление скоростью вращения. Механизм имеет широкий диапазон регулирования, маленький размер и вес, компактную структуру и большое выходное вращение. Скорость сварки может регулироваться в диапазоне 25~100 см/мин.

Основные части трактора имеют три ступени изоляции: изоляция между направляющими и корпусом трактора, изоляция между корпусом трактора и поперечной балкой колонны, изоляция между поперечной балкой колонны и головкой механизма подачи проволоки и барабаном для проволоки соответственно. Кроме того опора разведочной направляющей (28 на рис. 31) изолирована от корпуса трактора; наводящий конус флюса и указатель места сварки (47 на рис. 31) изолированы как от сварочного пистолета, так и от объекта сварки.

НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ PS 11-1000

Источник энергии электродуговой сварки PS11-1000 – это мощный инверторный источник энергии для электродуговой сварки. Успешное применение технологии инвертирования и параллельного соединения источников энергии позволило достичь значительного прогресса в обеспечении надежности источника энергии, гибкости схемы управления, изготовления продукта, его обеспечения и т.д.

Компенсирующая цепь разработана так, чтобы противостоять колебаниям в электросети до $\pm 20\%$, это дает гарантию того, что данный источник энергии соответствует общим требованиям сварки в условиях серьезных колебаний электросети.

Технические параметры:

Напряжение на входе:	3 – 380В $\pm 20\%$ (50 – 60Гц)
Сила тока на входе I_1 :	80А
Мощность на входе P_1 :	52кВ
Напряжение до нагрузки	71В
U_{20} :	
Начальный ток до нагрузки	0.3А
I_{10} :	
Потеря до нагрузки P_{10} :	200Ватт
Допустимое напряжение	20В – 50В
при установке U_2 :	
Допустимый ток при установке I_2 :	100А – 1000А

Цикл работы X:	1000A/44V×100%
Эффективность η :	≥ 0.85 , допустимые условия 1000A/44В, 380В
·Фактор энергии λ :	0.7 – 0.9
·Класс защиты:	IP21
·Тип охлаждения:	Вентилятор
·Размеры:	810×345×1022
·Масса нетто:	110кг

НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВТОМАТА АДФ-1003УЗ

Автомат АДФ-1002УЗ (рис. 18) относится к системам с постоянной скоростью электродной проволоки при сварке и работает по принципу саморегулирования дуги. Сварочный автомат предназначен для сварки переменным током под слоем флюса, соединений встык с разделкой и без разделки кромок, для сварки угловых швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми.

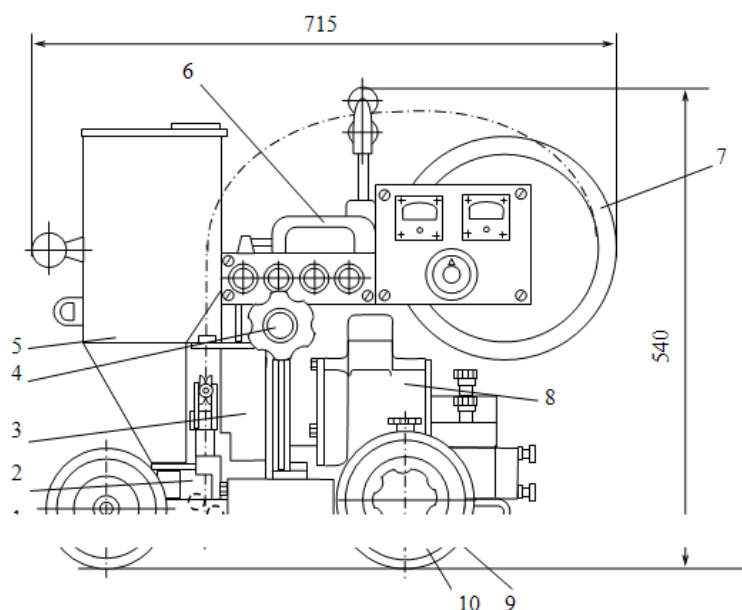


Рис. 32. Общий вид автомата АДФ-1002УЗ: 1 – шасси переднее; 2 – мундштуки; 3 – механизм подачи электродной проволоки (сварочная головка); 4 – маховичок корректировочного механизма; 5 – бункер для флюса основной; 6 – кронштейн с пультом управления; 7 – кассета для проволоки; 8 – электродвигатель; 9 – маховичок включения фрикционной муфты; 10 – механизм движения автомата (ходовой)

Автомат в процессе работы передвигается по изделию или по уложенной на нем легкой направляющей линейке. Сварочный автомат состоит из сварочного трактора и источника питания ТДФ-1001 УЗ со встроенным блоком управления.

По условиям эксплуатации автомат разделяется на два климатических исполнения:

1. Исполнение УЗ – для работы в странах с умеренным климатом при температуре окружающего воздуха от -10 до $+40$ °С, относительной влажности 80% при $+20$ °С на высоте над уровнем моря до 1000 м;

2. Исполнение ТЗ – для работы в странах с тропическим климатом при температуре окружающего воздуха от -10 до $+45$ °С, относительной влажности 90% при $+27$ °С на высоте над уровнем моря до 1000 м.

Окружающая среда — невзрывоопасная, не содержащая агрессивные газы и пары в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенная токопроводящей пылью и водяными парами.

Технические данные автомата: напряжение питающей трехфазной сети U 380 В, номинальный сварочный ток $I_{св}$ 1000 А, диаметр электродной проволоки 3,0 – 5,0 мм, скорость подачи электродной проволоки $V_{п}$ 1 – 6 м/мин, скорость сварки $V_{св}$ 12 – 80 м/ч, предельный угол наклона сварочной головки в плоскости, перпендикулярной шву 45 град, емкость барабана для проволоки 15 кг, емкость бункера 6,5 дм³, габаритные размеры, мм: длина 715 мм, ширина 345мм высота 540 мм, масса автомата без электродной проволоки и флюса, не более 45кг.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СВАРОЧНОГО ТРАКТОРА АДФ-1002УЗ

Сварочный трактор представляет собой самоходный механизм, состоящий из редукторов подающего механизма и ходовой тележки (несущий корпус автомата). Они приводятся в движение общим электродвигателем 8 (рис. 5). Скорость подачи сварочной проволоки и скорость сварки не зависят от напряжения на сварочной дуге и регулируются сменными шестернями. Сварочная проволока подается в зону сварки сварочной головкой 3. Автомат передвигается вдоль шва ходовым механизмом 10 с заданной скоростью сварки. На корпусе укреплены мундштуки 2 и кронштейн 6 с пультом управления. На кронштейне смонтированы правильный, механизм, корректировочный механизм 4, кассета для проволоки 7, бункер для флюса 5, переднее шасси автомата с холостыми бегунками 1.

Мундштуки применяются для подвода сварочного тока к электродной проволоке и для направления ее в зону сварки. Подвод тока осуществляется скользящими контактами. Правильный механизм служит для выпрямления электродной проволоки, сматываемой с кассеты. Он состоит из трех роликов, расположенных над механизмом подачи. Режим правки регулируется упорным винтом верхнего ролика. Корректировочный механизм служит для смещения электрода поперек шва и для поперечного наклона мундштука в месте с головкой, кронштейном и катушкой. Кроме того, при сварке по копиру он применяется для точной установки электрода в плоскости копира.

Корректировочный механизм состоит из червяка, закрепленного на кронштейне, и червячного сектора, неподвижно закрепленного на корпусе электродвигателя. На оба конца червяка насажены маховички. При вращении маховичка червяк обкатывается по неподвижному сектору и поворачивает всю сварочную головку автомата.

Пульт управления 6 встроен в корпус кронштейна и предназначен для управления работой автомата. На пульте управления установлены вольтметр V, амперметр А, кнопки управления Кн.1 «Пуск», Кн2 «Стоп», Кн3 «Верх», Кн4 «Вниз» и резистор R5 для регулировки сварочного тока.

Бункер служит для подачи флюса в зону дуги. Автомат снабжен двумя сменными бункерами: один применяется при сварке швов вертикальным электродом, другой — при сварке наклонным электродом. Бункер основной снабжен сыпным патрубком. Перемещением этого патрубка по высоте, регулируется толщина слоя флюса.

Механизм подачи (сварочная головка) электродной проволоки состоит из редуктора с червячными и цилиндрическим зубчатыми, передачами и двух роликов, подающих зажатую между ними проволоку.

Для настройки на нужную скорость подачи редуктор снабжен, сменными шестернями.

Механизм движения (ходовой механизм) состоит из редуктора с червячными и сменными цилиндрическими зубчатыми передачами, двух ведущих бегунков с резиновыми шинами и электродвигателями.

Для ручного перекачивания автомата на валу бегунков имеется специальная фрикционная муфта с маховичками 9 при помощи, которой вал можно отключать от электропривода.

НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ТДФ 1001УЗ

Сварочные трансформаторы типа ТДФ-1001УЗ с крутопадающими внешними характеристиками предназначены для автоматической дуговой сварки под флюсом однофазным переменным током частотой 50 Гц.

Климатическое исполнение трансформаторов – «У», категория размещения для ТДФ-1001– «3»

При этом:

- высота над уровнем моря не более 1000 м
- верхнее и эффективное значение температуры окружающего воздуха – плюс 40°C;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха:
для эксплуатации в рабочем состоянии – минус 10 °C
в нерабочем состоянии – минус 45°C;
- относительная влажность воздуха – 80% при 20°C (среднемесячное значение)

Трансформатор типа ТДФ-1001УЗ – однопостовые, т. е. они могут быть использованы в качестве источника питания только для одного сварочного автомата.

Номинальный сварочный ток 1000 А: пределы регулирования на ступени «малых» токов 400÷740, на ступени «больших» токов 750÷1200; номинальное первичное напряжение 220 или 380 В, частота 50 Гц, первичный ток: при исполнении на 220 В – 385 А, при исполнении на 380В – 245 А; Вторичное напряжение холостого хода: при минимальном сварочном токе 71 В, при максимальном сварочном токе 75 В; условное номинальное рабочее напряжение 44 В; коэффициент полезного действия не менее 87 %; потребляемая мощность 95 кВА.

РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ДУГОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Режим автоматической сварки под флюсом определяется следующими параметрами:

- а) величиной, родом и полярностью сварочного тока $I_{св}$ А;
- б) диаметром электрода $d_э$ мм и его маркой;
- в) напряжением дуги u , В;

г) скоростью сварки $V_{св}$;
д) скоростью подачи электрода $V_{п}$;
е) расположением электрода относительно поверхности свариваемого изделия;

ж) маркой флюса, размером гранул, высотой засыпки флюса.

Исходными условиями для выбора режима автоматической сварки являются:

- 1) получение шва заданных геометрических размеров;
- 2) получение заданных температурных условий в зоне сварки.
- 3)

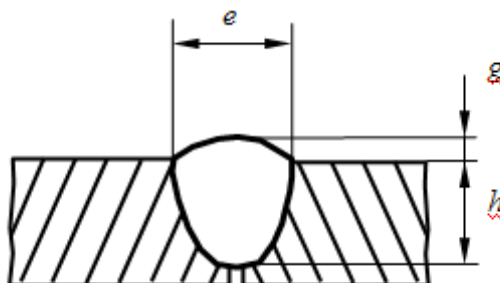


Рис. 33. Сечение сварного шва

Соответственно существует два способа расчета режима сварки. В данной работе применяется расчет режима автоматической сварки по первому способу — исходя из условия получения шва заданной геометрии.

Основными размерами швов (рис. 33), выполненных автоматической сваркой под слоем флюса, влияющими на качество и работоспособность сварного соединения, являются глубина проплавления h , ширина шва e высота валика g . Отношение e к h является коэффициентом формы проплавления

$$\psi_{пр} = \frac{e}{h}, \quad (6)$$

Для получения качественного шва необходимо учитывать влияние параметров режима сварки на геометрию шва. Наиболее важной характеристикой сварного шва является глубина проплавления.

Для односторонней сварки ее величина должна быть не менее 0,7...0,8, а для двусторонней – не менее 0,6 толщины свариваемого металла. На глубину проплавления оказывают влияние все основные параметры режима сварки.

