

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

Абралов М.А., Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине «Технология и оборудование сварки
плавлением».
Часть I

ТАШКЕНТ 2008

УДК 621.791.1

Конспект лекций по дисциплине «Технология и оборудование сварки плавлением». Часть I./ Абралов М.А, Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. Ташкент: ТашГТУ, 2008.

Курс «Технология и оборудование сварки плавлением» по учебному плану читается в 7,8 семестрах бакалавриата.

В этом конспекте изложены основные вопросы теории и технологии современных процессов сварки плавлением, резки и наплавки в объеме, необходимом для изучения студентами высшего учебного заведения по направлению бакалавриата 5522700 «Машины и технология сварочного производства»

Печатается по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета

Рецензенты: ст. преп. каф. «Машины и технология сварочного производства» Абдуллаев М. (ТашГТУ);

нач. тех. бюро отдела главного сварщика Орлова В.А. (ГАО ТАПОиЧ)

© Ташкентский государственный технический университет,
2008

Введение

Простейшие приемы сварки были известны в 8 - 7-м тысячелетии до н.э. В основном сваривались изделия из меди, которые предварительно подогревались, а затем сдавливались. При изготовлении изделий из меди, бронзы, свинца, благородных металлов применялась так называемая литейная сварка. Соединяемые детали заформовывали, подогревали и место соединения заливали заранее приготовленным расплавленным металлом. Изделия из железа и его сплавов получали их нагревом до «сварочного жара» в кузнечных горнах с последующей проковкой. Это способ известен под названием горновая или кузнечная сварка. Способы сварки развивались очень медленно и часто трудно уловить на протяжении столетий сколько-нибудь заметные изменения методов и технических приемов сварки, применяемых приспособлений и оборудования.

Резкий перелом в этой области техники наступает лишь в конце XIX - начале XX века. В 1802 г. русский ученый академик В.В. Петров впервые открыл и исследовал явление дугового разряда. Среди других явлений в классическом труде «Известие о гальвани-вольтовых опытах», опубликованной им в 1803 г., описано плавление металла дуговым разрядом. Дуговой разряд, как источник тепла высокой температуры и света высокой яркости, не сразу получил практическое применение из-за отсутствия достаточных мощных и экономичных источников тока для питания дуги. Такие источники появились лишь в конце XIX века.

К моменту открытия дугового разряда электротехника только начинала создаваться, электротехнической промышленности не было.

Выдающийся английский физик М. Фарадей, экспериментально изучая электромагнетизм, открыл явление электромагнитной индукции и отсюда вывел принципы устройства электродвигателя (1821 г.) и электрического генератора.

Английский физик Д. Максвелл провел математическую обработку исследований и вывел уравнения, характеризующие электромагнитные поля и происходящие в них процессы.

В 1870 г. французский ученый З.Т. Грамм создал кольцевой якорь для электромагнитной машины, которая может быть

электрическим генератором, превращающим механическую энергию в электрическую.

В 1882 г. русский инженер Н.Н. Бенардос изобрел способ электродуговой сварки неплавящимся угольным электродом. Своему изобретению Н.Н. Бенардос дал название «Электрогефест». В 1986 г. он получил русский патент на «Способ соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока». Н.Н. Бенардос разработал технологию дуговой сварки и типы сварных соединений, применяемых и в настоящее время (встык, внахлестку и др.); при сварке металла значительных толщин он применял скос кромок. Подготовка кромок при сварке тонких листов заключалась в отбортовки их краев. Для улучшения качества сварки им применялись флюсы: при сварке сталей – кварцевый песок, мрамор, при сварке меди – бура и нашатырь.

В 1888 -1890 гг. другой русский инженер Н.Г. Славянов предложил выполнять дуговую сварку плавящимся металлическим электродом. В начале XX века дуговая электросварка постепенно стала ведущим промышленным способом соединения металлов.

Особенные заслуги в области электродуговой сварки, механизации и автоматизации ее процесса принадлежат украинскому ученому - академику Е.О. Патону. Во время Второй Мировой войны автоматическая сварка под слоем флюса была широко освоена на наших оборонных заводах и сыграла большую роль в увеличении производства танков и артиллерийского вооружения.

Быстрое развитие промышленности и всех отраслей техники вызвало появление новых средств нагрева, пригодных для сварки металлов, таких, как термитные смеси, электронный луч, лазер, высокотемпературная плазма, ультразвук и других новых эффективных способов сварки.

Лекция № 1.

Классификация способов сварки плавлением

План:

- 1.1. Сущность сварки плавлением
- 1.2. Классификация способов сварки плавлением

1.1. Сущность сварки плавлением.

Сварка - это технологический процесс получения неразъемных соединений металлов, сплавов и различных материалов посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании.

Сваркой материалов называется процесс их соединения за счет сил взаимодействия атомов. Как известно, поверхностные атомы металлических деталей имеют свободные, ненасыщенные связи, которые захватывают различные атомы или молекулу, приблизившиеся на расстояние действия межатомных сил. Если сблизить поверхности двух металлических деталей на расстояние действия межатомных сил, на каком они находятся внутри металла, то получим по поверхности соприкосновения сращивание их в одно целое, равное прочности цельного металла. Процесс соединения протекает самопроизвольно без затрат энергии и весьма быстро, практически мгновенно.

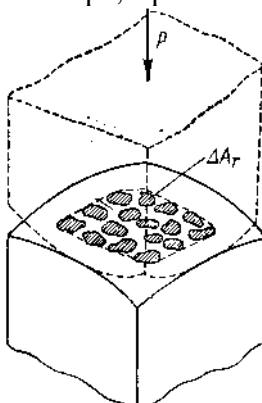


Рис. 1.1. Механический контакт металлических деталей:

ΔA_r - площадь элементарного (единичного) микроконтакта

Обычные металлы при комнатной температуре не соединяются не только при простом контакте, но и при сжатии значительными усилиями. Соединению твердых металлов мешает, прежде всего, их твердость, при их сближении действительный контакт происходит лишь в немногих точках, как бы тщательно она не была обработана.

На процесс соединения сильно влияют загрязнения поверхности металлов - окислы, жировые пленки и пр., а также адсорбированные слои молекул газов, и сколько-нибудь длительно сохранить ее чистоту можно лишь в высоком вакууме (не менее $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт.ст.).

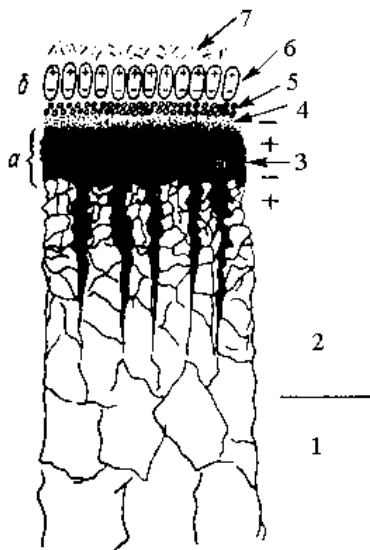


Рис. 1.2. Поверхность металла на воздухе:

1 – глубокий слой металла, не затронутый пластическими деформациями; 2 – поверхностный слой полностью разориентированных кристаллитов с прослойками окислов; 3 – оксидный слой; 4 – адсорбированный слой кислородных анионов и нейтральных молекул воздуха; 5 – слой водяных молекул; 6 – слой жировых молекул; 7 – ионизированные пылевые частицы

Для преодоления приведенных затруднений при сварке применяют нагрев и давление.

При нагреве с повышением температуры металл становится пластичным. Дальнейшим повышением температуры металл

можно довести до расплавления; в этом случае объемы жидкого металла самопроизвольно сливаются в общую сварочную ванну.

Во время сварки жидкий металл энергично взаимодействует с азотом и кислородом воздуха, что снижает прочность шва и приводит к образованию дефектов. Чтобы изолировать зону сварки от окружающего воздуха, а иногда для того, чтобы ввести в шов элементы, улучшающие его качество, на поверхность металлического стержня наносят специальные вещества или запрессовывают их в порошкообразном состоянии внутрь полого стержня. Для защиты зоны сварки от окружающего воздуха широко используют инертные и активные газы и их смеси. Для этой же цели вокруг электрода плотным слоем наносят зернистый материал – флюс. Расплавляясь в процессе сварки, флюс или специальные вещества создают шлаковый покров, надежно изолирующий расплавленный металл от окружающего воздуха.

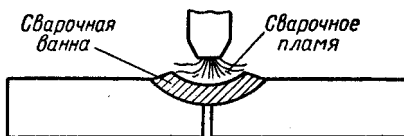


Рис. 1.3. Схема сварки плавлением.

1.2. Классификация способов сварки плавлением

Схема классификации основных способов сварки плавлением приведена на рис. 1.4.

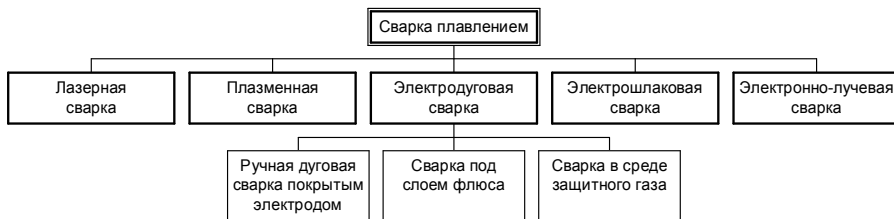


Рис. 1.4. Классификация способов сварки плавлением.

Ручная дуговая сварка – дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение проводятся вручную.

При РДС зажигание дуги, поддержание ее длины во время сварки, перемещение вдоль свариваемых кромок и подача электрода в зону горения дуги по мере его расплавления осуществляется сварщиком вручную. Нормальная длина дуги не превышает 0,5 – 1,1 диаметра электрода. Диаметр электрода обычно составляет 3 – 6 мм. Основной объем сварочных работ выполняется при токе 90-350 А и напряжении 18-30 В.

Дуговая сварка под флюсом – дуговая сварка плавлением, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса.

Способ сварки под флюсом разработан в 1939 в Институте электросварки АН Украины при участии Е.О. Патона на основе идей, выдвинутых Н.Г. Славяновым, и получил тогда название «скоростная автоматическая сварка голым электродом под слоем флюса».

При сварке под слоем флюса сварочная дуга горит между изделием и концом сварочной проволоки. Под воздействием дуги проволока плавится и по мере расплавления подается в зону сварки. Дуга закрыта слоем флюса. Сварочная проволока (а вместе с ней и дуга) перемещается в направлении сварки с помощью специального механизма (автоматическая сварка) или вручную (полуавтоматическая сварка). Под влиянием теплоты дуги плавятся также основной металл и флюс. Расплавленные проволока, флюс и основной металл образуют сварочную ванну. Флюс в виде жидкой пленки покрывает зону сварки, изолируя ее от воздуха. Расплавленный дугой металл сварочной проволоки каплями переносится в сварочную ванну, где смешивается с расплавленным основным металлом. По мере удаления дуги металл сварочной ванны начинает охлаждаться, так как поступление теплоты к нему уменьшается, а затем затвердевает, образуя шов. Расплавленный флюс (шлак) затвердевает, образуя на поверхности шва шлаковую корку. Избыточная нерасплавленная часть флюса отсасывается и используется повторно.

Дуговая сварка в защитном газе – дуговая 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.

Идея сварки в защитном газе предложена в конце XIX века Н.Н. Бенардосом. В 20-х годах XX века в США инженер Александер и физик Лэнгмюр осуществили сварку стержневым

электродом в смесях газов. В 1925 г. Лэнгмюр разработал сварку дугой косвенного действия с неплавящимся вольфрамовым электродом и применением в качестве защитной среды водорода – метод атомно-водородной сварки. В конце 40-х годов XX века в НИАТ была разработана сварка в инертном газе вольфрамовым электродом. В 1949 г. в Институте электросварки была разработана сварка в углекислом газе угольным электродом.

Сварка в среде защитного газа может осуществляться плавящимся и неплавящимся электродом

Электрошлаковая сварка – сварка плавлением, при которой для нагрева используется тепло, выделяющееся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак.

Способ электрошлаковой сварки был разработан в 50-е годы 20 века в Институте электросварки АН Украины. Впервые электрошлаковую сварку электродными проволоками осуществил в 1949г. Г.З. Волошкевич. Электрошлаковую сварку пластинчатыми электродами в промышленных условиях впервые удалось осуществить Ю.А. Стеренбогену на Новокраматорском машиностроительном заводе в 1955г.