1. Глубина проплавления прежде всего зависит от силы сварного тока $I_{св}$. С увеличением тока глубина проплавления возрастает, а ширина шва изменяется незначительно. Зависимость $I_{св}(h)$ имеет вид:

$$I_{св} = \frac{100h}{k}, \quad \text{А} \quad (7)$$

Значения коэффициента k , необходимые для расчета $I_{св}$, приведены в (табл.6)

Таблица . 6

Род тока	Полярность	Диаметр электрода мм	Значение К на 100А	
			Стык без разделки, наплавка	Стык с разделкой кромок, тавр
Переменный	Прямая	5	1,1	1,5
Постоянный		5	1,0	1,25
Переменный		2	1,0	2,0

2. На глубину проплавления оказывает заметное влияние также диаметр электродной проволоки. С увеличением диаметра электрода при неизменной величине тока уменьшается плотность тока и, следовательно, глубина проплавления. Рекомендуемые диаметры электродов для различной величины тока приведены в (табл. 7)

Таблица. 7

$I_{св}$ А	190...250	250...600	350...800	450...800	625...1350
d_3 мм	2	3	4	5	6

3. Увеличение напряжения сварки приводит к незначительному изменению глубины проплавления, к заметному увеличению ширины шва и, как следствие, к увеличению коэффициента формы провара. Уменьшение напряжения сварки приводит к уменьшению коэффициента проплавления. Выбор напряжения осуществляется по графику, показывающему зависимость между коэффициентом формы провара и величиной напряжения дуги u (рис. 33)

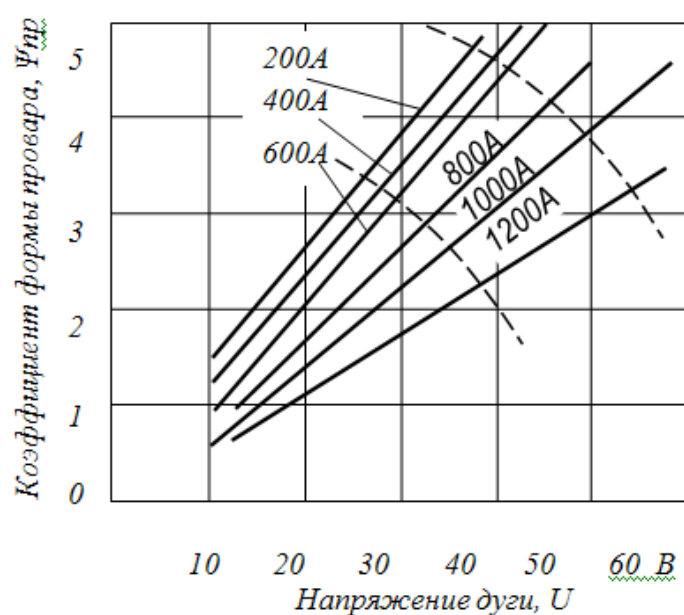


Рис. 33 Напряжение дуги

Область между пунктирными линиями обеспечивает хорошее формирование шва. При значениях $\Psi_{пр} = 2,5...5,0$ имеет место наибольшая стойкость против образования кристаллизационных трещин.

3. Влияние скорости сварки на глубину проплавления носит сложный характер. Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{100 \gamma F_{\text{н}}} \quad \text{м/ч}, \quad (8)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч; γ – плотность металла, г/см³; $F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см².

Скорость подачи электродной проволоки можно подсчитать, исходя из скорости сварки:

$$V_{\text{п}} = \frac{V_{\text{св}} F_{\text{н}}}{F_{\text{э}}} \quad \text{м/ч}, \quad (9)$$

здесь $F_{\text{э}}$ – площадь поперечного сечения электрода, см².

5. Сварка может производиться электродом, расположенным вертикально, углом вперед (рис. 33, а) или углом назад (рис. 33, б). При сварке углом назад вытеснение металла из-под основания столба дуги происходит сильнее, чем при сварке вертикальным электродом. Это приводит к появлению зон несплавления и может служить причиной пористости. Сварка углом назад имеет ограниченное практическое применение (главным образом используется при необходимости получения глубокого провара).

При сварке электродом с наклоном угла вперед столб дуги стремится занять положение, совпадающее с осью электрода. Давление столба на поверхность сварочной ванны уменьшается, что приводит к заметному уменьшению глубины провара и увеличению ширины шва по сравнению со сваркой вертикальным электродом. Сварка электродом с наклоном угла вперед применяется для повышения скорости автоматической сварки под слоем флюса при многодуговой сварке.

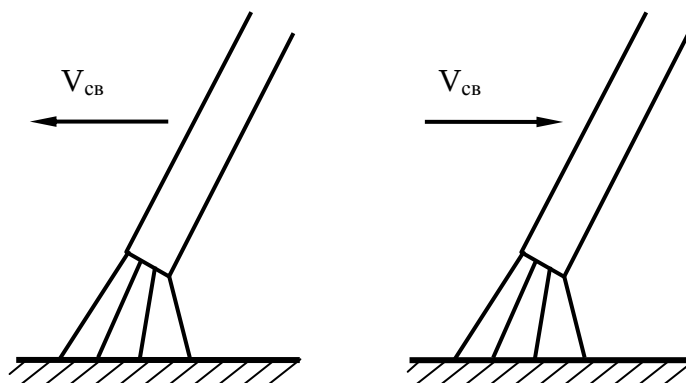


Рис. 33. Положение электрода при сварке:

a – углом вперед; *б* – углом назад.

СВАРКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

При дуговой сварке в защитных газах защитный газ, непрерывно подаваемый в зону сварочной дуги, оттесняет воздух, не допуская вредного влияния его на расплавленный основной и присадочный металл.

Дуговая сварка в защитных газах может осуществляться неплавящимся (вольфрамовым) и плавящимся электродами (рис. 34). В качестве защитных газов применяются: инертные (аргон и гелий), активные (азот, водород, углекислый газ) и смеси газов (аргон и кислород, аргон с углекислым газом и др.).

При сварке неплавящимся электродом источником тепла является электрическая дуга, возбуждаемая между вольфрамовым электродом и изделием. Сварка неплавящимся электродом может осуществляться с непрерывной и импульсной подачей энергии. При этом могут быть выполнены непрерывные и точечные швы.

При сварке импульсной дугой сварочный ток подается отдельными импульсами. При пропускании импульса тока определенной длительности возбуждается дуга и на свариваемой детали образуется сварная точка. Для получения сплошного шва необходимо перекрытие отдельных сварных точек.

Для повышения стабильности повторных возбуждений импульсной дуги и получения сварных точек одинаковых размеров между вольфрамовым электродом и изделием постоянно горит маломощная "дежурная" дуга. Горение "дежурной

дуги" стабилизирует горячее катодное пятно на конце вольфрамового электрода и поддерживает дуговой промежуток в ионизированном состоянии. Благодаря этому устраняется блуждание сварочной дуги по электроду, и повторные возбуждения импульсной дуги происходят только с конца вольфрамового электрода.

При сварке плавящимся электродом источником тепла является электрическая дуга, возбуждаемая между свариваемой деталью и электродной проволокой,

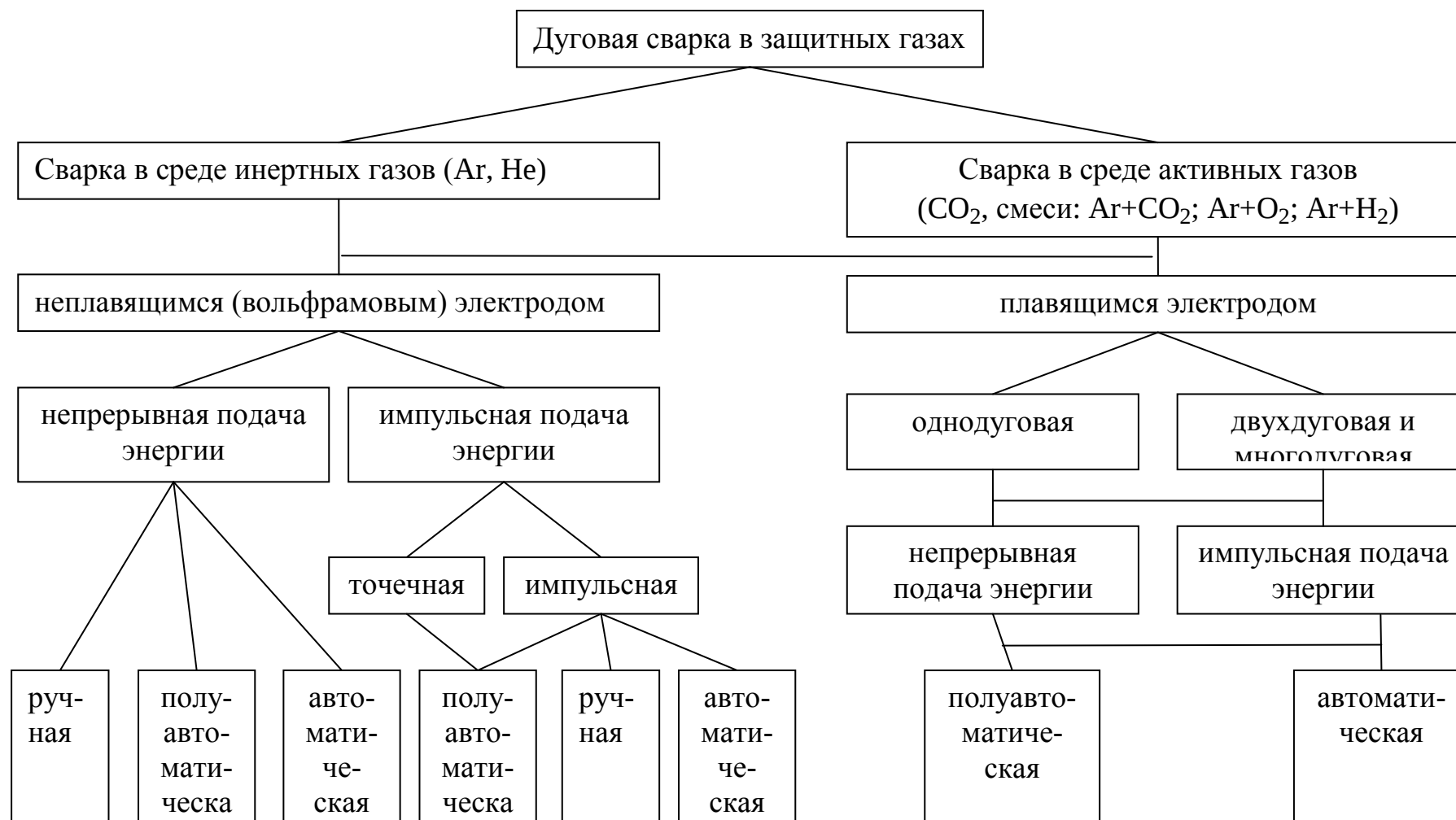


Рис.34. Способы дуговой сварки в защитных средах

подаваемой в зону дуги со скоростью, равной скорости ее плавления. Электродная проволока, дуга и ванна с расплавленным металлом защищены струей инертного газа.

При выборе способа дуговой сварки в защитных газах необходимо учесть следующее:

- неплавящимся (вольфрамовым) электродом можно сваривать детали из материала толщиной 0,5 мм и более;
- плавящийся электрод можно применять при сварке деталей толщиной 1 мм и более;
- импульсную дугу рекомендуется применять при сварке встык или отбортовке деталей толщиной 0,5-2 мм.

ОБОРУДОВАНИЕ, АППАРАТУРА И ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ СВАРОЧНОГО ПОСТА

Рабочий пост ручной, полуавтоматической и автоматической дуговой сварки в защитных газах должен быть снабжен сварочным оборудованием, приборами для контроля параметров режима сварки (напряжения и тока) и расхода газов, инструментом и оснасткой.

Сварочный пост для ручной сварки с неплавящимся электродом на постоянном токе (рис.35) состоит из сварочной горелки - 1, соединенной шлангом с баллоном - 4, редуктором - 3, ротаметром - 2, источник питания – 5, балластный реостат – 6.

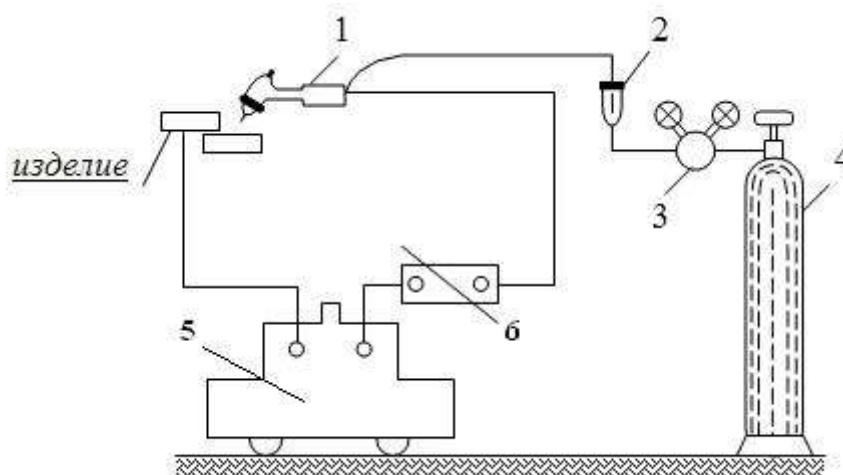


Рис. 35. Схема сварочного поста для ручной дуговой сварки в защитных средах

Установка для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах (рис. 36) состоит из источника питания - 1, контактора - 2, балластного реостата - 3, подающего механизма - 4, ротаметра - 5, баллона с редуктором - 6 и сварочной горелки (или самоходной головки) - 7.

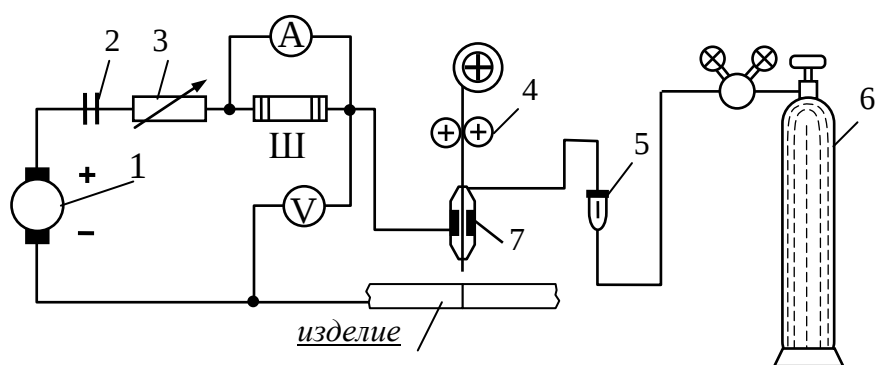


Рис. 36. Схема сварочного поста для механизированной дуговой сварки в защитных газах

В установке для автоматической дуговой сварки неплавящимся электродом подающий механизм отсутствует, но имеется самоходная головка с горелкой и с отдельным механизмом подачи присадочной проволоки.

Для ручной дуговой сварки в защитном газе (аргонодуговой сварки) выпускаются сварочные установки типа УДГ-101, УДГ-301, УДГ-501, ПРС-1М, ПРС-2 и др.

Для автоматической дуговой сварки неплавящимся электродом в защитном газе наиболее широкое применение нашли:

- АДСВ-2 - дуговая сварка в среде аргона нержавеющей сталей, титана и алюминиевых сплавов на постоянном и переменном токе производится на установке тракторного типа;

- автоматы АДСВ-5, АДСВ-6 - сварка кольцевых швов диаметром до 2000 мм и продольных швов длиной до 5000 мм на изделиях из титановых сплавов и высокопрочных сталей. Автоматы состоят из тележки тракторного типа, на которой устанавливается головка АСГВ-4 с пультом управления;

- полуавтоматы ПШВ - 1, (постоянный ток), ПШВ-1М (переменный ток) - для полуавтоматической сварки нержавеющей и жаропрочных сталей, титана и алюминиевых сплавов толщиной 0,8 мм и более;

- консольные автоматы АРК-1, АРК-2 и АРК-3,- которые в сочетании со сварочным стапелем и манипулятором позволяют выполнять сварку продольных, кольцевых и круговых швов.

Для механизированной и полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах наиболее широкое применение нашли такие установки, как АДСП-2, АДГ-502, АДГ-504, А-1408, А-573, А-547, ПДГ-502, ПДГ-503, ПДГ-504, ПШП-2I и др.

ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛА К СВАРКЕ

Свариваемые детали подготавливают к дуговой сварке в защитных газах так же, как при дуговой сварке или сварке под флюсом.

Подготовку поверхности свариваемых кромок под дуговую сварку в защитных газах производить в соответствии с ОСТ 1. 41712-85 "Дуговая сварка в защитном газе конструкционных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Подготовка поверхности основных и присадочных материалов. Общие технические требования". На качество сварки влияет тщательная очистка кромок от грязи, масла, ржавчины, окалины. В ответственных конструкциях из высоколегированных сталей, производится промывка кромок растворителями (ацетоном, спиртов и др.). В конструкциях из алюминиевых сплавов свариваемые поверхности и присадочная проволока подвергаются химическому травлению с последующей нейтрализацией и сушкой.

Подготовка кромок свариваемых деталей должна обеспечить возможность стыковки кромок под сварку по всей длине шва с минимальным зазором. Форма подготовки свариваемых кромок зависит от толщины свариваемого металла и типа соединений (стыковое, угловое, тавровое, нахлесточное и т.д.).

Сборку деталей под сварку осуществляют с помощью зажимных приспособлений или прихваткой при помощи ручной аргонодуговой сварки. Прихватки в виде точек должны: быть минимальных размеров, иметь минимальное усиление и располагаться по длине шва на расстоянии 15 – 100 мм в зависимости от толщины свариваемого материала.

Перед сваркой места прихватки необходимо зачистить стальной щеткой.

При автоматической сварке прямолинейных швов по концам сварного шва прихватываются в стык технологические пластинки, одна из которых служит для возбуждения дуги, другая – для вывода кратера по окончании сварки.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Дуговая сварка в защитных газах в зависимости от конфигурации изделия, марки материала и толщины может осуществляться на весу, на съемной или остающейся подкладке или с газовой защитой обратной стороны сварного шва.

Для обеспечения эффективной газовой защиты при сварке неплавящимся и плавящимся электродами не допускается удаление сопла сварочной горелки от поверхности свариваемой детали более, чем на 12 - 15 мм.

Дуговую сварку в защитных газах для качественного формирования сварного шва желательно производить в нижнем положении. При автоматической сварке кольцевых швов необходимо для предупреждения стекания жидкого металла при сварке горелку смещать на 10-20° в сторону, противоположную вращению изделия. При окончании или вынужденной остановке необходимо перекрыть начало шва на 10-30 мм.

При автоматической сварке изделий больших толщин сварка осуществляется плавящимся электродом с поперечными колебаниями сварочного электрода. Поперечные колебания позволяют улучшить формирование шва, заполнить разделку меньшим числом проходов и благоприятно воздействовать на структуру металла соединения.

Сварка производится на режимах, обеспечивающих минимальные размеры шва, стабильное проплавление по всему периметру шва и плавные переходы от основного металла к сварному шву.

Для получения качественного сварного соединения из углеродистых, легированных, нержавеющей и теплостойких сталей, жаропрочных, алюминиевых, магниевых, титановых, медных и никелевых сплавов, активных тугоплавких и других металлов с толщиной материала от десятков микрон до десятков миллиметров необходима защита от окружающей среды.

Из большого многообразия методов сварки в авиационной промышленности находит широкое применение дуговая сварка в защитных газах в ручном, полуавтоматическом и автоматическом вариантах.

В зависимости от толщины свариваемого металла используется сварка вольфрамовым электродом с присадкой и без присадки или сварка плавящимся электродом. В качестве защитных газов используются аргон, гелий, углекислый газ, водород, азот.

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Для сварки высокопрочных сталей применяется аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.

Основная трудность при сварке высокопрочных конструкционных сталей заключается в повышенной восприимчивости их к закалке, что приводит к резкому повышению твердости металла, возникновению значительных остаточных напряжений в околошовных зонах.

К мерам борьбы с этими недостатками относятся выбор соответствующих сварочных материалов, подогрев свариваемых кромок и соответствующая термическая обработка.

2. Конструкционные, нержавеющие и жаропрочные стали, применяемые в современных конструкциях летательных аппаратов и узлах деталей с толщиной свариваемых в стык листов 0,8 – 2,5 мм, свариваются обычно автоматической сваркой плавлением в среде аргона вольфрамовым электродом и плавящимся электродом диаметром 1,2 – 1,6 мм (в зарубежной практике диаметром 0,4 – 0,8 мм).

Для изготовления углов из листов толщиной менее 0,6 мм (сильфоны, обечайки и др.) рекомендуется сварку вести вольфрамовым электродом в среде аргона на постоянном токе обратной полярности.

Основной трудностью сварки изделий с такими толщинами является опасность прожога из-за некачественной сборки и деформации при сварке, вы-

завшей увеличение зазора и изменение теплоотода. Поэтому к сборочно-сварочной оснастке предъявляются следующие требования:

- 1) плотное и равномерное прижатие свариваемых кромок к подкладке по всей длине шва;
- 2) точная подгонка свариваемых кромок;
- 3) точное перемещение дуги вдоль стыка.

Качественный сварной шов получается при сварке импульсной дугой.

3. При сварке тугоплавких материалов (Ti, Nb, Mo, Ta и т.п.), обладающих большой химической активностью при нагреве, требуется тщательная защита шва и околошовной зоны от атмосферных газов.

При дуговой сварке в среде аргона этих материалов рекомендуется применить горелки с увеличенным диаметром сопла, сопел с удлиненным козырьком.

Для защиты обратной стороны шва от действия воздуха в узлах простой конфигурации используют медные и стальные прокладки. При этом во время сварки струю аргона подводят также под нижнюю поверхность кромок свариваемых листов, для чего в подкладке делают канавку, расположенную вдоль линии шва.

Узлы сложной конфигурации не всегда возможно достаточно надежно защитить при помощи этих устройств. В этих случаях целесообразно производить сварку в специальных камерах с контролируемой атмосферой.

В промышленности используются камеры "мягкие", "жесткие" и "обитаемые" ("Атмосфера-4"). Для них выпускаются специальные сварочные установки, например ВУАС – 1 для автоматической сварки.

4. Подготовка перед сваркой изделий из алюминиевых сплавов включает очистку поверхности химическим способом по следующей технологии: обезжиривание, травление в щелочи, промывка в воде, сушка и контроль.

В зависимости от толщины свариваемых изделий применяют аргонодуговую сварку неплавящимся вольфрамовым или плавящимся электродами.

В массовом производстве целесообразно применение автоматической сварки. Для автоматической аргонодуговой сварки плавящимся, и неплавящимся электродами разработано большое, количество различных автоматов. Все такие автоматы состоят из механизмов для подачи электродной проволоки или присадочного материала, передвижения автомата вдоль свариваемого стыка и сварочной головки, при необходимости перемещения изделия - приспособления для установки и перемещения свариваемого изделия.

АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА

Аргон - бесцветный газ, в 1,38 раза тяжелее воздуха, с большинством элементов он не образует химических соединений и нерастворим в жидких и твердых металлах. Аргон получают из воздуха переохлажденного до низких отрицательных температур путем избирательного испарения при температурах выше -185°C ,

Согласно ГОСТ 10157-79 выпускают три марки аргона различной чистоты: В - 99,99%, I - 99,96% в II - 99,90% (указаны проценты чистого аргона, остальное - примеси кислорода и азота). Поставляется и хранится аргон в сжатом газообразном состоянии в стальных баллонах под давлением 15 МПа.

Аргонодуговой сваркой можно сваривать изделия по двум схемам: неплавящимся и плавящимся электродами.

Сварку неплавящимся электродом применяют, как правило, при соединении металлов толщиной 0,1 ... 6 мм; плавящимся электродом - от 3 и более.

В качестве неплавящегося электрода применяют вольфрамовые прутки по ГОСТ 23949 – 80, марки ЭВЧ, ЭВЛ, ЭВИ. Диаметр вольфрамового электрода выбирается в зависимости от величины сварочного тока (табл.8)

Таблица 8

Сила тока, А	20-60	60-120	120-180	180-260	260-320	320-500
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1-2	3	4	5	6	7

Сварку неплавящимся электродом обычно ведут на постоянном токе прямой полярности. Для сварки Al сплавов используется постоянный ток обратной полярности либо переменный с использованием осцилляторов, что позволяет за счет эффекта катодного распыления разрушить окисные пленки.

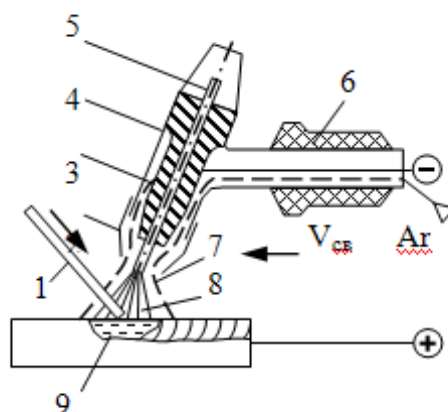


Рис. 37.