При ЭШС электрический ток, проходя через шлаковую ванну, расплавляет основной и присадочный металл и поддерживает высокую температуру расплава. Электрошлаковый процесс устойчив при глубине шлаковой ванны 35 – 60 мм, которую легче создать при вертикальном положении оси шва и принудительном формировании его поверхности. Для принудительного охлаждения и формирования поверхности шва используются, как правило, медные водоохлаждаемые устройства. При ЭШС почти вся электрическая мощность передается шлаковой ванне, а от нее – электроду и свариваемым кромок. Устойчивый процесс возможен только при постоянной температуре шлаковой ванны 1900-2000°С. Диапазон толщин свариваемых металлов 20 – 3000 мм.

Лазерная сварка – сварка плавлением, при которой для нагрева используется энергия излучения лазера

В начале 60-х годов 20 века на основе работ физиков Н.Г. Басова и А.М. Прохорова и американского физика Ч. Таунса были созданы оптические квантовые генераторы или лазеры. Первые сообщения о лазерной сварки металлов относятся к 1962 г. В 1964 – 1966 гг. вскоре после создания рубинового твердотельного лазера были разработаны лазерные установки.

При лазерной сварке в качестве источника теплоты используют мощный концентрированный световой луч, получаемый в специальной установке, называемой технологическим лазером.

Плазменная сварка – сварка плавлением, при которой нагрев металла производится сжатой дугой. При плазменной сварке в качестве источника теплоты используется электрическая дуга, столб которой принудительно обжат с целью повышения концентрации его тепловой энергии на обрабатываемом изделии. Основным инструментом при плазменной сварке является плазматрон - генератор плазмы, т.е. ионизированного газа, обладающего высокой температурой.

В 1921 г. Химес запатентовал дуговую горелку, предназначенную для синтеза химических веществ и являющуюся прообразом современных плазматронов. В этот же период Гердиен и Лотц в столбе дуги, стабилизированной водяным вихрем, получили температуру около 50000°C. Применение плазматронов в сварочной технике началось с середины 50-х годов 20 в., после того как для сварки тонколистовых металлов получили широкое распространение аргоно-дуговые горелки с неплавящимся вольфрамовым электродом.

В разрядной камере плазматрона, внутри которой горит мощная дуга, в результате теплообмена с дугой газ нагревается, ионизируется и истекает через сопло в виде плазменной струи. В сварочных плазматронах истекающая из сопла плазменная струя совмещена со столбом дуги; опорным пятном (вторым электродом) дуги служит обрабатываемый металл. Таким образом при плазменной сварке теплопередача в обрабатываемый металл осуществляется как путем его конвективного нагрева плазменной струей, так и за счет тепловыделения в опорном пятне, что и обуславливает высокий энергетический КПД этих процессов.

Электронно-лучевая сварка – сварка плавлением, при которой нагрев металла производится потоком - лучом быстро движущихся электронов, ускоряемых электрическим полем. Попадая на поверхность изделия, электроны отдают свою кинетическую энергию, превращающуюся в тепловую и нагревают металл до температуры 5000-6000°C. Процесс обычно ведется в герметически закрытой камере, в которой поддерживается вакуум. Толщина заготовок, свариваемых электронным лучом, может достигать от 0,01 до 100 мм и более.

В 1879 г. Крукс показал возможность нагрева и плавления платины катодными лучами. В 1897 г. Томпсон установил, что катодные лучи являются электрически заряженными частицами. Милликен в 1905 – 1917 гг. окончательно доказал особую природу электронов и установил их заряд. Разработка техники и технологии электронно-лучевой сварки связывается с именем Д.А. Стора, который работал во французской комиссии по атомной энергии и опубликовал результаты работы в 1957 г.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы сварки применялись до XIX века?
2. Кто является создателем способа дуговой сварки угольным электродом?
3. Кто является создателем способа дуговой сварки плавящимся электродом?
4. Дайте определение процессу сварки.
5. Что препятствует сваривать металлы?
6. В чем состоит сущность сварки плавлением?
7. Как можно классифицировать способы сварки плавлением?
8. В чем состоит сущность электрошлаковой сварки?
9. В чем состоит сущность электронно-лучевой сварки?
10. В чем состоит сущность лазерной сварки?

Лекция № 2.

Ручная дуговая сварка (Сущность и режимы РДС)

План:

- 2.1. Сущность РДС
- 2.2. Подготовка кромок под сварку
- 2.3. Режимы ручной дуговой сварки
- 2.4. Оборудование сварочного поста при РДС

2.1. Сущность РДС

Ручная дуговая сварка – дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение проводятся вручную.

При РДС зажигание дуги, поддержание ее длины во время сварки, перемещение вдоль свариваемых кромок и подача электрода в зону горения дуги по мере его расплавления осуществляется сварщиком вручную. Нормальная длина дуги не превышает 0,5 – 1,1 диаметра электрода. Диаметр электрода обычно составляет 3 – 6 мм. Основной объем сварочных работ выполняется при токе 90-350 А и напряжении 18-30 В.

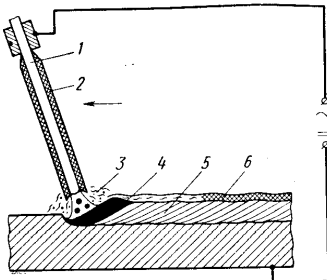


Рис. 2.1. Схема поста для ручной дуговой сварки:

1 – стержень электрода; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая или газослаковая защита; 4 – сварочная ванна; 5 – сварочный шов; 6 – шлаковая корка

2.2. Подготовка кромок под сварку

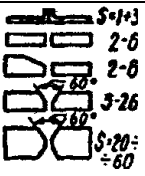
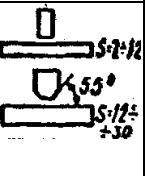
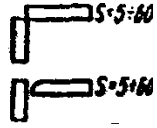
Металл, идущий на изготовление сварных конструкций, предварительно очищают и выправляют. Очистка должна производиться до сборки узла. Металл в месте сварки тщательно очищают от ржавчины, масла, влаги, окалины, загрязнений,

наличие которых приводит к образованию пор и других дефектов.

Перед сваркой кромки деталей, если это предусмотрено чертежами, подвергают обрезке, скосу и очистке. Скос кромок выполняется в соответствии с типом сварного соединения (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Разделка кромок в зависимости от типа сварного соединения

Тип сварного соединения	Стыковое	Тавровое	Нахлесточное	Угловое
Геометрическая форма подготовки кромок				

Элементами геометрической формы подготовки кромок под сварку (рис. 2.2) являются:

- угол раскрытия шва α ;
- зазор между стыкуемыми кромками a ;
- притупление S_2 ;
- длина скоса листа при наличии разности толщин L ;
- смещение кромок относительно друг друга δ .

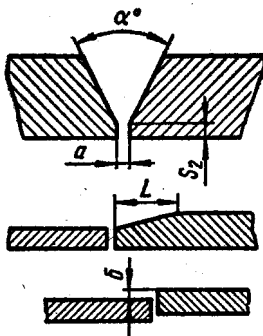


Рис. 2.2. Элементы геометрической формы подготовки кромок под сварку

Угол раскрытия шва — α выполняется при толщине металла более 3 мм, поскольку его отсутствие (разделки кромок) может привести к непровару по сечению сварного соединения, а также к перегреву и пережогу металла; при отсутствии разделки кромок для обеспечения провара электросварщик всегда старается увеличить величину сварочного тока.

Разделка кромок позволяет вести сварку отдельными слоями небольшого сечения, что улучшает структуру сварного соединения и уменьшает возникновение сварочных напряжений и деформаций.

Зазор. Правильно установленный перед сваркой зазор позволяет обеспечить полный провар по сечению соединения при наложении первого (корневого) слоя шва, если подобран соответствующий режим сварки.

Длина скоса листа. Плавный переход от толстой свариваемой детали к более тонкой способствует устранению концентраторов напряжений в сварных конструкциях.

Притупление кромок S_2 выполняется для обеспечения устойчивого ведения процесса сварки при выполнении корневого шва. Отсутствие притупления способствует образованию прожогов при сварке.

Смещение кромок. Ухудшает прочностные свойства сварного соединения и способствует образованию непровара и концентраций напряжений. ГОСТ 5264—80 допускает смещение свариваемых кромок относительно друг друга до 10% от толщины, но не более 3 мм.

2.3. Режимы ручной дуговой сварки

Под режимом сварки понимают совокупность условий протекания процесса сварки. Параметры режима сварки подразделяют на основные и дополнительные. К основным параметрам режима сварки при ручной сварке относят величину, род и полярность тока, диаметр электрода, напряжение, скорость сварки и величину поперечного колебания конца электрода, а к дополнительным — величину вылета электрода, состав и толщину покрытия электрода, начальную температуру основного металла, положение электрода в пространстве (вертикальное, наклонное) и положение изделия в процессе сварки.

Диаметр проволоки электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 2.2.)

Таблица 2.2.

Зависимость диаметра проволоки электрода от толщины
свариваемого металла при сварке стыковых соединений

Толщина свариваемого металла, мм	0,5—1,5	1,5—3	3—5	6—8	9—12	13—20
Диаметр проволоки электрода, мм	1,5—2,0	2—3	3—4	4—5	4—6	5—6

При большом диаметре электрода повышается производительность сварки, но возможно проплавление свариваемого металла, затрудняется выполнение швов в вертикальном и потолочном положениях, возможен непровар корня шва. Поэтому первый слой многослойного шва всегда сваривается электродом диаметром 4—5 мм, за исключением швов с U-образной подготовкой, где весь шов можно сваривать электродами одного (максимально допустимого) диаметра.

Вертикальные и потолочные швы свариваются электродами диаметром не более 5 мм. Прихваточные швы и наплавка валиками небольшого сечения выполняются электродами диаметром не более 5 мм.

Сварочный ток выбирается в зависимости от диаметра электрода и марки электродного покрытия. Если ток мал, то в сварочную ванну будет поступать недостаточно тепла и возможно несплавление основного и наплавленного металла (непровар), резко понижающее прочность сварного соединения. При слишком большой величине тока весь электрод, спустя некоторое время после начала сварки, сильно разогревается, его металл начинает быстрее плавиться и стекать в шов. Это создает излишек наплавленного металла в шве и также связано с опасностью образования непровара в случае попадания жидкого электродного металла на нерасплавленный основной металл.

При выборе величины тока для сварки встык низкоуглеродистой стали в нижнем положении можно пользоваться формулой акад. К. К. Хренова

$$I_{\text{св}} = (20 + 6d)d,$$

где $I_{св}$ — сварочный ток, А;

d — диаметр металлического стержня электрода, мм.

При толщине металла менее $1,5 d$ ток уменьшают на 10—15%, а при толщине более $3 d$ — увеличивают на 10—15% по сравнению с полученным по формуле. При сварке на вертикальной плоскости ток уменьшают на 10—15%, а при сварке потолочных швов — уменьшают на 15—20% по сравнению с током, выбранным для сварки в нижнем положении металла той же толщины.

Для сварки соединений внахлестку и тавровых можно применять больший ток, так как в этом случае опасность сквозного проплавления меньше.

Род и полярность тока также влияют на форму и размеры шва.

Прямая полярность — полярность, при которой электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания дуги, а объект сварки — к положительному.

Обратная полярность — полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания дуги, а объект сварки — к отрицательному.

При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара на 40—50% больше, чем при сварке постоянным током прямой полярности, что объясняется различным количеством теплоты, выделяющейся на аноде и катоде. При сварке переменным током глубина провара на 15—20% меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

Напряжение при ручной дуговой сварке на глубину провара оказывает незначительное влияние, которым можно пренебречь. Ширина шва связана с напряжением на электродах прямой зависимостью. При увеличении напряжения ширина шва увеличивается.

2.4. Оборудование сварочного поста при РДС

В зависимости от вида выполняемых работ, размеров изделия и типа производства рабочее место сварщика может быть организовано по-разному. Это может быть стационарная сварочная кабина или временный сварочный пост для монтажа или изготовления крупногабаритного изделия, сооружения.

Если свариваемое изделие невелико и изготавливается большими сериями, то рабочее место организуют в стационарных

сварочных кабинах размерами для одного сварщика не менее чем 2,0х2,5 м, высотой не менее 2,0 м. Чтобы кабина лучше вентилировалась за счет естественного движения воздуха, ее стены не доводят до пола на 200...250 мм. В дверном проеме подвешивают на кольцах брезентовый занавес. Стены кабины делают из огнестойкого материала, чаще из металла. С внутренней стороны на стены наносят огнестойкое покрытие или краску светлых тонов, дающую матовую поверхность, исключающую блики. Обязательна общая и местная вытяжная вентиляция. В кабине устанавливают источник питания сварочной дуги, рубильник или магнитный пускатель для его подключения к питающей электрической сети. Если используется сварочный преобразователь, то его устанавливают за пределами кабины в помещении с хорошей звукоизоляцией.

Питание сварочных постов переменным током осуществляют от специальных трансформаторов, а постоянным током — от преобразователей и выпрямителей.

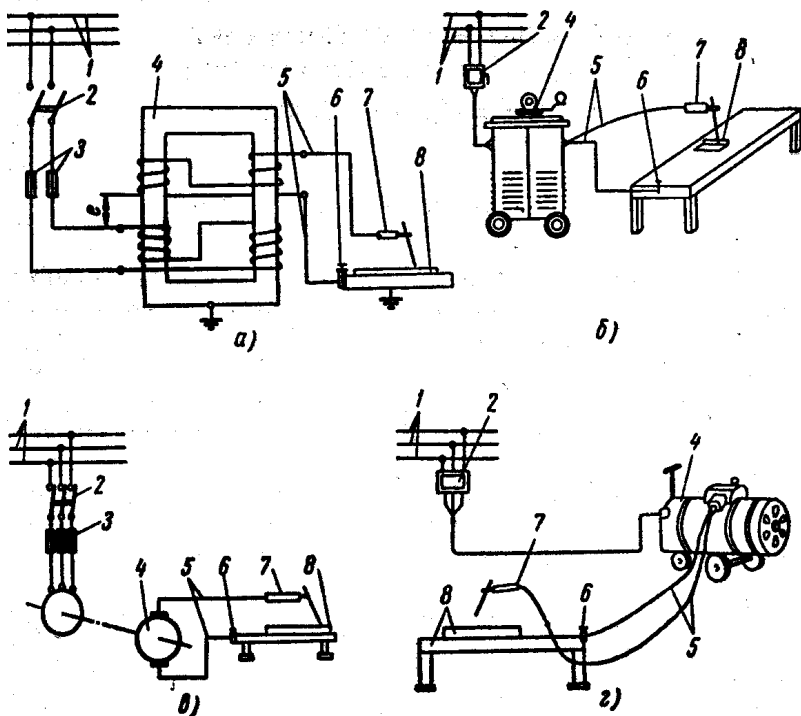


Рис. 2.3. Схемы поста для ручной дуговой сварки:
а, б – переменным током, в, г – постоянным током

На рис. 2.3, а показана принципиальная электрическая схема поста для ручной дуговой сварки переменным током, а на рис. 2,б — общий вид такого поста. От сети 1 переменный ток напряжением 220 или 380В через рубильник 2 и предохранители 3 подается к источнику питания—сварочному трансформатору 4, где ток трансформируется до напряжения 60—75В, необходимого для возбуждения дуги, и по сварочным проводам 5 через зажим 6 и электрододержатель 7 подводится к изделию 8.

На рис. 2.3, б показана принципиальная монтажная электрическая схема поста для ручной дуговой сварки постоянным током, а на рис. 2.3, г — общий вид поста. В этом случае ток от сети напряжением 220 или 380В поступает не к сварочному трансформатору, а к преобразователю, состоящему из асинхронного электродвигателя и сварочного генератора, соединенных между собой общим валом.

В кабине должен быть стеллаж-верстак со слесарным инструментом (молоток, зубило, тиски и т.п.), герметичный ящик для электродов, так как иногда электроды после снятия упаковки хранятся более двух часов. Для прокалки электродов необходим сушильный шкаф или печь, которую в зависимости от загрузки сварщиков и условий сварки можно устанавливать одну на несколько постов. Если сварщик должен использовать сборочно-сварочные приспособления или инструмент с пневмоприводом, то в кабину подводят сжатый воздух. В кабине должны находиться металлический стол сварщика и стул с регулируемым по высоте сиденьем.

Рабочее место сварщика должно быть хорошо освещено. При работе в кабинах, на сборочных площадках и особенно внутри емкостей главное внимание надо обращать на электробезопасность, строго соблюдать действующие нормы и правила заземления источников питания дуги, дросселей, корпусов рубильников, сварочных столов. Внутри емкостей сварщик должен работать со страхующим наблюдателем.

Электрододержатель - это основной инструмент сварщика. Электрододержатель должен удовлетворять следующим требованиям: быть легким (не более 0,5кг) и удобным в обращении; иметь надежную изоляцию; не нагреваться при

работе и обеспечивать наиболее полное расплавление электрода; обеспечивать быстрое и надежное закрепление электрода в удобном для сварки положении; его зажимное устройство должно действовать без больших усилий как при закреплении электрода, так и при его смене; присоединение сварочного провода к стержню держателя должно быть прочным и обеспечивать надежный контакт. Для ручной дуговой сварки существуют несколько типов электрододержателей (рис. 2.4)

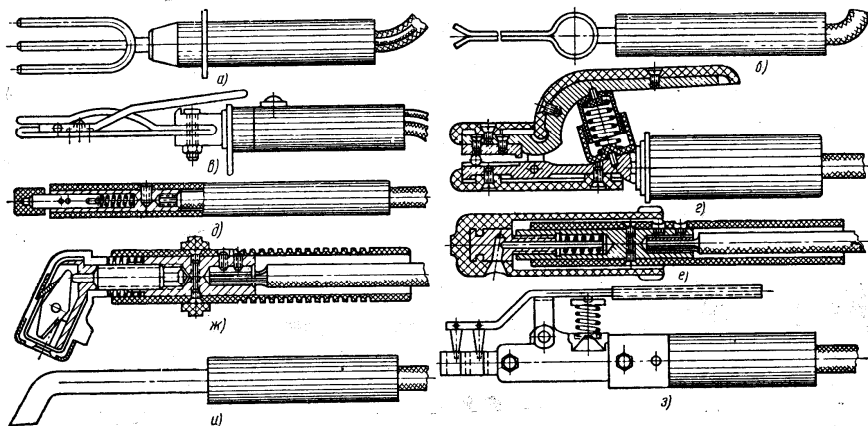


Рис. 2.4. Конструктивные схемы электрододержателей для ручной дуговой сварки:

а — вилочные, б — пластинчатый, в — пластинчато-рычажный, г — пассатижный, д — пружинный, е — ж — винтовые, з — многоэлектродный; и — для безогарковой сварки

В зависимости от силы сварочного тока электрододержатели делят на три типа: для силы тока до 125 А; 125...315 А и 315...500 А. Время смены электрода не должно превышать 4 с, без ремонта электрододержатель должен выдерживать 8 000 зажимов электродов.

Сварочные провода. Ток от силовой сети подводится к сварочным аппаратам по проводам марок КРПТ. От сварочных аппаратов к рабочим местам сварочный ток поступает по гибкому проводу марки ПРГ или ПРГД с резиновой изоляцией.

В табл. 2.3 приведены данные по выбору сечения гибких сварочных проводов.

Таблица 2.3

Сечение сварочных проводов в зависимости от величины сварочного тока

Допускаемая величина сварочного тока, А		100	200	300	400	600	800	1000
Сечение проводов, мм ²	одинарного	16	25	50	70	95	-	-
	двойного	-	2x10	2x16	2x25	2x35	2x50	2x70

Длина проводов от сварочных аппаратов к рабочему месту не должна быть более 30 м, так как при большой длине напряжение в них значительно упадет, что приведет к уменьшению напряжения дуги.

Для соединения сварочных проводов применяют специальные муфты (рис. 2.5).

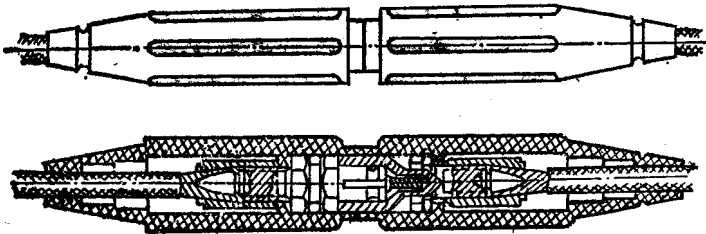


Рис. 2.5. Муфта для соединения сварочных проводов.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность ручной дуговой сварки?
2. Как подобрать сварочный провод для подсоединения к электрической сети?
3. Для чего применяется угол раскрытия кромок?
4. Какими параметрами задается режим сварки?

Лекция № 3.

Ручная дуговая сварка (Электроды для РДС)

План:

- 3.1. Общие сведения о сварочных плавящихся электродах для РДС и требования, предъявляемые к ним
- 3.2. Компоненты электродных покрытий
- 3.3. Типы электродных покрытий
- 3.4. Типы электродов
- 3.5. Классификация электродов
- 3.6. Маркировка электродов

3.1. Общие сведения о сварочных плавящихся электродах для РДС и требования, предъявляемые к ним

Покрытый металлический электрод для ручной дуговой сварки представляет собой металлический стержень, на поверхность которого нанесено специальное покрытие (рис. 3.1).

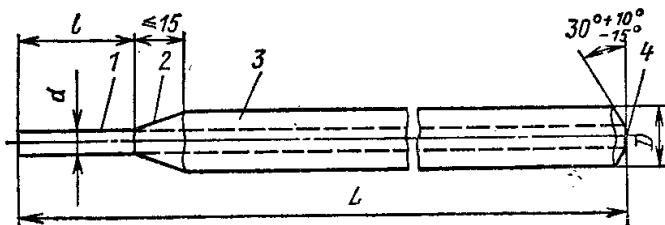


Рис. 3.1. Покрытый электрод:

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

Металлические электроды для ручной дуговой сварки изготавливают следующих размеров (табл. 3.1)

Основными требованиями для всех типов электродов являются:

- 1) обеспечение стабильного горения дуги и хорошего формирования шва;
- 2) получение металла сварного шва заданного химического состава;
- 3) спокойное и равномерное расплавление электродного стержня и покрытия;

4) минимальное разбрызгивание электродного металла и высокая производительность сварки;

5) легкая отделимость шлака и достаточная прочность покрытий;

6) сохранение физико-химических и технологических свойств электродов в течение определенного промежутка времени;

7) минимальная токсичность при изготовлении и при сварке.

Таблица 3.1

Размеры электродов

Диаметр, мм		1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Длина, мм	Электроды из углеродистой и легированной проволоки	200, 250	250	250, 300	300, 350	350, 450	450				
	Электроды из высоко-легированной проволоки	150, 200	200, 250	250	300, 350	350	350, 450				

Свойства электродов определяются химическим составом электродного стержня и покрытия, а также диаметром стержня и весом покрытия. Наиболее сильно влияет на состав наплавленного металла и его механические свойства состав электродного стержня.

3.2. Компоненты электродных покрытий

Электродные покрытия (обмазки) состоят из шлакообразующих, газообразующих, раскисляющих, легирующих, стабилизирующих и связующих (клеящих) компонентов.

Шлакообразующие компоненты защищают расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха и частично рафинируют (очищают) его. Они образуют шлаковые оболочки вокруг капель электродного металла, проходящих через дуговой промежуток, и шлаковый покров на поверхности металла шва, шлакообразующие составляющие уменьшают скорость охлаждения металла и способствуют выделению из него неметаллических включений. Шлакообразующие компоненты

могут включать титановый концентрат, марганцевую руду, полевой шпат, каолин, мел, мрамор, кварцевый песок, доломит.

Газообразующие компоненты при сгорании создают газовую защиту зоны сварки, которая также предохраняет расплавленный металл от кислорода и азота воздуха. Газообразующие компоненты состоят из древесной муки, хлопчатобумажной пряжи, крахмала, пищевой муки, декстрина и целлюлозы.

Раскисляющие компоненты необходимы для раскисления расплавленного металла сварочной ванны. К ним относятся элементы, которые обладают большим сродством к кислороду, чем железо, например, марганец, кремний, титан, алюминий и др. Большинство раскислителей вводится в электродное покрытие в виде ферросплавов.

Легирующие компоненты необходимы в составе покрытия для придания металлу шва специальных свойств: жаростойкости, износостойкости, сопротивляемости коррозии и повышения механических свойств. Легирующими элементами служат марганец, хром, титан, ванадий, молибден, никель, вольфрам и некоторые другие элементы.

Стабилизирующими компонентами являются те элементы, которые имеют небольшой потенциал ионизации, например, калий, натрий и кальций.

Связующие компоненты применяют для связывания составляющих покрытия между собой и со стержнем электрода. В качестве них применяют калиевое или натриевое жидкое стекло, декстрин, желатин и другие. Основным связующим веществом служит жидкое стекло. Жидкое стекло является силикатом — солью кремниевой кислоты щелочных металлов (натрия или калия). Обычно используют натровое жидкое стекло — силикат натрия, химическая формула которого $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$.

Отношение $m = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}$ называется модулем жидкого стекла.

Чем выше модуль, тем больше клейкость жидкого стекла. Для электродных покрытий применяется жидкое стекло с модулем от 2,2 до 3. Калиевое жидкое стекло вводится в некоторые покрытия для повышения устойчивости горения дуги.