Для сварки неплавящимся электродами в среде защитных газов необходимо иметь (рис. 25): 1 – присадочный пруток или проволоку; 2 – сопло; 3 – токоподводящий мундштук; 4 – корпус горелки; 5 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 6 – рукоять горелки; 7 – атмосферу защитного газа; 8 – сварочную дугу; 9 – ванну расплавленного металла.

Дуга горит между вольфрамовым электродом и свариваемым изделием. В зону пламени дуги подается присадочный пруток, изготовленный из материала, близкого по химическому составу к основному металлу. Металлический

пруток и основной металл образуют ванну расплавленного металла. Сварка осуществляется специальной горелкой, в которой укреплен электрод, по каналу горелки в зону дуги подается аргон.

При переменном токе максимально допустимый ток $I = 60d$, I - сила тока, А; d – диаметр электрода, мм (табл. 7) (вид соединения - встык),

При сварке на постоянном токе прямой полярности с горелками без водяного охлаждения максимально допустимый сварочный ток определяют по формуле:

$$I_{св} = 80 d, \text{ А} \quad (10)$$

При сварке с водяным охлаждением сварочный ток увеличиваю на 20-30 %.

Режимы для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Таблица 9.

Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Диаметр проволоки, мм	Расход газа, л/мин	Скорость сварки, см/мин
1,0	30 – 40	1,6	3 – 4	12 – 28
1,5	45 – 70	1,6	4 – 5	10 – 20
2,0	70 – 120	2,0	5 – 6	8 – 18

При ручной сварке диаметр присадочного прутка определяют по формуле:

$$d = 0,5S + 1, \text{ мм} \quad (11)$$

где S – толщина металла, мм.

Сварочный пост для ручной сварки на постоянном токе включает источник постоянного тока, специальную горелку, баллон с газом, редуктор, ротаметр для измерения расхода газа и др.

Для сварки на постоянном токе в качестве источника питания применяют сварочные генераторы, сварочные выпрямители.

Сварку в среде аргона применяют для нержавеющей, жаропрочных сталей и алюминиевых сплавов.

При аргонодуговой сварке, выполненной неплавящимся электродом, формируется сварной шов по ГОСТ 14771-76.

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА В СРЕДЕ АКТИВНЫХ ГАЗОВ

Дуговой сваркой в среде защитных газов называется сварка при которой дуга и расплавленный металл, а в некоторых случаях и остывающий шов, находятся в защитном газе, подаваемом в зону сварки с помощью специальных устройств. Форма подготовок кромок и сварных соединений регламентирована ГОСТ 14771-76.

Способ дуговой сварки в защитных газах предполагает следующие методы сварки и их обозначения:

ИН – в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного металла;

ИНп – в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом;

Ип – в инертных газах и их смесях с плавящимся электродом;

УП – в активных газах и их смесях плавящимся электродом.

В качестве активных газов используют углекислый газ и его смеси с кислородом, а для инертных газов используют гелий, аргон и их смесь.

Сварка в среде защитных газов применяется для соединения различных материалов, таких как сталь, цветные металлы и другие.

Технологическими преимуществами являются относительная простота процесса сварки, находящихся в различных пространственных положениях. Возможность наблюдения за образованием шва. Небольшой объем шлаков, участвующих в процессе сварки в CO_2 , позволяет в ряде случаев получить швы высокого качества.

Недостатками являются: необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги, возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи воздуха.

Сущность способа сварки в углекислом газе заключается в том, что электрическая дуга и расплавленный металл защищены от влияния кислорода и азота струей защитного газа. В зону сварки электродная проволока и углекислый газ поступают через сопло сварочной горелки. Сварка ведется на постоянном токе, обратной полярности, что обеспечивает быстрое расплавление электродной проволоки (рис. 27).

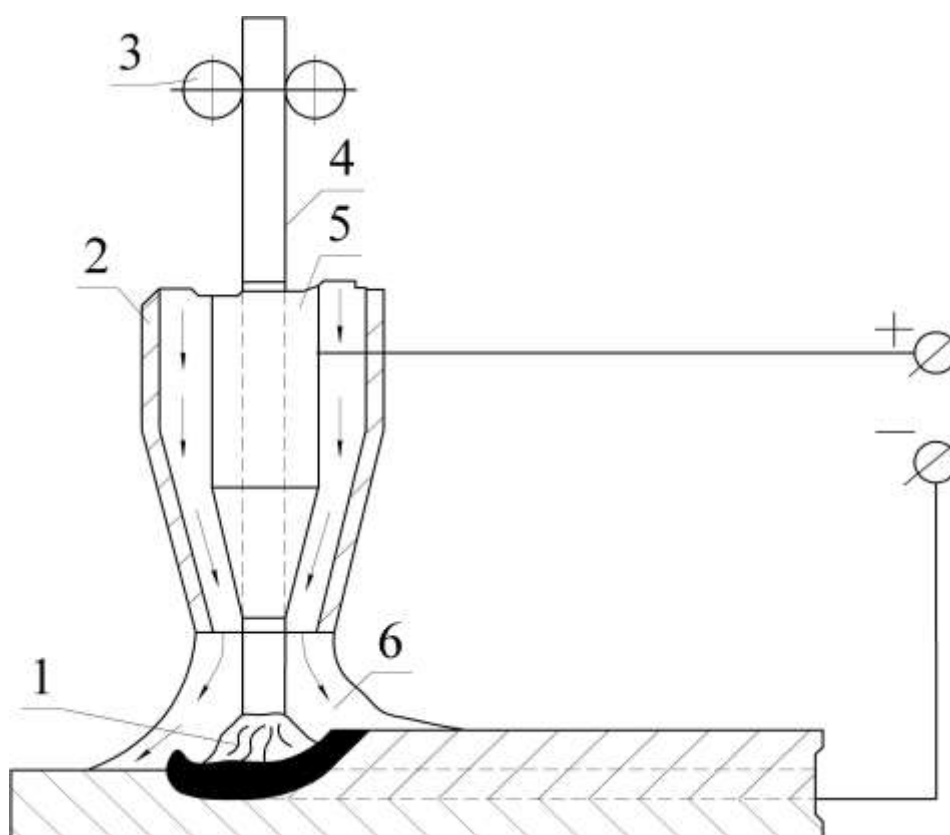


Рис. 37. Схема дуговой сварки в углекислом газе плавящимся электродом
1 – Электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики; 4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук; 6 – защитный газ

Особенность сварки плавящимся электродом в CO_2 является применении электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей (марганца, кремния и др.), компенсирующих их выгорание в зоне сварки. При отсут-

ствии или недостаточном количестве раскислителей, есть вероятность образования трещин в сварном соединении.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ СВАРКИ

Основными параметрами сварки являются: сила сварочного тока $I_{св}$, род и полярность тока, напряжение дуги $U_{д}$, диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, расход газа $Q_{газа}$, скорость сварки $V_{св}$, скорость подачи проволоки $V_{под. пр.}$.

Расчет параметров режима сварки начинается с выбора сварочных материалов.

Свойства свариваемого (основного) металла во многом зависят от его состава и структуры. Чтобы сварное соединение было равнопрочным основному металлу, необходимо получить структуру металла шва, аналогичную структуре свариваемого металла. Этого можно достичь путем подбора сварочной проволоки соответствующему химическому составу основного металла.

Стальная сварочная проволока классифицируется на три группы: низкоуглеродистая, легированная и высоколегированная. ГОСТ 2246 – 70 предусматривает 77 марок стальной проволоки разного химического состава. Низкоуглеродистую и легированную проволоку выпускают омедненной, и неомедненной. Неомедненная проволока при обычном хранении окисляется, становится непригодной для сварки в качестве присадочного материала и для изготовления штучных электродов. Возникает необходимость в удалении ржавчины и остатков смазочных веществ, применяемых при протяжке и консервации проволоки. Загрязненную проволоку очищают травлением в 20%-ом растворе серной кислоты или щелочи. Работы по очистке проволоки на предприятиях производят с помощью специальных устройств. Омедненная проволока не требует обработки, так как тонкий поверхностный слой меди защищает ее от коррозии.

В последнее время широкое применение нашло использование порошковой проволоки. Порошковая проволока представляет собой трубчатую (часто со сложным внутренним сечением) проволоку, заполненную порошкообразным

наполнителем шихтой. Оболочку порошковой проволоки изготавливают из стальной ленты толщиной 0,2 – 0,5 мм. Наполнитель представляет собой смесь порошков из газов и шлакообразующих компонентов, обеспечивающих защиту зоны сварки и требуемые свойства сварного соединения. Основными марками при сварке в углекислом газе являются: ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8.

ГАЗ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ ПРИ СВАРКЕ

Активные газы в процессе сварки взаимодействуют с металлом, растворяясь в нем и образуя химические соединения. Защитное действие активных газов происходит за счет оттеснения из зоны сварки воздуха, при этом важнейшей ролью защитных газов является предупреждение проникновения азота воздуха к металлу, так как удаление азота из сварочной ванны представляет большую трудность по сравнению с удалением кислорода раскислением.

Углекислый газ в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с едва ощутимым запахом. Углекислый газ, предназначенный для сварки, должен соответствовать ГОСТ 8050 – 85, в зависимости от содержания углекислый газ выпускается трех марок: сварочный, пищевой, технический. Для сварки используют углекислоту 1 и 2-го сорта (99,5% и 99%). В баллонах давление должно соответствовать норме 5 – 6 МПа. Баллоны окрашены в черный цвет с желтой надписью «Углекислый газ».

Таблица 9. Требования к чистоте сварочного углекислого газа по ГОСТ 8050 – 64.

Компонент	Содержание	
	Первый сорт	Второй сорт
Двуокись углерода, % не менее	99,5	99,0
Водяные пары: При нормальной температуре и давлении, об.% не более по точке росы, 0 °С, не выше	0,178 - 34	0,515 - 34

Примечание: Сварочный углекислый газ не должен содержать более 1% примесей, в их числе не более 0,05% растворенной влаги, без воды в свободном состоянии. В нем не должно быть азота, воздуха, разных масел, сернистых соединений и вредных примесей.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ СВАРКИ

1. Диаметр сварочной электродной проволоки выбирается в зависимости от толщины и от разделки кромок свариваемого материала:

Таблица 10. Выбор диаметра сварочной проволоки (без скоса кромок).

Толщина, мм	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
Диаметр проволоки, мм	0,5	0,6	0,8	0,8-1	0,8-1	1,2-1,6	1,2-1,6	1,6-2	1,6-2	2-2,5

Таблица 11. Выбор диаметра сварочной проволоки (со скосом кромок).

Толщина, мм	8	10	12	14
Диаметр проволоки, мм	1,6-2	1,6-2	2	2-2,5

2. Вылет электрода выбирается в зависимости от диаметра сварочной электродной проволоки (табл. 13)

Таблица 12.

Диаметр проволоки, мм	1,6	2	2,5	3
Вылет электрода, мм	15-20	15-20	12-28	20-32

3. Расход газа выбирается в зависимости от толщины свариваемого материала (табл. 14)

Таблица 13.

Толщина, мм	1	1,5-2	2-3	3-4	5-10	> 10
V л/мин	5-6	6-8	8-10	12-16	17-18	20-25

4. Ток сварки определяется в зависимости от диаметра сварочной проволоки по формуле:

$$I_{св} = 100 \cdot d_{пр} \cdot (d_{пр} - 0,5) + 50, \text{ А} \quad (12)$$

где $d_{пр}$ - диаметр проволоки, мм.

5. Напряжение на дуге определяется по формуле:

$$U_d = 8(d_{пр} + 1,6), \text{ В} \quad (13)$$

6. Скорость перемещения дуги (скорость сварки) определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{F_H \cdot \rho}, \text{ м/ч} \quad (14)$$

где γ_n - коэффициент наплавки (г/А*ч);

ρ - удельный вес (г/см³), для стали 7,8 г/см³;

F_n - площадь наплавленного металла, мм², при наплавке в СО₂ принимается равным 0,3 – 0,7 см²;

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А.