3.3. Типы электродных покрытий

Покрытия принято классифицировать по виду основных веществ, входящих в них и определяющих действие покрытия на металл сварочной ванны. По этому признаку все покрытия делят на 4 группы: кислые, основные, рутиловые и целлюлозное.

Кислое покрытие (АНО-1, СМ-5) содержит окислы железа и марганца (преимущественно в виде руд), кремнезем, титановый концентрат и большое количество ферромарганца. Газовую защиту расплавленного металла обеспечивают разложением органических составляющих покрытия (целлюлозы, древесной муки, декстрина, крахмала). Металл, наплавленный электродами с кислым покрытием, по своему составу чаще всего соответствует кипящей стали и содержит от 0,12% С, 0,10% Si, 0,6—0,9% Mn до 0,05% S и P каждого. Electrodes этой группы пригодны для сварки во всех пространственных положениях переменным и постоянным током и характеризуются достаточно большой скоростью расплавления. Их не рекомендуется применять для сварки сталей, которые имеют повышенное содержание серы и углерода, так как металл шва, выполненный этими электродами, чувствителен к образованию кристаллизационных трещин. Electroдами с кислым покрытием можно сваривать металл с ржавыми кромками, окалиной (при значительном напряжении дуги), получая при этом плотные швы. Поры в швах при сварке электродами с рудно-кислым покрытием образуются:

- из-за высокого содержания марганца в покрытии;
- при применении ферромарганца с большим содержанием углерода и кремния;
- при сварке металла с высоким содержанием кремния.

Недостатками этих электродов являются пониженная стойкость против образования кристаллизационных трещин, повышенное разбрызгивание металла и выделение в процессе сварки марганцовистых соединений, вредно влияющих на организм человека.

Основное покрытие (УОНИИ-13/45, ДСК-50) состоит из карбонатов кальция (CaCO_3), магнезия (мрамор, мел, доломит, магнезит) и плавикового шпата (CaF_2), а также из ферросплавов (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан и др.). Расплавленный металл защищается углекислым газом и окисью углерода, которые образуются вследствие диссоциации карбонатов. Electroды с основным покрытием применяют

преимущественно при сварке постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях. Металл, наплавленный такими электродами, чаще всего соответствует спокойной стали и содержит незначительное количество кислорода, водорода и азота. Содержание серы и фосфора в нем обычно не превышает 0,035% каждого, а содержание марганца и кремния зависит от назначения электродов (от 0,5 до 1,5% Mn и от 0,3 до 0,6% Si). Металл шва, стойкий против образования кристаллизационных трещин, старения, имеет достаточно высокие показатели ударной вязкости как при положительных, так и при отрицательных температурах. Электроды с основным покрытием применяют для сварки металлов большой толщины, для изделий, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях или транспортирующих газы, а также для сварки литых углеродистых, низколегированных высокопрочных сталей и сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Электроды с основным покрытием весьма чувствительны к образованию пор во время сварки, если кромки свариваемых изделий покрыты окалиной, ржавчиной, маслом, а также если электродное покрытие увлажнено и большая длина дуги. Механические свойства металла шва регулируют введением в покрытие хрома, молибдена, ферромарганца и ферросилиция.

Рутитовое покрытие (АНО-3, АНО-4, МР-3, ОЗС-4) содержит концентрат природного минерала рутила, кремнезем, карбонаты кальция, магния и ферромарганец. Концентрат рутила состоит в основном из двуокиси титана TiO_2 . Кремнезем в состав покрытия вводится в виде гранита, полевого шпата и слюды. Содержание водорода в металле шва зависит от присутствия в покрытии органических веществ. Стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин такая же, как у электродов с кислым покрытием. Электроды этой группы при сварке мало склонны к образованию пор при изменении длины дуги или по окисленным поверхностям, а также по металлу, наплавленному ранее электродами со стабилизирующим покрытием. В процессе сварки рутитовое покрытие обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва, а также минимальное разбрызгивание металла. Выделение вредных газов при сварке небольшое. Электродами с рутитовым покрытием можно сваривать изделия во всех пространственных положениях как переменным, так и постоянным током. Металл,

наплавленный электродами с рутиловым покрытием, содержит до 0,12% С; 0,4—0,7% Мп; 0,10—0,30% Si; 0,04% S и Р каждого.

Целлюлозное покрытие (ВСЦ-1, ВСЦ-2, ОМА-2) состоит главным образом из горючих органических материалов (целлюлозы, крахмала), которые в процессе разложения в дуге обеспечивают газовую защиту расплавленного металла. Шлакообразующими являются рутил, титановый концентрат, марганцевая руда и силикаты, а раскислителем — ферромарганец. Эти электроды обеспечивают небольшое разбрызгивание металла и малое количество шлака. Они пригодны для сварки во всех пространственных положениях как переменным, так и постоянным током.

3.4. Типы электродов

Ввиду большого разнообразия применяемых покрытий электроды по ГОСТ делятся на типы не по составу покрытий, а по назначению электродов и механическим свойствам металла шва и сварного соединения, получаемых при сварке электродами данного типа. Каждому типу электрода соответствует несколько марок. Например, типу Э42 соответствуют электроды ОМА-2, АНО-6 и др. Марка электрода – это его промышленное обозначение, как правило, характеризующее стержень и покрытие.

Согласно ГОСТ 9467-75 «Электроды покрытые, металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы» для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей предусмотрены 9 типов электродов: Э38, Э42, 42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55 и Э60; для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности 5 типов: Э70, Э85, Э100, Э125, Э150. Кроме того, предусмотрены 9 типов электродов для сварки теплоустойчивых сталей: Э09М, Э09МХ, Э09Х1М, Э05Х2М, Э09Х2М1, Э09Х1МФ, Э10Х1М1НФБ, Э10Х3М1БФ, Э10Х5МФ.

Тип электрода для конструкционных сталей обозначаются буквой Э и цифрой, указывающей гарантируемый предел прочности металла шва 10^{-1} МПа. Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства. Такие электроды применяются при сварке наиболее ответственных швов.

Для изготовления стержней большинства электродов, предназначенных для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей, применяют проволоку Св-08 и Св-08А.

Наиболее распространенные марки электродов для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2

Марки электродов для сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей

Тип электродов по ГОСТ 9467-75	Марка электродов
Э42	АНО-1, АНО-5, АНО-6, СМ-5, ВСЦ-2, ВСЦ-4
Э46	ЦМ-9, АНО-4, ОЗС-12, МР-3
Э50	ВСН-3, ВСЦ-3
Э42А	СМ-11, ОЗС-2, УП-1/45, УП-2/45
Э46А	ИТС-1, УОНИИ-13/45
Э50А	УОНИИ-13/55, АНО-9, УП-2/55, ЦУ-1, ДСК-50
Э55	УОНИИ-13/55У
Э60	УОНИИ-13/65
Э70	Н-1, ЛКЗ-70
Э85	УОНИИ-13/85, ЦЛ-18
Э100	ВИ-10-6, У-340/105, ЦЛ-19
Э125	НИАТ-3М
Э150	НИАТ-3
Э09М	УОНИИ-13/45М
Э09МХ	УОНИИ-13/45МХ, ЦУ-2МХ, ЦЛ-14
Э09Х1М	ЦУ-2ХМ, ЦЛ-38, Н-3
Э05Х2М	Н-10
Э09Х2М1	ЦЛ-55
Э09Х1МФ	ЦЛ-20, Н-6
Э10Х1М1НФБ	ЦЛ-36
Э10Х3М1БФ	ЦЛ-26М
Э10Х5МФ	ЦЛ-17

Согласно ГОСТ 10052-75 «Электроды покрытые, металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы» для сварки коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких сталей предусмотрены 49 типов электродов.

Наиболее распространенные марки электродов для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами приведены в таблице 3.3

Таблица 3.3

Марки электродов для сварки высоколегированных сталей

Тип электродов	Марка электродов
Э-12Х13	УОНИИ/10Х13
Э-06Х13Н	ЦЛ-41
Э-10Х17Т	УОНИИ/10Х17
Э-12Х11НМФ	КТИ-9
Э-12Х11НВМФ	КТИ-10
Э-14Х11НВМФ	ЦЛ-32
Э-10Х16Н4Б	УОНИИ-13/ЭП-65
Э-08Х24Н6ТАФМ	08Х25Н5ТМФ/48
Э-04Х20Н9	ОЗЛ-14
Э-07Х20Н9	ОЗЛ-8, ОЗЛ-14-1
Э-02Х21Н10Г2	ОЗЛ-22
Э-06Х22Н9	ЦЛ-33
Э-08Х16Н8М2	ЦТ-26
Э-08Х17Н8М2	ЦТ-26-1
Э-06Х19Н11Г2М2	ЦЛ-4, НИАТ-1, ЭНТУ-3М
Э-02Х20Н14Г2М2	ОЗЛ-20
Э-02Х19Н9Б	АНВ-13
Э-08Х19Н10Г2Б	ЦТ-15, ЗИО-3
Э-08Х20Н9Г2Б	ЦЛ-11, ЦТ-15-1, ОЗЛ-7
Э-10Х17Н13С4	ОЗЛ-3, ОЗЛ-29
Э-08Х19Н10Г2МБ	ЭА-898/21Б
Э-09Х19Н10Г2М2Б	ЭА-400/13, ЭА-902/14, СЛ-28
Э-08Х19Н9Ф2С2	ЭА-606/11, ГЛ-2
Э-08Х19Н9Ф2Г2СМ	ЭА-606/10
Э-09Х16Н8Г3М3Ф	ЦТ-1
Э-09Х19Н11Г3М2Ф	КТИ-5
Э-07Х19Н11М3Г2Ф	ЭА-400/10Т, ЦТ-7

Продолжение таблицы 3.3.

Э-08Х24Н12Г3СТ	М22
Э-10Х25Н13Г2	ЗИО-8, ЦЛ-25
Э-12Х24Н14С2	ОЗЛ-5, ЦТ-17
Э-10Х25Н13Г2Б	ЦЛ-9
Э-03Х15Н9АГ4	АНВ-24
Э-10Х20Н9Г6С	ЭА-478/3, СЛ-16
Э-28Х24Н16Г6	ОЗЛ-9, ОЗЛ-9А
Э-02Х19Н15Г4АМЗВ2	АНВ-20
Э-02Х19Н18Г5АМЗ	АНВ-17
Э-11Х15Н25М6АГ2	ЭА-395/9, ЦТ-10, НИАТ-5
Э-09Х15Н25М6Г2Ф	ЭА-981/15
Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т	КТИ-7
Э-04Х16Н35Г6М7Б	ЭА-855/51
Э-06Х25Н40М7Г2	АНЖР-2
Э-08Н60Г7М7Т	ЦТ-36
Э-08Х25Н60М10Г2	АНЖР-1
Э-02Х20Н60М16В3	ОЗЛ-21
Э-04Х10Н60М24	ИМЕТ-10
Э-08Х14Н65М15В4Г2	ЦТ-28
Э-10Х20Н70Г2М2В	ОЗЛ-25
Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	ОЗЛ-25Б

3.5. Классификация электродов

Электроды для ручной дуговой сварки по ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые, металлические для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация, размеры и общие требования» классифицируются по следующим признакам:

1. По металлу, для сварки которого они предназначены:

- а) для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей (условное обозначение - "У");
- б) для сварки легированных конструкционных сталей - "Л";
- в) для сварки теплоустойчивых сталей - "Т";
- г) для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами - "В";
- д) для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами - "Н".

2. По толщине покрытия в зависимости от отношения полного диаметра "D" к диаметру стержня "d" покрытие электрода разделяется на следующие виды:

- 1) $D/d \leq 1,2$ – с тонким покрытием, - "М"
- 2) $1,2 \leq D/d \leq 1,45$ - со средним покрытием, - "С"
- 3) $1,45 \leq D/d \leq 1,8$ - с толстым покрытием, - "Д"
- 4) $D/d \geq 1,8$ - с особо толстым покрытием, - "Г"

3. По качеству электродного покрытия в зависимости от содержания серы и фосфора в наплавленном металле (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Предельное содержание серы и фосфора
в наплавленном металле, %

Тип электрода	Сера			Фосфор		
	Группа электродов					
	1	2	3	1	2	3
Э38 Э42 Э46 Э50	0,045	0,040	0,035	0,050	0,045	0,040
Э42А Э46А Э50А Э55 Э60	0,035	0,030	0,025	0,040	0,035	0,030
Э70 Э85 Э100 Э125 Э150						0,035

4. По виду покрытия:

- а) с кислым покрытием - "А";
- б) с основным покрытием - "Б";
- в) с целлюлозным покрытием - "Ц";
- г) с рутиловым покрытием - "Р";
- д) с покрытием смешанного типа – двойное обозначение (например, АЦ)

5. По допустимым пространственным положениям.