7. Скорость подачи проволоки определяется по формуле:

$$V_{\text{под.пр.}} = \frac{4\gamma_n * I_{св}}{\pi d^2 * \lambda}, \text{ м/ч} \quad (15)$$

8. Коэффициент наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p * (1 - \psi), \text{ г/А*ч} \quad (16)$$

где ψ - коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. При сварке в СО₂,

$\psi = 0,1 - 0,15$;

α_p - коэффициент расплавления проволоки, г/А*ч;

9. Коэффициент расплавления проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_p = (3 + 0,08 * I_{св})/d^2, \text{ г/А*ч} \quad (17)$$

где d - диаметр электродной проволоки, мм.

ОБОРУДОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО ПОСТА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Сварочный пост механизированной сварки в среде активных газов (рис. 38) состоит из электрической, механической и газовой магистрали. Электрическая часть включает в себя: источник питания, пульт управления, цепь сварочного тока. Механическая часть: механизм подачи сварочной проволоки, газозлектрическая горелка. Газовая магистраль: баллон, шланги для подачи газов и газовые приборы (подогреватель, осушитель, редуктор, расходомер, газозлектрический клапан).

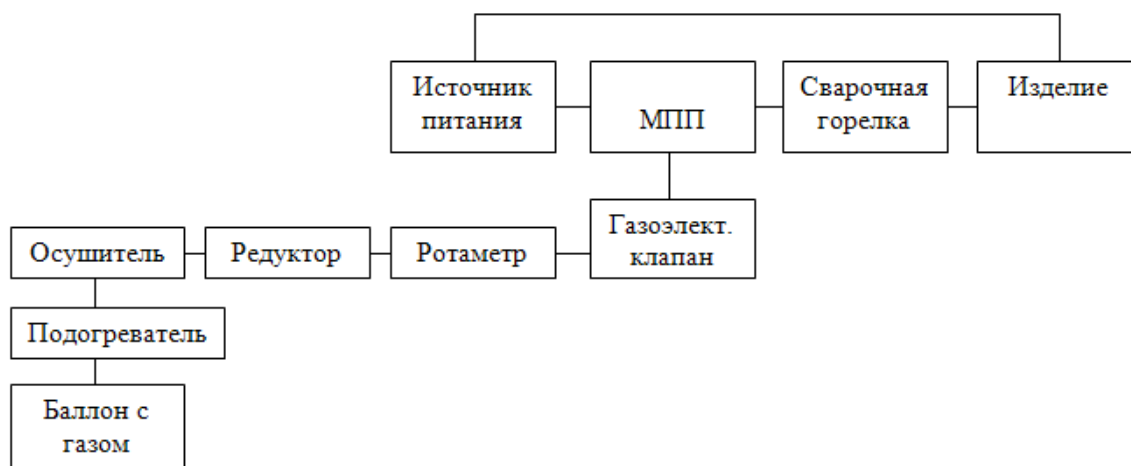


Рис. 38. Схема поста для механизированной сварки
в среде защитных газов

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сварочное оборудование должно удовлетворять всем требованиям технологического процесса, а также отвечать требованиям техники безопасности при изготовлении изделий. В промышленности используют различные типы полуавтоматов ПДГ 200, ПДГ 500 и другие.

При проведении данной лабораторной работы используется однопостовой сварочный инверторный полуавтомат Форсаж – 315 gaz произведенный Рязанским приборным заводом.

Инверторные источники питания имеют высокий КПД, обеспечивают легкое зажигание дуги, мелкокапельный и струйный перенос металла, экономию электроэнергии на 30 – 40%.

Данный сварочный полуавтомат обеспечивает сварку плавящейся электродной проволокой (сплошной или порошковой) в среде защитных газов деталей из обычных и нержавеющей сталей, меди, латуни, алюминия на постоянном токе.

Сварочный полуавтомат выпускается вместе с механизмом подачи проволоки Форсаж – 315 МП. Механизм подачи проволоки предназначен для своевременного поступления сварочной проволоки, двух пар роликов подающих и направ-

ляющих. К задней панели прикреплена бухта с проволокой. В механизме предусмотрена регулировка скорости подачи проволоки.

Газоэлектрическая горелка является одним из важнейших узлов для сварки в защитных газах. От совершенства конструкции горелки зависит ряд технологических факторов процесса и качество выполнения сварки. Сварочная горелка предназначена для подведения к плавящемуся или неплавящемуся электроду сварочного тока и защитной струи газа. В зависимости от габаритов, массы, силы тока горелки делятся на малые, средние, большие, а также на горелки с водяным, газовым охлаждением и без охлаждения.

Выбор типа горелки должен производиться в зависимости от ряда условий:

1. От требуемой силы тока, определяемой толщиной и свойствами основного металла;
2. От удобства выполнения швов в конструкции (возможности подвода горелки в неудобных или труднодоступных местах, глубоких разделках и т.п.);
3. От продолжительности процесса сварки.

ГАЗОВАЯ МАГИСТРАЛЬ

Подогреватель служит для подогрева углекислого газа так как при выпуске CO_2 из баллона температура значительно меньше то есть возможно замерзание редуктора, вследствие этого углекислый газ не будет поступать в сварочную ванну. Для разрабатываемого участка используется подогреватель У-30-2.

Осушитель предназначен для поглощения влаги, содержащейся в углекислом газе. При попадании влаги в зону сварки ухудшается качество сварного соединения.

Газоэлектрический клапан служит для экономии расхода газа.

Редукторы рассчитаны для понижения высокого давления газа выходящего из баллона до рабочего и автоматического поддержания заданного давления. В основном при сварке применяют кислородные редукторы типа РК обратного действия, а также специальный дюзовый редуктор типа ДЗР-1-59.

Расходомеры предназначены для измерения расхода газа. При сварке в защитных газах применяются расходомеры поплавкового типа (РС-3, РС-5), дросельного, калиброванного, редукторного типа с блокировкой и без блокировки сварочного тока по воде, и газу.

Газовый баллон предназначен для хранения и транспортировки защитного газа под высоким давлением. При сварке в среде защитных газов в основном применяются баллоны объемом в 40 л. Газовые баллоны регламентированы по ГОСТ 949 – 73.

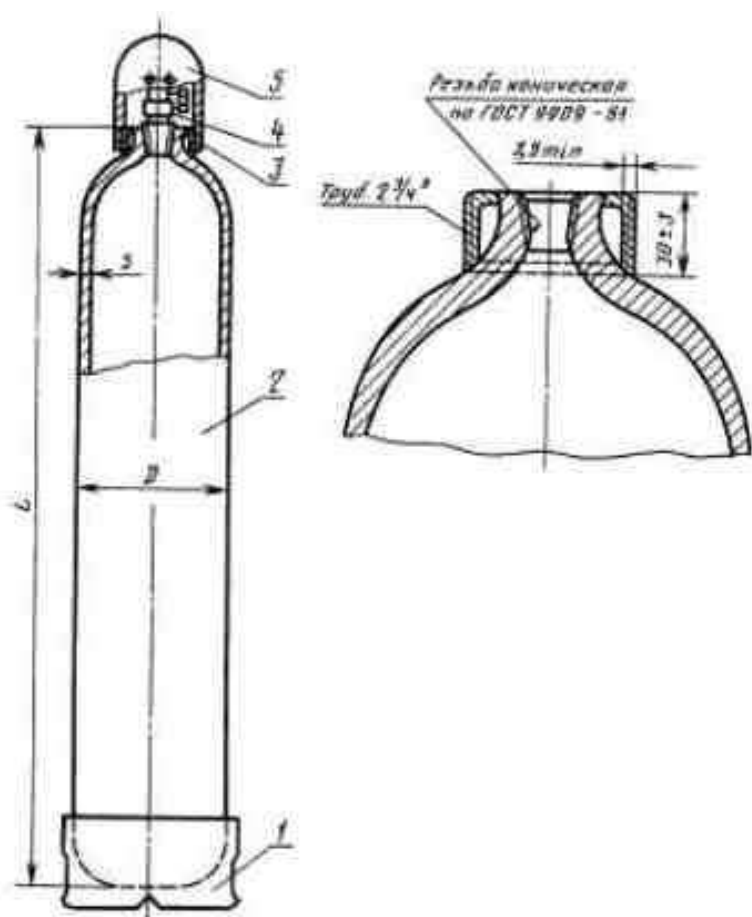


Рис. 39

1. Опорный башмак
2. Корпус баллона
3. Кольцо горловины
4. Вентиль баллонный
5. Предохранительный колпак

Окраска и нанесение надписей на баллоны для газов

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
1	2	3	4	5
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	То же
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий	Синий
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	"
Бутилен	Красная	Бутилен	Желтый	Черный
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз	Красный	"
Бутан	Красная	Бутан	Белый	"
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	"
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	"
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	"
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный	"
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	"
Кислород медицинский	Голубая	Кислород медицинский	Черный	"
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	"
Фосген	Защитная	То же	"	Красный
Фреон-11	Алюминиевая	Фреон-11	Черный	Синий
Фреон-12	Алюминиевая	Фреон-12	Черный	"
Фреон-13	Алюминиевая	Фреон-13	Черный	2 красные
Фреон-22	Алюминиевая	Фреон-22	Черный	2-желтые
Хлор	Защитная	"	"	Зеленый
Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан	Черный	"
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	"
Все др. горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	"
Все др. негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	"

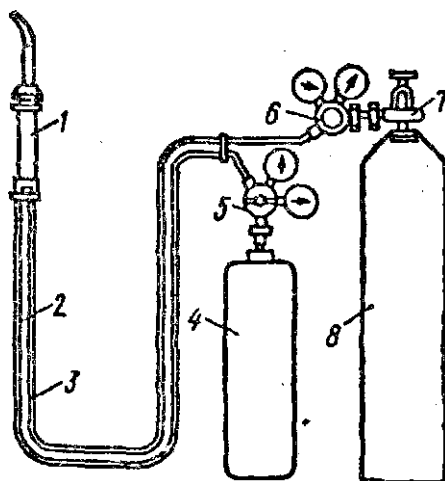
ГАЗОВАЯ СВАРКА

Оборудование и аппаратура для газовой сварки

Газовой сваркой называется сварка плавлением, при которой нагрев кромок соединяемых частей и присадочного материала производится теплотой сгорания горючих газов в кислороде.

Газовая сварка классифицируется по виду применяемого горючего газа (ацетиленокислородная, керосинокислородная, бензинокислородная, пропанобутанокислородная и др.). Широкое применение получили газовые сварки ацетиленокислородная и пропанобутанокислородная. Для производства работ сварочные посты должны иметь следующее оборудование и инвентарь (рис. 39): ацетиленовый генератор или баллон с горючим газом, кислородный баллон, редукторы

(кислородный и для горючего газа), сварочную горелку с набором сменных наконечников, шланги для подачи горючего газа и кислорода в горелку, сварочный стол, приспособления для сборки изделий под сварку, комплект инструментов. для подачи горючего газа и кислорода в горелку, сварочный стол, приспособления для сборки изделий под сварку, комплект инструментов.



Ацетиленовый генератор — аппарат, предназначенный для получения ацетилена при взаимодействии карбида кальция с водой.

Ацетиленовые генераторы (рис.46) различают по следующим признакам:

- по давлению получаемого ацетилена — генераторы низкого давления (до 0,02 МПа) и среднего давления (0,01-0,15 МПа);
- по производительности — генераторы дают 0,3—640 м³/ч ацетилена (чаще применяют генераторы производительностью 1,25 м³/ч);
- по способу установки — передвижные и стационарные;
- по принципу взаимодействия карбида кальция с водой — работающие по принципу «карбид в воду» (КВ), «вода в карбид» (ВК), «вытеснение воды» (ВВ), комбинированные.

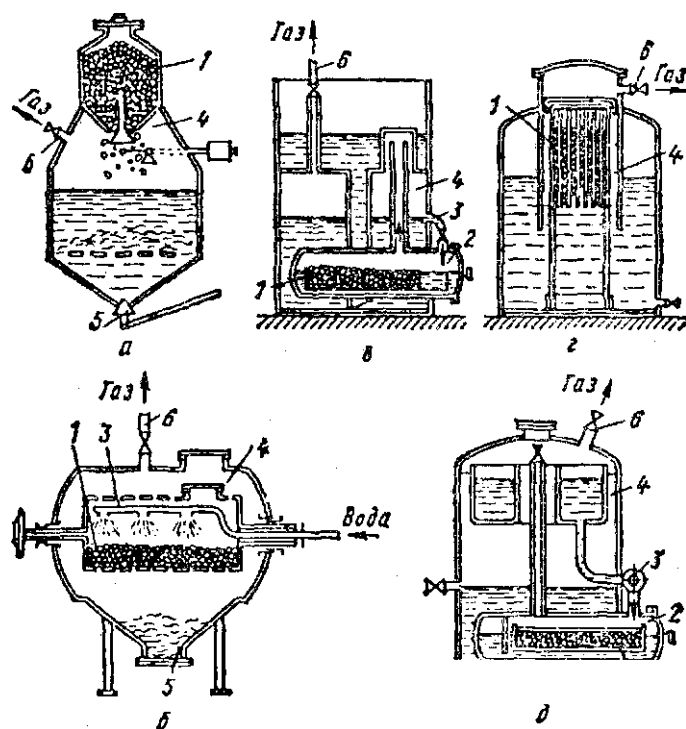


Рис. 40. Схемы ацетиленовых генераторов: а — «карбид в воду»; б — «вода в карбид»; в — «вытеснение»; г, д — комбинированные системы; 1 — бункер или барабан с карбидом кальция; 2 — реторта; 3 — система подачи воды; 4 — газосборник; 5 — спуск ила; 6 — отбор газа

Принцип КВ предусматривает периодическую подачу в воду карбида кальция. При этом достигается наибольший выход ацетилена — до 95 %.

Принцип ВК осуществляется периодической подачей порций воды в загрузочное устройство, куда заранее насыпается карбид кальция.

Комбинированный принцип предусматривает периодическое соприкосновение и взаимодействие карбида кальция с водой. Применяют два варианта: «вытеснение воды» (для разобщения воды и карбида кальция) и «погружение карбида» (для получения контакта воды с карбидом кальция). Этот принцип осуществляется автоматически и широко используется в передвижных генераторах, но по сравнению с другими дает наименьший выход ацетилена.

Принцип ВВ предусматривает разложение карбида кальция при соприкосновении его с водой в зависимости от уровня воды, находящейся в реакционном пространстве и вытесняемой образующимся газом.

Все ацетиленовые генераторы независимо от их системы имеют следующие основные части: газообразователь, газосборник, предохранительный затвор, автоматическую регулировку вырабатываемого ацетилена в зависимости от его потребления.

Рассмотрим принцип работы однопостового передвижного морозоустойчивого ацетиленового генератора низкого давления типа АНВ-1,25, работающего по принципу «вода в карбид» в сочетании с процессом «вытеснения воды». Производительность этого генератора составляет 1,25 м³/ч, максимальное давление равно 0,01 МПа.

Цилиндрический корпус генератора разделен горизонтальной перегородкой на две части: водосборник и газосборник. В нижнюю часть газосборника вварена реторта, в которую вставляется загрузочная корзина с карбидом. Реторта плотно закрывается крышкой на резиновой прокладке. Через верхнюю открытую часть корпуса генератор заполняется водой до отметки уровня. При открывании крана вода из корпуса поступает в реторту и взаимодействует с карбидом. Выделяющийся ацетилен собирается под перегородкой в газосборнике и затем через осушитель и водяной затвор поступает в сварочную горелку или резак.

При установившемся режиме давление ацетилена сохраняется почти постоянным. При уменьшении расхода газа давление в газосборнике повышается, и часть воды вытесняется из реторты в конусообразный сосуд-вытеснитель. Уровень воды в корпусе опускается ниже уровня крана для подачи воды, и ее поступление в реторту прекращается, газовыделение замедляется. По мере расходования ацетилена давление понижается, уровень воды в корпусе повышается и вода снова поступает в реторту. Так автоматически регулируется процесс взаимодействия карбида с водой и выделение ацетилена в зависимости от его расхода.

В зимних условиях при температуре до -25° С генератор работает нормально, так как его водоподающая система расположена внутри корпуса, где вода нагревается теплотой реакции взаимодействия воды с карбидом кальция. Водяной затвор устанавливается также внутри корпуса в циркуляционной трубе. Летом водяной затвор монтируется на корпусе генератора снаружи. Осушитель на

зиму заправляется в нижней половине, как обычно, коксом, а в верхней — карбидом. Генераторы типов АНВ-1,25—68 и АНВ-1,25—73 отличаются конструкцией загрузочной корзины и расположением крана подачи воды.

Стационарные ацетиленовые генераторы типа ГРК-10—68 Производительностью $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ и рабочим давлением $0,07 \text{ МПа}$, а также генераторы АСК-1—67, АСК-3—74 и АСК-4—74 служат для питания ацетиленом нескольких сварочных постов. Каждый пост должен быть обязательно оборудован предохранительным затвором. Ацетилен поставляется к сварочному посту либо по трубопроводу, либо в ацетиленовых баллонах вместимостью 40 л , в которых при максимальном давлении $1,9 \text{ МПа}$ содержится около $5,5 \text{ м}^3$ ацетилена. Для обеспечения безопасного хранения и транспортирования ацетилена баллон заполняют пористым активированным углем, а для увеличения количества ацетилена в баллоне активированную пористую массу пропитывают растворителем — ацетоном (один объем ацетона растворяет 23 объема ацетилена). Баллон окрашен в белый цвет и на нем сделана надпись «Ацетилен».

Предохранительные затворы — это устройства, предохраняющие ацетиленовые генераторы и газопроводы от попадания в них взрывной волны при обратных ударах пламени из сварочной горелки или резака. Обратным ударом называют воспламенение горючей смеси в каналах горелки или резака и распространение пламени по шлангу горючего газа. При отсутствии предохранительного затвора пламя может попасть в ацетиленовый генератор и вызвать его взрыв. Обратный удар бывает, если скорость истечения горючей смеси станет меньше ее сгорания, а также от перегрева и засорения мундштука горелки.

Предохранительные затворы бывают жидкостные и сухие. Жидкостные заливают водой, сухие заполняют мелкопористой металлокерамической массой. Затворы классифицируют:

- по пропускной способности — $0,8$; $1,25$; $2,0$; $3,2 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- по предельному давлению — низкого давления, в которых предельное давление ацетилена не превышает 10 кПа , среднего давления — 70 и высокого давления — 150 кПа .

Предохранительные затворы устанавливают между ацетиленовым генератором или ацетиленопроводом при многопостовом питании от стационарных генераторов и горелкой или резаком.

Принцип действия водяного затвора (рис.41) следующий.

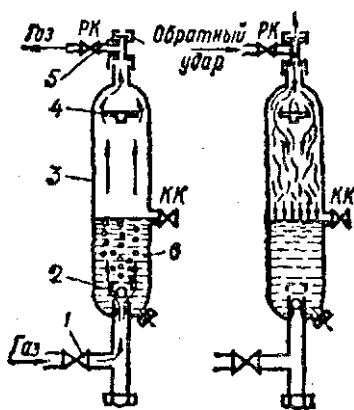


Рис. 41. Схема водяного затвора: а — при нормальной работе; б — при обратном ударе

Корпус 3 затвора заполняется водой до уровня контрольного крана КК. Ацетилен поступает по трубке 1, проходит через обратный клапан 2 в нижней части корпуса. В верхнюю часть корпуса газ поступает через отражатель 4. Ацетилен отводится к месту потребления через расходный кран РК. В верхней части корпуса есть трубка, закрытая мембраной 5 из алюминиевой фольги. При обратном ударе мембрана разрывается, и взрывная смесь выходит наружу. Давление взрыва через воду 6 передается на клапан 2, который закрывает подвод газа от генератора. После выхода взрывной смеси мембрану надо заменить.

Сухие предохранительные затворы (ЗСУ-1) обладают рядом преимуществ: имеют меньшие размеры, массу, практически не требуют ежедневного ухода и контроля, не увлажняют газ и позволяют работать при отрицательных температурах окружающего воздуха. Их можно устанавливать в любом положении.

Кислород подается к посту сварки либо от кислородной рампы, либо от кислородного баллона вместимостью 40 л, в котором при максимальном давлении 15,15 МПа содержится 6 м³ кислорода. Баллон окрашен в голубой цвет и имеет черную надпись «Кислород».

Баллон для газов (горючего и кислорода) изготавливают из стальных бесшовных труб. Он представляет собой цилиндрический сосуд с выпуклым днищем и узкой горловиной. Для придания баллону устойчивости в рабочем (вертикальном) положении на его нижнюю часть напрессован башмак с квадратным основанием. Горловина баллона имеет конусное отверстие с резьбой, куда ввертывается запорный вентиль — устройство, позволяющее наполнять баллон газом и регулировать его расход.

Для различных газов принята определенная конструкция вентиля. Различная резьба хвостовика исключает возможность установки на баллон не соответствующего ему вентиля. Вентиль кислородного баллона изготавливают из латуни, так как она обладает высокой коррозионной стойкостью в среде кислорода. Вентиль ацетиленового баллона изготавливают из стали, так как сплавы меди, содержащие более 70% меди, при контакте с ацетиленом образуют взрывоопасную ацетиленовую медь. На горловину баллона плотно насажено кольцо с наружной резьбой для навинчивания предохранительного колпака. Вентиль кислородного баллона используется также для баллонов с азотом, аргоном и углекислым газом.

Редукторы служат для понижения давления газа, поступающего из баллона, до рабочего давления газа (подаваемого через шланг в горелку) и для поддержания давления постоянным в процессе сварки.

Применяются различные типы редукторов. Рассмотрим принцип действия однокамерного редуктора. Газ из баллона проходит в камеру высокого давления. При нерабочем положении частей редуктора проход газа из камеры высокого давления в камеру низкого давления закрыт клапаном. При ввертывании регулировочного винта в крышку корпуса пружина-штифт открывает клапан, соединяя камеру высокого давления с камерой низкого давления. Газ поступает до тех пор, пока давление его на мембрану не уравнивает усилие нажимной пружины. В этом положении расход и поступление газа будут равны. Если расход газа уменьшается, то давление в камере повышается, клапан закроет отверстие, и поступление газа в камеру прекратится. При увеличении расхода газа давление в камере понижается, мембрана отжимает клапан от седла, и тем самым увеличива-

ется поступление газа из баллона. Так автоматически поддерживается постоянное давление газа, подаваемого в горелку.

Кислородный баллонный редуктор типа ДКП-1—65 предназначен для питания газом одного поста. Наибольшее допустимое давление газа на входе в редуктор — 20 МПа, наименьшее — 3 МПа. Рабочее давление — 0,1—1,5 МПа. При наибольшем рабочем давлении расход газа составляет 60 м³/ч, а при наименьшем — 7,5 м³/ч. Редуктор окрашен в голубой цвет и крепится к баллону с помощью накидной гайки. В настоящее время выпускают более совершенные редукторы типа ДКП-2—78 с той же технической характеристикой. Ацетиленовый баллонный редуктор типа ДАГ1-1—65 рассчитан на наибольшее давление на входе 3 МПа. Расход газа при наибольшем рабочем давлении 0,12 МПа составляет 5 м³/ч, а при наименьшем рабочем давлении 0,01 МПа — 3 м³/ч. Редуктор окрашен в белый цвет и крепится на баллоне с помощью хомутика.

Шланги (рукава) для кислорода и ацетилена стандартизованы. Предусмотрено три типа шлангов: для подачи ацетилена при рабочем давлении не более 0,6 МПа; для жидкого топлива (бензин, керосин) при рабочем давлении не более 0,6 МПа; для подачи кислорода при рабочем давлении не более 1,5 МПа. Рукава состоят из внутреннего резинового слоя (камеры), нитяной оплетки и наружного резинового слоя.

Наружный слой ацетиленовых рукавов — красного цвета, рукавов для жидкого топлива — желтого, кислородных — синего. Длина шланга при работе от баллона должна быть не менее 8 м, а при работе от генератора — не менее 10 м; наибольшая допустимая длина — 40 м.

Крепление рукавов на ниппелях горелок и между собой осуществляется специальными хомутиками или мягкой отоженной проволокой.

Сварочная горелка предназначена для смешивания горючего газа или паров горючей жидкости с кислородом и получения устойчивого сварочного пламени требуемой мощности.

Горелки классифицируются:

- по способу подачи горючего в смесительную камеру — инжекторные и безынжекторные (рис. 42);
- по назначению — универсальные (для сварки, наплавки, пайки, подогрева и других работ) и специализированные;
- по роду применяемого горючего;
- по числу рабочего пламени — однопламенные и многопламенные;
- по мощности, определяемой расходом ацетилена (л/ч), — микромощности (5—60), малой (25—700),
- средней (50—2500) и большой мощностей (2500 -7000);
- по способу применения — ручные и машинные.