- а) для всех положений - "1";
 - б) для всех положений, кроме вертикального сверху вниз - "2";
 - в) для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх - "3"
 - г) для нижнего и нижнего в лодочку - "4".
6. По роду и полярности тока, а также номинальному напряжению холостого хода (таблица 3.5).

Таблица 3.5.

Обозначение электродов по применяемому току и напряжению

Рекомендуемая полярность	Номинальное напряжение холостого хода $U_{xx}, В$	Цифровое обозначение
обратная	-	0
любая	50 ± 5	1
прямая	50 ± 5	2
обратная	50 ± 5	3
любая	70 ± 10	4
прямая	70 ± 10	5
обратная	70 ± 10	6
любая	90 ± 5	7
прямая	90 ± 5	8
обратная	90 ± 5	9

3.6. Маркировка электродов

Полное условное обозначение электродов должно содержать следующие данные (рис. 3.2):

- 1 - тип;
- 2 - марка;
- 3 - диаметр;
- 4 - назначение;
- 5 - обозначение толщины покрытия;
- 6 - группа электродов;
- 7 - группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75;
- 8 - обозначение вида покрытия;

9 - обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки;

10 - обозначение рода тока, полярности и номинального напряжения холостого тока;

11 - обозначение стандарта ГОСТ 9466-75;

12 - обозначение стандарта на типы электродов.

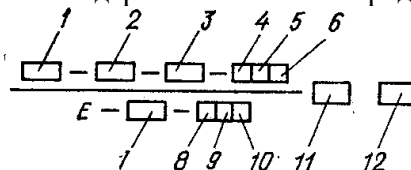


Рис. 3.2. Условное обозначение электродов

Например, для электродов типа Э46А (ГОСТ 9467-75), марки УОНИ-13/45, диаметром 3 мм, для сварки углеродистых и низкоуглеродистых сталей «У», с толстым покрытием «Д», 2-й группы с установленной по ГОСТ 9467-75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, с основным покрытием Б, для сварки во всех пространственных положениях 1, на постоянном токе обратной полярности полное обозначение будет иметь следующий вид:

Э46А – УОНИ – 13/45 – 3,0 – УД2 ГОСТ9466 – 75, ГОСТ9467 – 75
Е – 432(5) – Б10

Контрольные вопросы:

1. Какими характеристиками определяются свойства электродов?
2. Какие компоненты входят в состав покрытия электродов?
3. Как классифицируются покрытия электродов?
4. Приведите марки электродов с кислым покрытием?
5. В чем состоит преимущество основного покрытия перед другими марками?
6. По каким признакам классифицируются электроды?
7. Как обозначаются типы покрытий электрода?

Лекция № 4.

Ручная дуговая сварка (Технология РДС)

План:

- 4.1. Техника РДС
- 4.2. Технология сварки стыковых швов
- 4.3. Технология сварки угловых швов
- 4.4. Технология сварки вертикальных швов
- 4.5. Технология сварки горизонтальных швов
- 4.6. Технология сварки потолочных швов
- 4.7. Способы сварки швов различной протяженности
- 4.8. Сварка металла большой толщины

4.1. Техника РДС

Для возбуждения дуги сварщик концом электрода прикасается к металлу, а затем быстро отводит его на 2—4 мм. В этот момент образуется дуга, постоянную длину которой поддерживают во время сварки путем постепенного опускания электрода по мере его расплавления (рис. 4.1, а).

Другой способ заключается в следующем: сварщик проводит (чиркает) по поверхности свариваемого металла концом электрода и затем быстро отводит его на небольшое расстояние, возбуждая дугу (рис. 4.1., б).

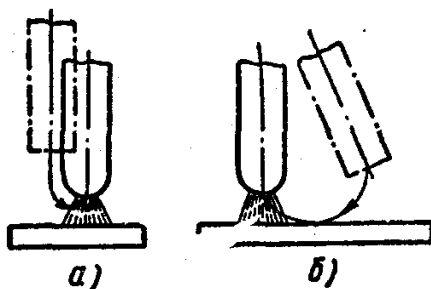


Рис. 4.1. Схема зажигания дугового разряда:
а — прямым касанием, б — чирканьем

Дугу необходимо поддерживать возможно короткой. При короткой дуге около шва образуется небольшое количество мелких капель металла, электрод плавится спокойно, давая

равномерный пучок искр, глубина проплавления свариваемого металла получается больше.

Длинная дуга не обеспечивает достаточной глубины проплавления основного металла, а электродный металл при плавлении окисляется и сильно разбрызгивается; в результате получается неровный шов с большим количеством включений окислов.

О длине дуги можно судить по звуку, издаваемому ею при горении; Дуга нормальной длины издает равномерный звук одного тона, слишком длинная дуга — более резкий и громкий звук, часто прерывающийся и сопровождающийся хлопками.

В случае обрыва дугу возбуждают вновь, тщательно заваривают кратер в том месте, где произошел обрыв дуги, и продолжают сварку шва.

При перемещении электрода прямолинейно вдоль шва без колебательных движений наплавляется узкий (ниточный) валик. Сварку можно выполнять вертикально расположенным электродом или при его наклоне относительно шва углом вперед или назад (рис. 4.2).

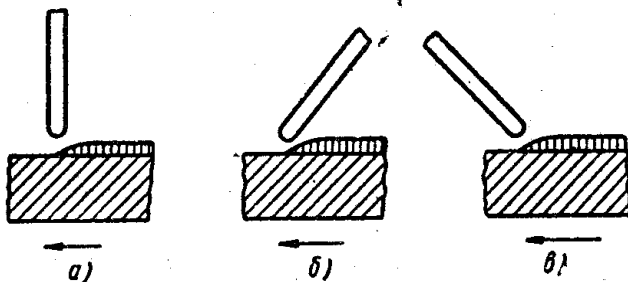


Рис. 4.2. Различное положение электродов при сварке:

а — вертикальное, б — углом вперед; в — углом назад

При наложении валика электрод следует держать наклонно, под некоторым углом к вертикальной линии, чтобы капли металла, перемещающиеся при расплавлении конца электрода в направлении его оси, попадали в расплавленный металл ванны. Электрод должен быть наклонен в сторону направления сварки. Угол наклона α покрытого электрода к вертикали должен составлять $15\text{--}20^\circ$. Изменяя наклон электрода, сварщик может регулировать глубину расплавления металла, способствовать

лучшему формированию валика шва и влиять на скорость охлаждения ванны.

Узкий валик накладывают при проваре корня шва, сварке тонких листов, сварке горизонтальных и потолочных швов (независимо от числа слоев). Чем медленнее сварщик перемещает электрод вдоль шва, тем шире получается валик. В узком, но высоком валике объем наплавленного металла невелик, такой валик застывает быстрее, и растворенные в металле невыделившиеся газы могут вызвать пористость шва. Поэтому чаще применяют уширенные валики, которые также менее склонны к образованию кристаллизационных трещин. При выполнении их сварщик сообщает электроду колебательные движения поперек шва, причем конец электрода должен совершать три движения (рис. 4.3): поступательное 1 вдоль оси электрода сверху вниз, поступательное 2 вдоль линии шва и колебательное 3 поперек шва, перпендикулярно его оси. Колебательные движения электрода способствуют прогреву кромок и замедляют остывание сварочной ванны.

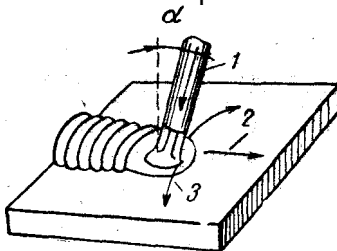


Рис. 4.3. Перемещение электрода в трех направлениях.

Схемы движений конца электрода при наплавке уширенных валиков показаны на рис. 4.4.

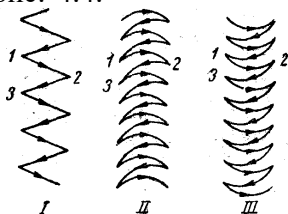


Рис. 4.4. Колебательные движения концом электрода при наплавке уширенных валиков:

I - прямолинейное, II — криволинейное, выпуклостью в сторону сваренного участка, III— криволинейное, выпуклостью в сторону несваренного участка

В точках 1, 2 и 3 скорость перемещения электрода уменьшается, что способствует прогреванию кромок.

Лучшее качество имеют валики шириной, равной 2,5—3 диаметрам электрода. В этом случае все кратеры расплавленного металла 1, 2, 3 сливаются в одну ванну и обеспечивается наилучшее сплавление основного и наплавленного металла.

При слишком большой ширине валика металл в точке 1 затвердеет к тому моменту, когда дуга возвратится в точку 3, и в этом месте может образоваться непровар. Кроме того, понижается производительность сварки. На рис. 4.5, а показаны движения концом электрода, необходимые для прогревания обеих кромок, на рис. 4.5, б—для прогревания только одной кромки (например, при сварке листов разной толщины). Для прогревания середины шва электрод перемещают по схеме, данной на рис. 4.5, в.

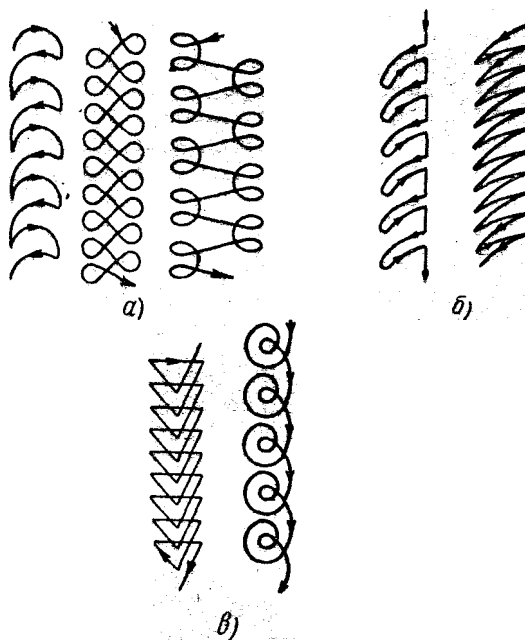


Рис. 4.5. Особые случаи движения электрода:

а — при усиленном прогревании обеих кромок, б — при большем прогревании одной кромки, в — при прогревании середины шва

Наплавляя валик, сварщик может находиться сбоку от шва и перемещать электрод слева направо или располагаться по оси шва и вести электрод «на себя» или «от себя».

После окончания наплавки валика остающийся в конце его кратер должен быть тщательно заварен, чтобы в этом месте не появилась трещина.

4.2. Технология сварки стыковых швов

При сварке швов без скоса кромок валик накладывается с небольшим уширением с одной или с обеих сторон стыка. Во избежание непровара необходимо обеспечить расплавление металла обеих кромок по всей толщине.

Провар металла толщиной до 6 мм по всему сечению шва при сварке встык без скоса кромок зависит от правильного выбора тока и диаметра электрода. При соответствующих диаметрах электрода и величине тока обеспечиваются полный провар и высокая производительность сварки без скоса кромок металла толщиной от 4 до 8 мм. Подбирать величину тока рекомендуется опытным путем (сваривая пробные планки).

Соединения встык с V-образной подготовкой кромок в зависимости от толщины металла сваривают однослойными или многослойными швами. Рекомендации по числу слоев стыковых швов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Число слоев при сварке стыковых швов

Толщина свариваемого металла, мм	1-5	6	8	10	12	14	16-20
Число слоев	1	2	2-3	3-4	4	4-5	5-6

При сварке в один слой дугу возбуждают в точке *a* (рис. 4.6, а) на грани скоса, затем электрод перемещают вниз, проваривают корень шва и выводят дугу на вторую кромку. На скосах кромок движение электрода замедляют для обеспечения достаточного провара, а в корне шва, во избежание сквозного прожога, ускоряют.

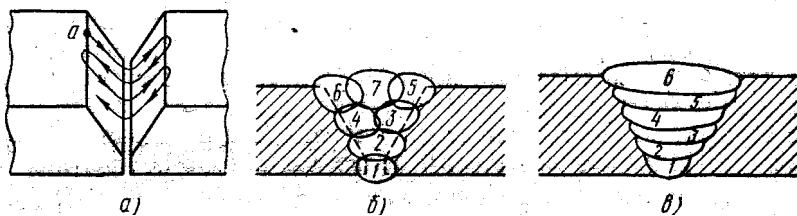


Рис. 4.6. Сварка стыковых швов (цифрами обозначен порядок наложения слоев шва):

а — однослойный, б, в — многослойные.