Большое распространение получили ацетиленокислородные инжекторные горелки. Они работают по принципу подсоса горючего газа, давление которого может быть ниже 0,01 МПа, т. е. ниже минимальных давлений, установленных для подвижных ацетиленовых генераторов. Давление кислорода должно быть в пределах 0,15—0,5 МПа.

Безынжекторные горелки работают на горючем газе и кислороде, поступающих в смесительную камеру под одинаковым давлением в пределах 0,01—0,1 МПа, т. е. требуют питания горючим среднего давления. Для нормальной работы такой горелки в систему питания включают регулятор, обеспечивающий равенство рабочих давлений кислорода и горючего газа.

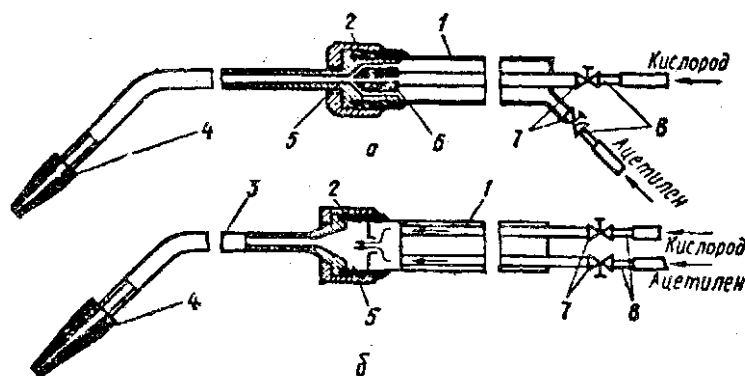


Рис. 42. Схемы ацетиленовых горелок: а — инжекторная; б — безынжекторная

Принцип действия ацетилено-кислородной инжекторной горелки следующий. По шлангу и трубке к вентилю и через него в инжектор поступает кислород. Вытекая с большой скоростью из инжектора в смесительную камеру, струя кислорода создает разрежение, вызывающее подсос ацетилена. Ацетилен поступает по шлангу к соединительному ниппелю, а затем через корпус горелки и вентиль в смесительную камеру, где образует с кислородом горючую смесь. Полученная смесь по трубке наконечника поступает в мундштук и, выходя в атмосферу, при сгорании образует сварочное пламя.

Горелка состоит из ствола и комплекта сменных наконечников, присоединяемых к стволу накидной гайкой. Каждый наконечник обеспечивает соответствующую мощность пламени. Предусмотрены четыре типа горелок. Горелки Г1 микромощности предназначены для сварки металлов толщиной 0,1—0,5 мм. Горелки Г2 малой мощности применяют для сварки тонкостенных изделий (0,2—7 мм) и комплектуются наконечниками № 0—4. Горелки Г3 средней мощности служат для сварки металла толщиной 0,5—30 мм. В комплект горелки входит ствол и семь наконечников № 1—7. Горелки Г4 большой мощности предназначены для сварочных работ и огневой обработки изделий больших толщин (наконечники № 8 и № 9). Большое применение получили сварочные инжекторные горелки малой мощности «Звездочка», ГС-2, «Малютка» и средней мощности «Звезда», ГС-3 и «Москва».

Для использования заменителей ацетилена применяется горелка марки ГС-4А—67П, представляющая собой горелку ГС-4 с сетчатым наконечником. Сетчатые наконечники позволяют использовать в качестве горючего пропан-бутановые смеси, природный газ и другие заменители ацетилена. Кроме того, применяются пропан-бутановые горелки ГЗУ-2—62—1, односопловые наконечники которых имеют подогреватели и подогревающие камеры, и горелки марки ГЗУ-2—62-П, имеющие сетчатые наконечники без подогревающих устройств. Наконечники этих горелок крепятся на стволе горелок ГС-3, «Москва» или «Звезда». Для малой мощности используют горелки марки ГЗМ-2—62М с односопловым наконечником.

нечником меньших размеров и подогревающим устройством. Наконечники крепятся на стволе горелок ГС-2 «Малютка» или «Звездочка».

ГАЗЫ ДЛЯ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

Кислород при газовой сварке способствует интенсивному горению горючих газов и получению высокотемпературного пламени. При горении газов в воздухе температура пламени значительно ниже, чем при горении в кислороде. При газовой сварке применяют газообразный технический кислород трех сортов. Первый сорт характеризуется чистотой не ниже 99,7% по объему, второй сорт — не ниже 99,5%; а третий сорт — не ниже 99,2%.

Технический кислород содержит примеси, состоящие из азота и аргона. Следует учесть важное значение чистоты кислорода при сварке и резке металла. Снижение чистоты кислорода на 1 % не только ухудшает качество сварного шва, но и требует увеличения расхода кислорода на 1,5%.

Кислород при атмосферном давлении и нормальной температуре представляет собой газ без цвета и запаха с плотностью $1,43 \text{ кг/м}^3$. Его получают из воздуха методом низкотемпературной ректификации, основанным на разности температур кипения основных составляющих воздуха — азота ($-195,8^\circ\text{C}$) и кислорода ($-182,96^\circ\text{C}$). Воздух переводят в жидкое состояние и затем постепенным повышением температуры испаряют азот (78%). Оставшийся кислород (21 %) очищают многократным процессом ректификации.

Ацетилен в газосварочном производстве получил наибольшее распространение благодаря важным для сварки качествам — высокой температуре пламени, большой теплоте сгорания. Он представляет собой химическое соединение углерода с водородом (HC_2H_2). Это бесцветный газ с характерным запахом, обусловленным наличием примесей — сероводорода, фтористого водорода и др.

Ацетилен взрывоопасен при следующих условиях: при нагревании до $480\text{—}500^\circ\text{C}$, давлении $0,14\text{—}0,16 \text{ МПа}$, при наличии 2,3—80,7% ацетилена в смеси с воздухом, при наличии 2,8—93% ацетилена в смеси с кислородом.

Ацетилен получают при взаимодействии карбида кальция с водой по реакции $\text{CaC}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$. Карбид кальция получают путем сплавления в электропечах кокса и обожженной извести: $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Карбид кальция очень активно вступает в реакцию с водой, реагируя даже с парами воды, насыщающими воздух. Поэтому его хранят и транспортируют в герметически закрытых стальных барабанах, содержащих 50—130 кг карбида.

Из 1 кг карбида кальция в зависимости от сорта и грануляции получают 235—280 л ацетилена. Следует иметь в виду, что мелкий и пылеобразный карбид кальция применять запрещается — он взрывоопасен. Для взаимодействия 1 кг карбида кальция теоретически необходимо 0,56 л воды, практически берут 7—20 л воды для обеспечения охлаждения ацетилена и безопасной работы генератора.

Водород — газ без цвета и запаха. В смеси с кислородом или воздухом он образует взрывчатую смесь (гремучий газ), поэтому требует строгого соблюдения правил техники безопасности. Водород хранится и транспортируется в стальных баллонах при максимальном давлении 15 МПа. Получают его электролизом воды или в специальных водородных генераторах путем воздействия серной кислотой на железную стружку или цинк.

Пиролизный газ — смесь газообразных продуктов термического разложения нефти, нефтепродуктов или мазута. Содержит вредные сернистые соединения, вызывающие коррозию мундштуков горелок и резаков, поэтому требует тщательной очистки.

Нефтяной газ — смесь горючих газов, являющихся побочным продуктом нефтеперерабатывающих заводов. Его применяют для сварки, резки и пайки сталей толщиной до 3 мм и сварки цветных металлов.

Природный газ получают из газовых месторождений. Он состоит в основном из метана (93—99%).

Пропан-бутановую смесь получают при добыче и переработке естественных нефтяных газов и нефти. Хранят и транспортируют в сжиженном состоянии в баллонах вместимостью 40 и 55 л под давлением 1,6—1,7 МПа. Жидкой смесью

заполняют только половину баллона, так как при нагреве значительное повышение давления может привести к взрыву.

Бензин и керосин используют при газопламенной обработке в виде паров. Для этой цели горелки и резаки имеют специальные испарители, которые нагреваются от вспомогательного пламени или электрическим током.

СВАРОЧНОЕ ПЛАМЯ

Сварочное пламя образуется при сгорании смеси горючего газа (или паров горючей жидкости) с кислородом. Свойства сварочного пламени зависят от того, какое горючее подается в горелку и при каком соотношении кислорода и горючего создается газовая смесь. Изменяя количество подаваемого в горелку кислорода и горючего газа, можно получить нормальное, окислительное или науглероживающее сварочное пламя.

Нормальное, или восстановительное, пламя теоретически должно получаться при объемном отношении количества кислорода к ацетилену 1:1. Практически вследствие загрязненности кислорода нормальное пламя получается при несколько большем количестве кислорода, т.е. при 1,1:1,3. Нормальное пламя способствует раскислению металла сварочной ванны и получению качественного сварного шва. Поэтому большинство металлов и сплавов сваривают нормальным пламенем.

Нормальное ацетиленокислородное пламя (рис. 49) состоит из трех зон: ядра восстановительной зоны и факела. Форма ядра — конус с закругленной вершиной, имеющей светящуюся оболочку. Ядро состоит из продуктов распада ацетилена с выделившимися раскаленными частицами углерода, которые сгорают в наружном слое оболочки. Длина ядра зависит от скорости истечения горючей смеси из мундштука горелки. Чем больше давление газовой смеси, тем больше скорость истечения, тем длиннее ядро пламени.

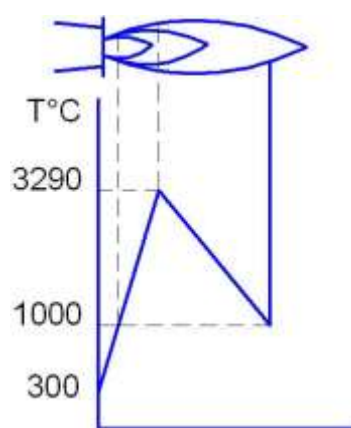


Рис. 49. Схема нормального ацетилено-кислородного пламени и распределения температур: 1 — ядро; 2 — восстановительная зона; 3 — факел

Восстановительная зона по своему темному цвету заметно отличается от ядра. Она состоит в основном из оксида углерода и водорода, получающихся в результате частичного сгорания ацетилена. В этой зоне создается наивысшая температура пламени — $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ на расстоянии $\sim 5\text{ мм}$ от конца ядра. Этой частью пламени производят нагревание и расплавление свариваемого металла. Находящиеся в этой зоне частицы оксида углерода и водорода могут восстанавливать образующиеся оксиды металлов.

Факел располагается за восстановительной зоной и состоит из углекислого газа и паров воды, которые получают в результате сгорания оксида углерода и водорода, поступающих из восстановительной зоны. Сгорание происходит за счет кислорода, содержащегося в окружающем воздухе. Зона факела также содержит азот, попадающий из воздуха.

Окислительное пламя получается при избытке кислорода. Ядро такого пламени значительно короче по длине с недостаточно резким очертанием и более бледной окраской. Восстановительная зона и факел пламени также сокращаются по длине. Пламя имеет синевато-фиолетовую окраску. Температура пламени несколько выше нормальной. Однако таким пламенем сваривать стали нельзя, так как наличие в пламени избыточного кислорода приводит к окислению расплавленного металла шва и он получается хрупким и пористым.

Науглероживающее пламя получается при избытке ацетилена. Ядро такого пламени теряет резкость своего очертания, и на его вершине появляется зеленоватый ореол, свидетельствующий о наличии избыточного ацетилена. Восстановительная зона значительно светлеет, а факел получает желтоватую окраску. Очертания зон теряют свою резкость. Избыточный ацетилен разлагается на углерод и водород. Углерод легко поглощается расплавленным металлом шва. Поэтому таким пламенем пользуются для науглероживания металла шва или восполнения выгорания углерода.

Регулирование сварочного пламени производится по его форме и окраске. Важное значение имеет правильный выбор давления кислорода, его соответствие паспорту горелки и номеру наконечника. При высоком давлении кислорода смесь вытекает с большой скоростью, пламя отрывается от мундштука, происходит выдувание расплавленного металла из сварочной ванны. При недостаточном давлении кислорода скорость истечения горючей смеси падает, пламя укорачивается, и возникает опасность обратных ударов. Нормальное пламя можно получить из окислительного, постепенно увеличивая поступление ацетилена до образования яркого и четкого ядра пламени. Можно отрегулировать нормальное пламя и из науглероживающего, убавляя подачу ацетилена до исчезновения зеленоватого ореола у вершины ядра пламени. Характер пламени выбирают в зависимости от свариваемого металла. Например, при сварке чугуна и наплавке твердых сплавов применяют науглероживающее пламя, а при сварке латуни — окислительное.