С обратной стороны соединения рекомендуется накладывать подварочный шов, предварительно очистив корень шва от наплывов металла и шлака. Иногда с обратной стороны шва ставят подкладку из стали толщиной 2—3 мм. В этом случае можно повысить сварочный ток на 20—30% по сравнению с нормальной величиной, не опасаясь сквозного проплавления. Стальная подкладка при наложении валика шва приваривается и ее оставляют, если конструкция и назначение изделия это позволяют.

В ответственных конструкциях корень шва проваривают с обратной стороны; металл корня шва перед заваркой предварительно вырубает зубилом или зачищают резак для поверхностной резки с целью удаления возможных дефектов (непровара, трещин).

При сварке многослойных стыковых швов сначала тщательно проваривают корень шва электродом диаметром 4—5 мм, затем наплавляют последующие слои уширенными валиками электродами большего диаметра (рис. 4.6, б, в). Перед наложением последующих слоев поверхность предыдущих очищают от шлака и окалины. Необходимо расплавлять и проваривать кромки, хорошо заваривать кратеры, не допускать в шве шлаковых прослоек.

Швы с Х-образной подготовкой кромок сваривают так же, как и швы с V-образной подготовкой кромок.

Чтобы при наплавке вышележащих слоев достаточно прогревался и отжигался нижележащий слой, толщина каждого слоя не должна превышать 4—5 мм.

Практически для многослойных швов установлены следующие соотношения между площадью поперечного сечения

металла, наплавленного за один проход, и диаметром электрода: для первого прохода (провар корня шва): $F_1 = (6—8)d_{эл}$ для последующих проходов $F_{II} = (8—12)d_{эл}$, где F_1 —площадь сечения шва при первом проходе, мм²; F_{II} —площадь сечения шва при последующих проходах, мм²; $d_{эл}$ — диаметр проволоки электрода, мм.

4.3. Технология сварки угловых швов

При сварке угловых швов жидкий металл стремится стекать на нижнюю плоскость. Поэтому сварку таких швов в нижнем положении лучше производить «в лодочку», а изделие располагать так, чтобы шлак не затекал на металл перед дугой (рис. 4.7, а).

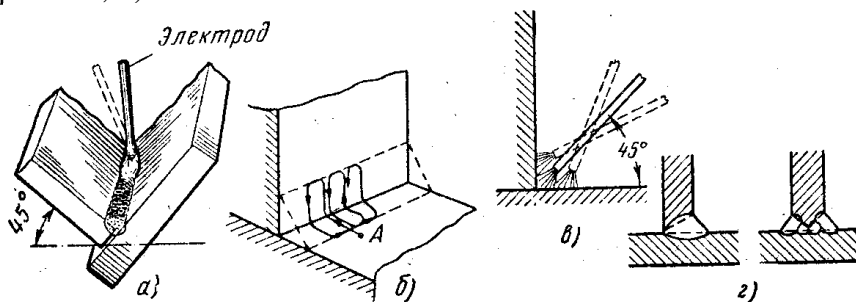


Рис. 4.7. Сварка угловых швов

Однако не всегда возможно установить деталь в нужное положение.

При сварке углового шва, нижняя плоскость которого расположена горизонтально, возможен непровар вершины угла или одной из кромок. Непровар может образоваться на нижнем листе, если начинать сварку с вертикального листа, так как в этом случае расплавленный металл стечет на недостаточно нагретую поверхность нижнего листа. Поэтому сварку таких швов следует начинать, зажигая дугу на нижней плоскости в точке А, и вести электрод так, как показано на рис. 4.7, б.

Электрод следует держать под углом 45° к поверхности листов, слегка наклоняя его в процессе сварки то к одной, то к другой плоскости (рис. 4.7, в).

Угловые швы при соединении не в лодочку выполняют однослойными при катете шва до 8 мм; при катете шва свыше 8 мм — в два слоя и более.

При сварке многослойного углового шва сначала накладывают узкий валик электродом диаметром 3—4 мм, чем обеспечивается провар корня. Определяя число проходов, исходят из площади поперечного сечения шва. Для каждого слоя эта величина должна составлять 30—40 мм². На рис. 4.7, г показаны однослойный и многослойный угловые швы с разделкой кромок и полным проваром.

4.4. Технология сварки вертикальных швов

При сварке вертикальных швов капли расплавленного металла стремятся стекать вниз (рис. 4.8, а). Поэтому такие швы выполняют более короткой дугой, при которой капли, вследствие действия сил поверхностного натяжения, легче переходят с электрода в кратер шва (рис. 4.8, б). Конец электрода отводят вверх или в сторону от капли, давая ей возможность затвердеть. Вертикальные швы лучше сваривать снизу вверх, тогда нижележащий кратер будет удерживать капли металла (рис. 4.8, в). Электрод может иметь наклон вверх или вниз. При наклоне электрода вниз сварщику удобнее наблюдать за распределением капель электродного металла в разделке шва. Если необходимо вести вертикальную сварку сверху вниз, электрод ставится в положение I (рис. 4.8, г), а после образования капли опускается ниже, в положение II, при котором капля удерживается короткой дугой от отекания.

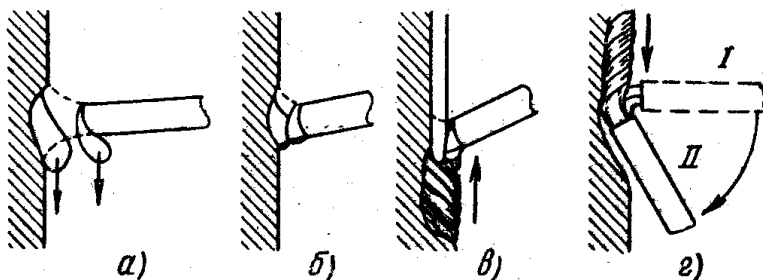


Рис. 4.8. Сварка вертикальных швов

Вертикальные швы лучше сваривать электродом диаметром не более 4 мм, на пониженном токе (порядка 160 А). При этом

уменьшается объем жидкого металла в кратере шва, что облегчает сварку.

4.5. Технология сварки горизонтальных швов

Для уменьшения отека металла при выполнении горизонтальных швов (рис. 4.9) скос кромок делают только у верхнего листа. Дугу возбуждают на нижней кромке (положение I), а затем переводят ее на кромку верхнего листа (положение II), поднимая вверх стекающую каплю металла.

Схема движений конца электрода при сварке однослойного горизонтального шва показана на рис. 4.9, справа. Горизонтальные швы сваривают также продольными валиками, причем первый валик (корень шва) выполняют электродом диаметра 4 мм, а последующие — электродом 5 мм.

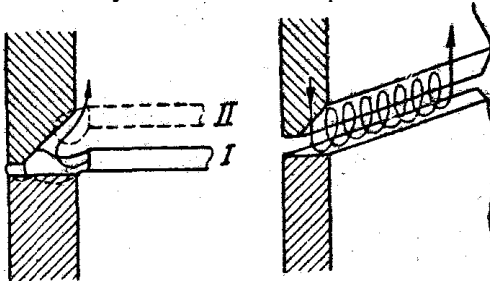


Рис. 4.9. Сварка горизонтальных швов.

4.6. Технология сварки потолочных швов

Наиболее трудно выполнять потолочные швы, которые свариваются возможно более короткой дугой. Для сварки потолочных швов применяют электроды с покрытиями более тугоплавкими, чем металл электрода. В этом случае покрытие образует на конце электрода чехольчик, удерживающий капли металла (рис. 4.10). В процессе сварки конец электрода то удаляют, то приближают к ванне. При удалении электрода дуга гаснет и металл шва затвердевает. Для потолочной сварки — вертикальной и горизонтальной используют электрод меньшего диаметра, а ток уменьшают на 10—12% по сравнению со сваркой металла такой же толщины в нижнем положении.

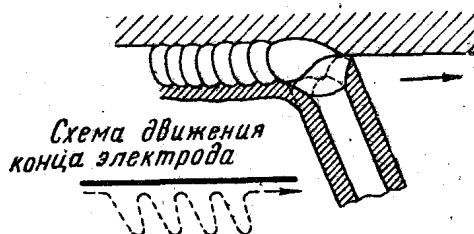


Рис. 4.10. Сварка потолочных швов

При сварке потолочных швов пузырьки газа, всплывая, попадают в корень шва, что снижает прочность сварного соединения. Потолочная сварка применяется только при монтаже крупных конструкций, сварке неповоротных стыков трубопроводов, ремонтной сварке и других подобных работах, когда выполнение шва в нижнем положении невозможно.

4.7. Способы сварки швов различной протяженности

Все швы по протяженности разделяют на три группы: до 250 мм — короткие швы; от 250 до 1000 мм — швы средней длины; от 1000 мм и более — длинные швы.

Короткие швы сваривают от начала к концу шва в одном направлении (рис. 4.11); швы средней длины - от середины соединения к концам (рис. 4.12) или обратноступечатой сваркой (рис. 4.13), при которой сварной шов выполняется следующими один за другим участками в направлении обратном общему направлению сварки. Длина ступени принимается в пределах 100 – 350 мм. Длинные швы сваривают обратноступенчатым способом от середины к концам (рис. 4.14).

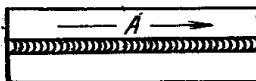


Рис. 4.11. Сварка коротких швов на проход (А — общее направление сварки).

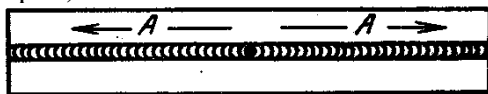


Рис. 4.12. Сварка швов средней длины от середины к концам швам

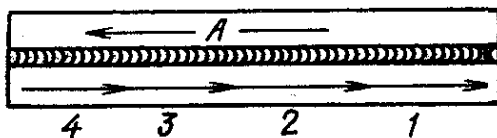


Рис. 4.13. Сварка швов средней длины обратноступенчатым способом

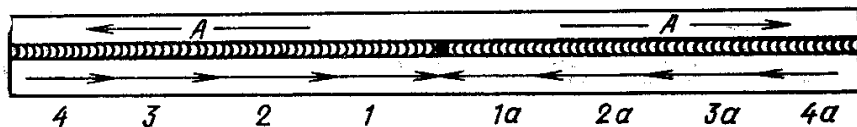


Рис. 4.14. Сварка длинных швов обратноступенчатым способом от середины к концам шва.

4.8. Сварка металла большой толщины

Многослойные швы рекомендуется сваривать методом «горки», каскадным или блочным методами.

При сварке «горкой» (рис. 4.15) на участке длиной 200—300 мм накладывают первый слой. Затем после очистки первого слоя от шлака, окалины и брызг на него накладывают второй слой, по длине в два раза больший, чем первый. Наконец, отступив от начала второго слоя на 200—300 мм, выполняют третий слой. Таким образом выполняют сварку (заполнение разделки) в обе стороны от центральной «горки» короткими швами.

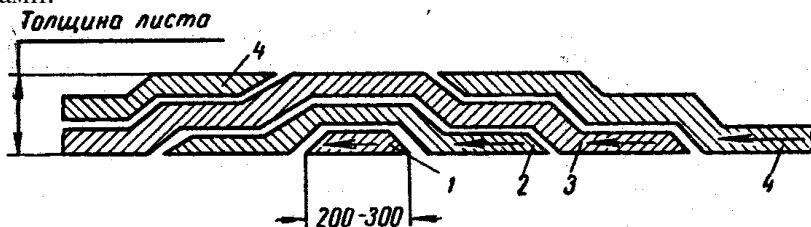


Рис. 4.15. Схема сварки длинных многослойных швов «горкой»:

1—4 — последовательность наложения швов

При каскадном методе (рис. 4.16) каждый последующий участок многослойного шва перекрывает весь предыдущий участок или его часть.

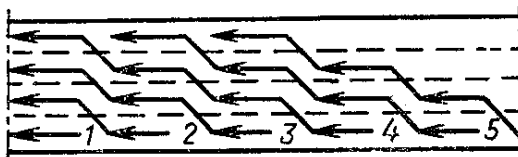


Рис. 4.16. Схема сварки длинных многослойных швов каскадом.

При блочном методе (рис. 4.17) многослойный шов выполняют отдельными участками на полное его сечение.

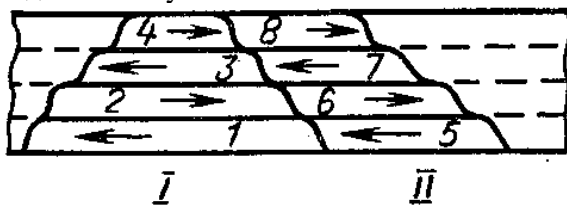


Рис. 4.17. Схема сварки длинных многослойных швов блоками.

Контрольные вопросы:

1. Каковы технологические особенности сварки стыковых швов?
2. Каковы технологические особенности сварки угловых швов?
3. Каковы технологические особенности сварки потолочных швов?
4. Как свариваются швы различной протяженности и толщины?

Лекция № 5.

Ручная дуговая сварка (Особые способы РДС, повышающие производительность)

План:

- 5.1. Сварка трехфазной дугой
- 5.2. Сварка ванным способом
- 5.3. Сварка с глубоким проплавлением
- 5.4. Сварка спаренными электродами и пучком электродов
- 5.5. Сварка погруженной дугой
- 5.6. Сварка лежачим электродом
- 5.7. Сварка наклонным электродом
- 5.8. Сварка электродами больших диаметров

5.1. Сварка трехфазной дугой

Этот способ разработан Г. П. Михайловым и впервые был внедрен на Уральском заводе тяжелого машиностроения.

Этим способом целесообразно сваривать швы с большим объемом наплавленного металла: при изготовлении конструкций из низколегированных и легированных сталей средней и большой толщины, наплавке твердыми сплавами, заварке дефектов стального литья. Сущность способа (рис. 5.1, а) состоит в том, что к двум электродам 3 и 4 и свариваемому металлу 1 ток подводится одновременно от трех фаз источника переменного тока. В результате возникают три одновременно горящие сварочные дуги: по одной между каждым из электродов и металлом (дуги 2 и 6) и дуга 5 — между электродами. При этом выделяется большое количество тепла, вследствие чего возрастает скорость плавления электрода и производительность сварки увеличивается в 2—3 раза по сравнению со сваркой однофазной дугой.

При непрерывном горении трехфазной дуги можно наплавить до 8 кг/ч металла при диаметре электродов 6 мм. Благодаря лучшему использованию тепла расход энергии на 1 кг наплавленного металла в среднем составляет 2,75 кВт·ч вместо обычных 3,5 - 4 кВт·ч при сварке на переменном токе, т. е. экономия электроэнергии составляет 20—30%.

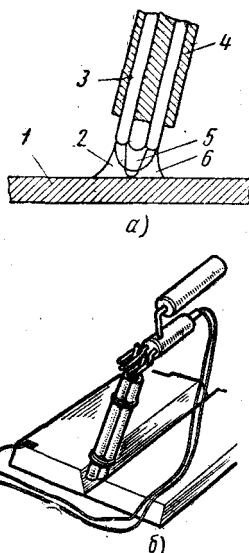


Рис. 5.1. Сварка трехфазной дугой:
а — схема процесса, б — сварка стыкового шва.

Электроды для сварки трехфазной дугой состоят из двух параллельно расположенных стержней, имеющих общее покрытие. С одного конца электроды зачищены для присоединения к электрододержателю специальной конструкции, позволяющему подводить ток отдельно к каждому из электродов (рис. 5.1, б). При сварке две фазы присоединяют к электрододержателю, а третью — к свариваемому металлу.

Конец электрода при сварке должен касаться основного металла кромкой козырька покрытия, образующегося при плавлении. Это увеличивает глубину провара и уменьшает возможность образования пористого металла шва.

5.2. Сварка ванным способом

Ванный способ применяют при сварке стальных арматурных стержней диаметром 20—100 мм, стыков многорядной арматуры железобетонных сооружений, стыков фланцев, согнутых из полос большого сечения, а также других деталей.

Для сварки ванным способом горизонтальных стержней используют стальную форму 1 (рис. 5.2, а). При сварке

трехфазной дугой применяют еще боковые ограничительные пластинки 2. Форма приваривается к металлу стыка и остается на стержне после окончания сварки. Перед сваркой торцы и боковые поверхности концов стержней зачищают стальной щеткой. Зазор между стержнями должен составлять 1,5 диаметра электрода (с покрытием). Несовпадение осей стержней не должно превышать 5% диаметра стержней. Используют также медные формы, удаляемые после сварки.

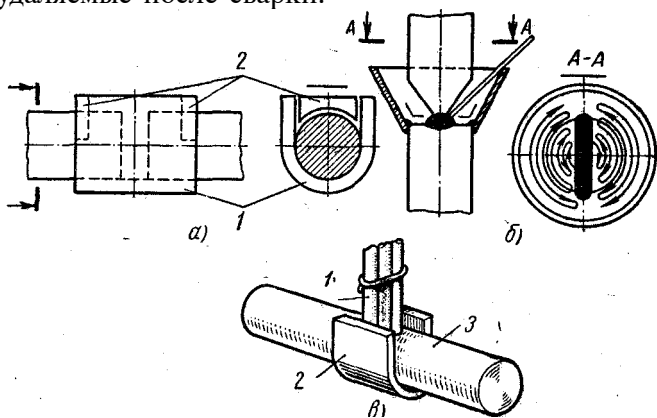


Рис. 5.2. Сварка ванным способом стержней арматуры:

а — горизонтальных:

1 — форма, 2 — пластинки;

б — вертикальных;

в — горизонтальных гребенкой электродов:

1 — электроды, 2 — медная или керамическая форма, 3 — стержни.

Горизонтальные стержни сваривают электродами диаметром 5—8 мм с покрытием УОНИ-13/45 или УОНИ-13/55.

Таблица 5.1

Режимы сварки горизонтальных стержней

Диаметр свариваемого стержня, мм	20	30	40	60
Диаметр электрода, мм	5	5	5	6
Сила сварочного тока, А	240	275	275	300

Вначале расплавляют нижнюю стенку формы и сваривают ее с кромками стержней без добавления присадочных, прутков.

Постепенно, производя колебательные движения электродом перпендикулярно осям стержней, заправляют все сечения стыка. Излишек шлака удаляют из ванны черпаком.

Металл ванны должен находиться все время в жидком состоянии, чтобы торцы стержней могли сплавляться с металлом ванны. После сварки половины сечения стыка дугу направляют преимущественно на среднюю часть ванны, уменьшая нагрев торцов стержней. Для предупреждения образования в стыке усадочных раковин ему придают утолщение высотой 2—3 мм. С целью увеличения коэффициента наплавки, понижения температуры ванны и снижения количества шлака в дугу дополнительно вводят стальные прутки. Слой шлака над поверхностью ванны не должен превышать 5—8 мм.

Стыки вертикальных стержней сваривают с применением штампованной формы из листовой стали (рис. 5.2, б). Верхний стержень скашивают с двух сторон под углом 35°, оставляя на торце площадку шириной 4—6 мм. Зазор между торцами должен быть 2—3 мм. Форму предварительно приваривают по окружности к нижнему стержню. После этого конец верхнего стержня приваривают к нижнему и продолжают заполнение формы жидким металлом, перемещая электрод полукругами попеременно то с одной, то с другой стороны. Одновременно расплавляют поверхности торцов стержней и сплавляют их с металлом ванны. Избыток шлака выпускается через отверстия в стенке формы, специально прожигаемые электродом.

Таблица 5.2

Режимы сварки вертикальных стержней

Диаметр свариваемого стержня, мм	20	30	40	60
Диаметр электрода, мм	4	5	6	6
Сила сварочного тока, А	170-190	275-290	300-330	330-350

При ванном способе сварки стержней может происходить зашлаковка их торцов, особенно в нижней части стыка, что снижает прочность соединения. Причиной зашлаковки является слишком быстрый отвод тепла от торцов свариваемых стержней. Для уменьшения зашлаковки следует предварительно подогревать торцы.

Можно также усиливать охлаждение наружных участков шва путем искусственного охлаждения формы, а также применять формы из более теплопроводного металла, например, меди. В этом случае шлаки собираются вблизи поверхности стыка, где происходит наиболее интенсивный отвод тепла.

5.3. Сварка с глубоким проплавлением

Одним из способов повышения производительности дуговой сварки является уменьшение объема наплавленного металла на единицу длины шва. Этот способ положен в основу сварки с глубоким проплавлением. Необходимая прочность соединения обеспечивается глубиной проплавления свариваемых деталей.

Объем наплавленного металла шва с глубоким проплавлением меньше, чем у обычного шва. На такой шов расходуется меньше электроэнергии и электродов, так как он образуется за счет большей доли основного расплавленного металла.

Способ сварки с глубоким проплавлением разработан инженерами А. Д. Бондаренко и А. С. Чесноковым и нашел широкое применение в практике сварки, особенно при изготовлении строительных конструкций, тонкостенных резервуаров, корпусов судов и других изделий из стали толщиной 4—12 мм.

Глубина проплавления увеличивается с повышением тока. Повышение тока на 50А увеличивает глубину проплавления в среднем на 1 мм.

При сварке с глубоким проплавлением электрод опирается кромкой покрытия на свариваемый металл (рис. 5.3, а). После возбуждения дуги на конце электрода образуется чехольчик из нерасплавившегося покрытия, внутри которого горит дуга. Чехольчик предохраняет электрод от короткого замыкания.

Сварщик нажимает электрододержателем в сторону направления сварки, и по мере расплавления свариваемого металла и покрытия электрода равномерно перемещает его без поперечных колебаний. Электрод должен быть наклонен к линии шва под углом 70—80° (рис. 5.3, б).

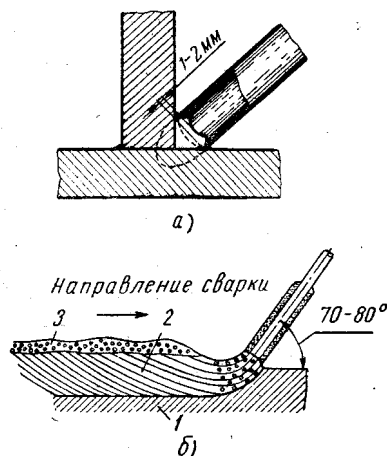


Рис. 5.3. Положение электрода при сварке с глубоким проплавлением:

а — поперечный разрез, б — продольный разрез:

1 — основной металл, 2 — металл шва, 3 — шлак

Жидкий металл давлением газов вытесняется в сторону, противоположную направлению сварки, образуя валик шва. При этом обнажается основной металл, который подвергается воздействию дуги.

5.4. Сварка спаренными электродами и пучком электродов

Способы сварки спаренными электродами и пучком электродов разработаны В. С. Володиным.

Спаренные электроды представляют собой два стержня из электродной проволоки длиной 450 мм, сложенные вместе и имеющие общий слой покрытия. Вес покрытия должен составлять около 25% от веса металлических стержней. Сварка спаренными электродами выполняется теми же приемами, как и одним электродом. Спаренные электроды располагают так, чтобы оси стержней лежали в плоскости оси шва, а при большом угле разделки кромок — перпендикулярно оси шва. Электрододержатель должен обеспечивать контакт с двумя стержнями. При сварке шов располагается наклонно под углом 5—10°. Сварка ведется на себя, причем сварщик держит электрод под углом 60—70° к плоскости металла.

Сварка спаренными электродами имеет следующие преимущества перед сваркой одним электродом:

1. Сварка может выполняться на повышенном токе, что увеличивает количество наплавляемого металла и повышает производительность на 50—80%.

2. Увеличивается время полезного горения сварочной дуги, потому что сварщик как бы работает электродом длиной $2 \times 450 = 900$ мм и тратит вдвое меньше времени на смену электродов.

3. Улучшаются условия труда, так как дуга горит более устойчиво, электрод не перегревается и дает меньше брызг.

4. Уменьшаются потери металла на угар и разбрызгивание до 8—10% вместо обычных 20—25%.

Применение спаренных электродов позволяет сваривать за один проход металл толщиной до 12 мм.

При сварке пучком электродов берется несколько покрытых электродов, которые скрепляются в нескольких местах проволокой, а контактные концы их сваривают вместе и вставляют в общий электрододержатель. Ток подводится одновременно ко всем электродам, а дуга горит попеременно между электродами и свариваемым металлом. Величина тока равна

$$I_{\text{св}} = (20 - 30) \cdot n \cdot d_s,$$

где n — число электродов в пучке;

d_s — диаметр электрода.

Этот способ повышает производительность в 1,5—2 раза и снижает удельный расход энергии на 20—30% по сравнению со сваркой одним электродом, имеющим диаметр, равный диаметру отдельных электродов, входящих в пучок. Корень шва для обеспечения надлежащего провара предварительно сваривается одним электродом диаметром 4—5 мм.

Для наплавки применяют пучки из нескольких электродов, расположенных в один ряд в виде гребенки (2; 3 и 4 шт.); для сварки используют пучки в форме треугольника (3 шт.), квадрата (5 шт.), прямоугольника (6 шт.) и круга (5 и 7 шт.). В пучках с пятью и более электродами часть стержней является холостыми, т. е. не включается в цепь сварочного тока; холостые стержни плавятся только за счет тепла сварочной ванны, увеличивая объем наплавки.