Важным показателем сварочного пламени является тепловая мощность. Мощность пламени принято определять расходом ацетилена (л/ч), а удельной мощностью пламени называют часовой расход ацетилена в литрах, приходящийся на 1 мм толщины свариваемого металла. Потребная мощность пламени зависит от толщины свариваемого металла и его теплопроводности. Например, при сварке углеродистых и низколегированных сталей, чугуна, сплавов меди и алюминия удельная мощность пламени составляет 80—150 л/(ч мм), а при сварке меди, обладающей высокой теплопроводностью, удельную мощность выбирают в пределах 150—220 л/(ч-мм).

ТЕХНИКА ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Качество сварного соединения зависит от правильного выбора режима и техники выполнения сварки.

При ручной сварке пламя горелки направляют на свариваемые кромки так, чтобы они находились в восстановительной зоне на расстоянии 2—6 мм от конца ядра. Конец присадочной проволоки держат в восстановительной зоне или в сварочной ванне.

Положение горелки (рис. 43) — угол наклона мундштука к поверхности свариваемого металла — зависит от толщины соединяемых кромок изделия и теплопроводности металла. Чем толще металл и чем больше его теплопроводность, тем угол наклона мундштука горелки должен быть больше. Это способствует более концентрированному нагреву металла вследствие подведения большего количества теплоты. При сварке низкоуглеродистой стали вначале для быстрого и лучшего прогрева металла устанавливают наибольший угол наклона, затем в процессе сварки угол уменьшают до нормы, а в конце сварки постепенно уменьшают, чтобы лучше заполнить кратер и предупредить пережог металла.

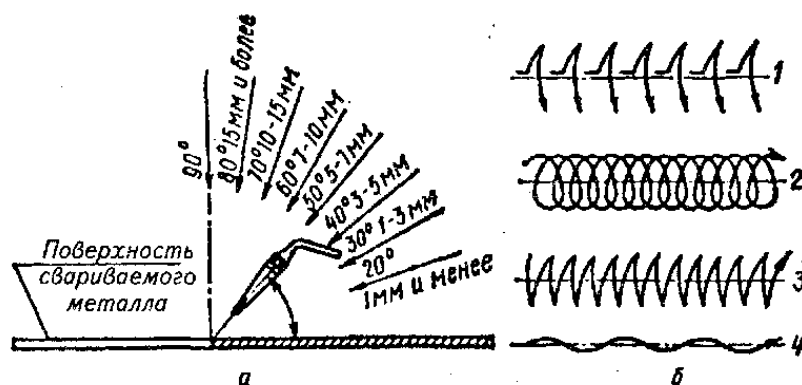


Рис. 43. Углы наклона мундштука горелки при сварке различных толщин, — о и способы перемещения мундштука горелки — б: 1 — с отрывом горелки; 2 — спиралеобразный; 3 — полумесяцем; 4 — волнистый

Различают два основных способа газовой сварки (рис. 44): правый и левый. При правом способе процесс сварки ведется слева направо. Горелка 3 перемещается впереди присадочного прутка 2, а пламя 4 направлено на формирующийся шов. Этим обеспечивается хорошая защита сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха и замедленное охлаждение сварного шва. Такой способ позволяет получать швы высокого качества. При левом способе процесс сварки производится справа налево. Горелка перемещается за присадочным прутком, а пламя направляется на несваренные кромки и подогревает их, подготавливая к сварке. Правый способ применяют при сварке металла толщиной более 5 мм. Пламя горелки при этом способе ограничено с двух сторон кромками изделия, а спереди наплавленным валиком, что значительно уменьшает рассеивание теплоты и повышает степень его использования. Однако при левом способе внешний вид шва лучше, так как сварщик отчетливо видит шов и поэтому может получить его равномерную высоту и ширину. Это особенно важно при сварке тонких листов. Поэтому тонкий металл сваривают левым способом. Кроме того, при левом способе пламя свободно растекается по поверхности металла, что снижает опасность его пережога.

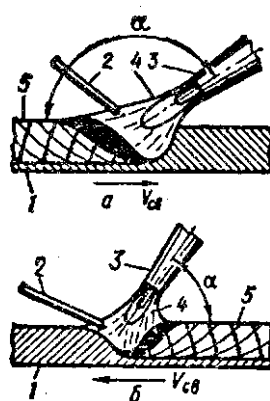


Рис. 44. Схема газовой сварки: а — правым способом; б — левым

Способ сварки зависит также от пространственного положения шва. Нижние швы выполняют как левым, так и правым способом в зависимости от толщины

ны металла. Вертикальные швы при толщине металла до 2 мм рекомендуются сваривать правым способом сверху вниз и левым способом снизу вверх. При больших толщинах металла сварку следует выполнять способом двойного валика. Горизонтальные швы выполняют правым способом: пламя горелки направляют на заваренный шов, а присадочный пруток вводят сверху в сварочную ванну, расположенную под некоторым углом к оси шва. Эти меры предупреждают вытекание расплавленного металла. Потолочные швы легче сваривать правым способом, так как в этом случае газовый поток пламени направлен непосредственно на шов и тем самым препятствует вытеканию металла из сварочной ванны.

В процессе сварки мундштук горелки и присадочный пруток совершают одновременно два движения: одно — вдоль оси свариваемого шва и второе — колебательные движения поперек оси шва. При этом конец присадочного прутка движется в направлении, обратном движению мундштука.

Для получения сварного шва с высокими механическими свойствами необходимо хорошо подготовить свариваемые кромки, правильно подобрать мощность горелки, отрегулировать сварочное пламя, выбрать присадочный материал, установить положение горелки и направление перемещения ее по свариваемому шву.

Подготовка кромок заключается в очистке их от масла, окалина и других загрязнений, разделке под сварку и прихвате короткими швами.

Свариваемые кромки очищают на ширину 20—30 мм с каждой стороны шва. Для этой цели можно использовать пламя сварочной горелки. При нагреве окалина отстает от металла, а краска и масло выгорают. Затем поверхность свариваемых деталей зачищают стальной щеткой до металлического блеска. При необходимости (например, при сварке алюминия) свариваемые кромки протравливают в кислоте, а затем промывают и сушат.

Разделка кромок под сварку зависит от типа сварного соединения, который, в свою очередь, зависит от взаимного расположения свариваемых деталей.

Стыковые соединения являются для газовой сварки наиболее распространенным типом соединений. Металлы толщиной до 2 мм сваривают встык с от-

бортовкой кромок без присадочного материала или встык без разделки и без зазора, но с присадочным материалом. Металл толщиной 2—5 мм сваривают встык без разделки кромок, но с зазором между ними. При сварке металла толщиной более 5 мм применяют V-образную или X-образную разделку кромок. Угол скоса выбирают в пределах 70—90°, что обеспечивает хороший провар вершины шва.

Угловые соединения также часто применяются при сварке металлов малой толщины. Такие соединения сваривают без присадочного металла. Шов выполняется за счет расплавления кромок свариваемых деталей.

Нахлесточные и тавровые соединения допустимы только при сварке металла толщиной менее 3 мм, так как при больших толщинах металла неравномерный местный нагрев вызывает большие внутренние напряжения и деформации и даже трещины в шве и основном металле.

Скос кромок производят ручным или пневматическим зубилом, а также на специальных кромкострогальных или фрезерных станках. Экономичным способом является ручная или механизированная кислородная резка. При этом образующиеся шлаки и окалину удаляют зубилом и металлической щеткой.

Сборка под сварку производится в специальных приспособлениях или на прихватках, обеспечивающих точность положения свариваемых деталей и зазора между кромками в течение всего процесса сварки. Длина прихваток, их число и расстояние между ними зависят от толщины металла, длины и конфигурации свариваемого шва. При сварке тонкого металла и коротких швах длина прихваток составляет 5—7 мм, а расстояние между прихватками около 70—100 мм. При сварке толстого металла и при швах значительной длины прихватки делают длиной 20—30 мм, а расстояние между ними — 300—500 мм.

Основные параметры режима сварки выбирают в зависимости от свариваемого металла, его толщины и типа изделия. Определяют потребную мощность и вид пламени, марку и диаметр присадочной проволоки, способ и технику сварки. Швы бывают однослойные и многослойные. При толщине металла до 6—8 мм применяют однослойные швы, до 10 мм — швы выполняют в два слоя, а при толщине металла 10 мм швы сваривают в три слоя и более. Толщина слоя при

многослойной сварке зависит от размеров шва, толщины металла и составляет 3—7 мм. Перед наложением очередного слоя поверхность предыдущего слоя должна быть хорошо очищена металлической щеткой. Сварку производят поочередно короткими участками. При этом стыки валиков в слоях не должны совпадать. При многослойной сварке зона нагрева меньше, чем при однослойной. В процессе сварки при наплавке очередного слоя происходит отжиг нижележащих слоев. Каждый слой можно также подвергнуть проковке. Все эти условия позволяют получить сварной шов высокого качества, что очень важно при сварке ответственных конструкций. Однако следует учесть, что производительность сварки снижается и при этом рекомендуется больше горючего газа.

Низкоуглеродистые стали сваривают газовой сваркой без особых затруднений. Сварка выполняется нормальным пламенем. Присадочным материалом служит сварочная проволока. Ответственные сварные узлы и конструкции из низкоуглеродистой стали выполняют с применением низколегированной проволоки. Наилучшие результаты дают кремнемарганцовистая и марганцовистая проволоки марок Св-08ГА, Св-10Г2, Св-08ГС, Св-08Г2С. Они позволяют получить сварной шов с высокими механическими свойствами.

Среднеуглеродистые стали свариваются удовлетворительно, однако при сварке возможно образование в сварном шве и зоне термического влияния закалочных структур и трещин. Сварку выполняют слегка науглероживающим пламенем, так как даже при небольшом избытке в пламени кислорода происходит существенное выгорание углерода. Удельная мощность пламени должна быть в пределах 80—100 л/(ч·мм). Рекомендуется левый способ сварки, чтобы снизить перегрев металла. При толщине металла более 3 мм следует проводить предварительный общий подогрев детали до 250—300° С или местный нагрев до 650—700°С. Присадочным материалом служат марки сварочной проволоки, указанные для малоуглеродистой стали, и проволока марки Св-12ГС.

При определении мощности пламени следует иметь в виду, что при сварке правым способом удельная мощность должна быть повышена на 20—25 %. Уве-

личение мощности пламени повышает производительность сварки, однако при этом возрастает опасность пережога металла.

Диаметр присадочной проволоки d (мм) при сварке металла толщиной до 15 мм левым способом определяют по формуле: $d = (s/2) + 1$, где s — толщина свариваемой стали, мм.

При правом способе диаметр проволоки берут равным половине толщины свариваемого металла. При сварке металла толщиной более 15 мм применяют проволоку диаметром 6—8 мм.

После сварки можно рекомендовать проковку металла шва в горячем состоянии и затем нормализацию с температуры 800—900°C. При этом металл приобретает достаточную пластичность и мелкозернистую структуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры – М.: Издательство стандартов, 1980 г.
2. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры – М.: Издательство стандартов, 1979 г.
3. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная – М.: Издательство стандартов, 1970 г.
4. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры – М.: издательство стандартов, 1976 г.
5. ГОСТ 9087-81. Флюсы сварочные плавленные – М.: издательство стандартов, 1981 г.
6. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий – М.: ИПК Издательство стандартов, 1979 г.
7. ГОСТ 23949-80. Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся – М.: издательство стандартов, 1980 г.
8. Сергель Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий: учеб.посоие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Минск: Новое знание; М.:ИНФРА-М, 2013. - 732 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/4321/#1>
9. Чернышов Г.Г., Шашин Д.М. Оборудование и основы технологии сварки плавлением и давлением [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. - СПб: Лань, 2013. - 464 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/12938/#1>
10. Федосов С.А., Оськин И.Э. Основы технологии сварки: учебное пособие.- М.: Основы технологии сварки: учебное пособие. /С.А. Федосов, И.Э. Оськин. - М.: Машиностроение, 2012. - 125 с. - Доп. УМО
11. Схиртладзе АГ Оборудование машиностроительных предприятий: учебное пособие. – С.О: ТНТ, 2012. 168 с. Доп. УМО.

12. Куликов В.П. Технология сварки плавлением и термической резки. [Электронный ресурс]: учебник. – Электрон. дан. - Минск: Издательство Новое знание, 2016. - 463 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/74037/#1>