5.5. Сварка погруженной дугой

Способ сварки погруженной дугой (рис. 5.4) предложен Я. А. Ларионовым и применяется при односторонней сварке встык листов толщиной до 20 мм без скоса кромок. Этот способ дает экономию электродов, времени и затрат труда на подготовку кромок. Свариваемые листы помещают на стальную подкладку 1. На концах шва ставят ограничительные планки 2. Зазор между кромками должен на 1—1,5 мм превышать диаметр электрода 3. Для устранения сближения кромок от усадки наплавленного металла листы раздвигают под углом один к другому на 10—20 мм на каждый метр длины шва.

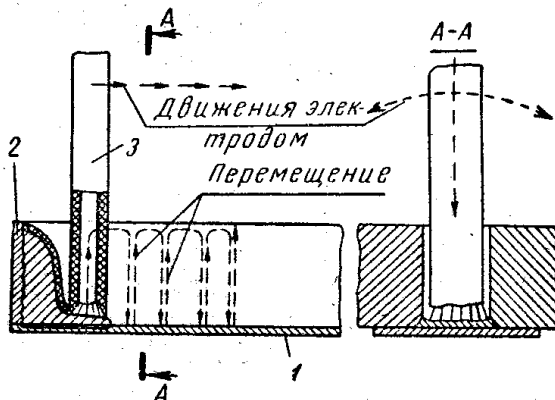


Рис. 5.4. Схема сварки погруженной дугой

Дуга возбуждается на стальной подкладке и по мере образования ванны электрод 3 поднимают вверх, наклоняя то к одной, то к другой кромке листов для их оплавления и сплавления с жидким металлом ванны. Заполнив один вертикальный слой шва, сварщик вновь опускает электрод на соседний участок и повторяет те же движения в процессе сварки шва по всей длине.

С поверхности сваренного шва удаляют шлак и накладывают декоративный шов, заполняющий неровности основного шва. Сварку погруженной дугой выполняют электродами диаметром 4, 5 и 6 мм. Ток применяют максимально допустимый для электрода данного диаметра.

5.6. Сварка лежачим электродом

Сущность этого способа заключается в том, что электрод с качественным покрытием укладывается в разделку шва (рис. 5.5). Длина дуги в процессе горения равна толщине слоя покрытия. Для сварки лежачим электродом используют электроды диаметром 6—10 мм, длину которых подбирают равной длине шва, но не более 800—1000 мм. Для удержания уложенного электрода в разделке, а также для изоляции и защиты дуги применяют медные накладки.

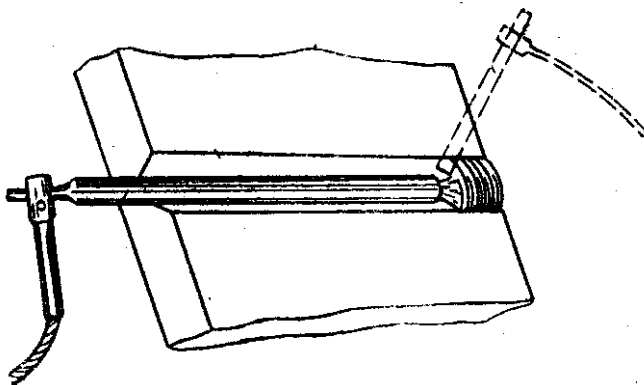


Рис. 5.5. Схема сварки лежачим электродом

5.7. Сварка наклонным электродом

При данном способе сварки оплавливающийся конец электрода опирается о свариваемые кромки (рис. 5.6), а сам электрод перемещается вдоль линии соединения по мере заполнения разделки кромок.

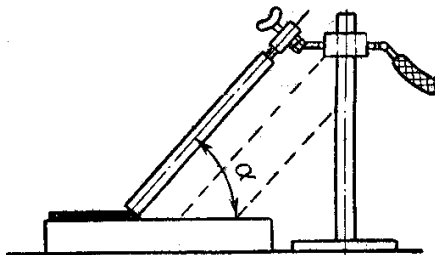


Рис. 5.6. Схема сварки наклонным электродом.

Чем больше угол наклона электрода к металлу, тем больше сечение наплавки. Угол наклона α для электрода диаметром от 6 до 10 мм равен 25—30°. При угле наклона менее 20° наблюдается сильное разбрызгивание металла и качество шва ухудшается.

5.8. Сварка электродами больших диаметров

Чтобы повысить производительность труда увеличивают диаметр электрода, что позволяет повышать сварочный ток. Для сварки этим способом применяют электроды диаметром 8, 10, 12 мм (при величине тока 350, 450 и 600 А). Сварка электродами больших диаметров имеет следующие недостатки:

- а) большой вес электрододержателя с электродом приводит к быстрой утомляемости сварщика;
- б) электродами больших диаметров трудно выполнять сварку в узких местах;
- в) при сварке электродами больших диаметров возникает значительное магнитное дутье.

Контрольные вопросы:

1. Какие высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки существуют?
2. В чем сущность повышения производительности сварки пучком электродов и наклонным электродом?
3. Каковы особенности трехфазной сварки, её преимущества и недостатки?

Лекция № 6.

Сварка под слоем флюса (Сущность и режимы сварки под слоем флюса)

План:

- 6.1. Сущность сварки под слоем флюса
- 6.2. Сварочные материалы, применяемые при сварке под слоем флюса
- 6.3. Металлургия сварки под слоем флюса
- 6.4. Расчет режимов сварки под слоем флюса

6.1. Сущность сварки под слоем флюса

Дуговая сварка под флюсом – дуговая сварка плавлением, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса.

Способ сварки под флюсом разработан в 1939 в Институте электросварки АН Украины при участии Е.О. Патона на основе идей, выдвинутых Н.Г. Славяновым, и получил тогда название «скоростная автоматическая сварка голым электродом под слоем флюса».

При сварке под слоем флюса сварочная дуга горит между изделием и концом сварочной проволоки. Под воздействием дуги проволока плавится и по мере расплавления подается в зону сварки. Дуга закрыта слоем флюса. Сварочная проволока (а вместе с ней и дуга) перемещается в направлении сварки с помощью специального механизма (автоматическая сварка) или вручную (полуавтоматическая сварка). Под влиянием теплоты дуги плавятся также основной металл и флюс. Расплавленные проволока, флюс и основной металл образуют сварочную ванну. Флюс в виде жидкой пленки покрывает зону сварки, изолируя ее от воздуха. Расплавленный дугой металл сварочной проволоки каплями переносится в сварочную ванну, где смешивается с расплавленным основным металлом. По мере удаления дуги металл сварочной ванны начинает охлаждаться, так как поступление теплоты к нему уменьшается, а затем затвердевает, образуя шов. Расплавленный флюс (шлак) затвердевает, образуя на поверхности шва шлаковую корку. Избыточная нерасплавленная часть флюса отсасывается и используется повторно.



Рис. 6.1. Схема сварки под флюсом:

1 — свариваемые детали; 2 — слой флюса; 3 — сварочная проволока; 4 — сварочная дуга; 5 — расплавленный флюс; 6 — шлаковая корка; 7 — остаток флюса; 8 — сварочный шов; 9 — сварочная ванна.

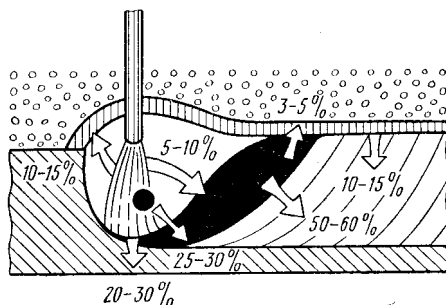


Рис. 6.2. Схема ввода теплоты в изделие при сварке под слоем флюса

Преимущества сварки под слоем флюса:

- возможность металлургического воздействия на металл шва за счет регулирования состава проволоки;
- широкие возможности механизации и автоматизации сварочного процесса;
- высокая производительность сварочного процесса.

6.2. Сварочные материалы, применяемые при сварке под слоем флюса

Сварочная проволока. При сварке под флюсом сварочная проволока используется в качестве плавящегося электрода без покрытия.

Согласно ГОСТ 2246—70 «Проволока стальная сварочная» сварочная проволока выпускается диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3,0; 4; 5; 6; 8; 10 и 12 мм. Проволока первых семи диаметров предназначена в основном для полуавтоматической и автоматической сварки в защитном газе. Для автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса применяют проволоку диаметром 2 – 6 мм. Проволока диаметром 1,6 – 12,0 мм предназначена для изготовления стержней электродов. Проволока поставляется в мотках (бухтах) весом 1,5—40 кг.

ГОСТ предусматривает выпуск проволоки из сталей 77 марок, различных по химическому составу:

а) низкоуглеродистых, содержащих до 0,12% углерода и предназначенных для сварки мало- и среднеуглеродистых, а также некоторых низколегированных - сталей; это проволоки марок Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2;

б) легированных марганцем, кремнием, хромом, никелем, молибденом, титаном и ванадием, применяемых для сварки низколегированных сталей соответствующих марок; к ним относятся проволоки Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС и др., всего 30 марок;

в) высоколегированных, для сварки специальных сталей и наплавки; это проволоки Св-12Х11НМФ, Св-12Х13, Св-08Х14ГНТ и др.; всего 41 марка.

Обозначение сварочной проволоки состоит из букв Св (сварочная) и буквенно-цифрового обозначения ее состава. Первые две цифры указывают на содержание в проволоке углерода в сотых долях процента. Затем буквой и цифрой (цифрами) поочередно указываются наименование и содержание в процентах легирующих элементов. При содержании легирующего элемента в проволоке менее 1 % ставится только буква этого элемента. Условное буквенное обозначение легирующих элементов приведено в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Обозначение легирующих элементов

Наименование	Условное обозначение элемента по таблице Менделеева	При маркировке металла
Азот	N	A*
Ниобий	Nb	Б
Вольфрам	W	В
Марганец	Mn	Г
Медь	Cu	Д
Селен	Se	Е
Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М
Никель	Ni	Н
Бор	B	Р
Кремний	Si	С
Титан	Ti	Т
Ванадий	V	Ф
Хром	Cr	Х
Алюминий	Al	Ю

* Нельзя ставить в конце обозначения

Буква А в конце обозначения марки указывает, что проволока имеет пониженное содержание серы и фосфора; ее применяют для сварки ответственных конструкций.

Пример: 3 Св10Г2СМА ГОСТ 2246-70 – сварочная проволока диаметром 3 мм, содержащая 0,10% углерода, 2% марганца, до 1% кремния и молибдена, с пониженным содержанием серы и фосфора.

Поверхность проволок должна быть чистой и гладкой, без окалины, ржавчины и масла. Проволока для механизированных способов сварки может поставляться с омедненной поверхностью.

Флюс. Сварочными флюсами называют спец. приготовленные металлические гранулированные порошки с размером отдельных зерен 0,25-4 мм. При механизированных дуговых способах сварки под флюсом защита сварочной ванны и ее металлургическая обработка осуществляются сварочными флюсами. Флюсы, расплавляясь, создают газовый и шлаковый купол над зоной сварочной дуги, а после химико-

металлургического воздействия в дуговом пространстве и сварочной ванне образуют на поверхности шва шлаковую корку, в которую выводятся окислы, сера, фосфор и газы.

Флюсы по способу их изготовления разделяют на плавные и керамические.

Плавные флюсы получают сплавлением его составляющих компонентов. Плавные 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-20, 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 сварке нержавеющей, коррозионноустойчивых 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.

Преимущества плавных флюсов:

- равномерность флюса по химическому составу;
- высокая механическая прочность, что облегчает транспортировку;
- относительно высокая влагуустойчивость.

Основным недостатком плавных флюсов является то, что он не может содержать легирующих элементов в чистом виде, т.к. в процессе выплавки они неизбежно окисляются. Легирование плавными флюсами происходит путем восстановления элементов из окислов, находящихся во флюсе

Керамические флюсы представляют собой механическую смесь различных природных материалов и ферросплавов.

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).

Преимущества керамических флюсов. Технология изготовления керамических флюсов позволяет вводить в состав легирующие и микролегирующие добавки, что обеспечивает керамическим флюсам высокую универсальность. В связи с этим керамические флюсы находят все большее применение для сварки высоколегированных сталей и сплавов, а также для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

Недостатки керамических флюсов:

- трудность получения равномерного химического состава (т.к. вследствие разных плотностей отдельных составляющих может произойти их сепарация);

- малая механическая прочность флюса и низкая влагостойкость.

6.3. Металлургия сварки под слоем флюса

При полуавтоматической и автоматической сварке сталей флюсы защищают жидкий металл в зоне дугового разряда от влияния кислорода и азота воздуха, химически воздействуют с жидким металлом, а также легируют сварочную ванну. Защитные свойства флюса зависят от его физического состояния (стекловидный или пемзовидный) и грануляции. В зависимости от химического состава флюса и сварочной ванны флюс либо вступает в химическое взаимодействие с жидким металлом, либо остается пассивным.

Флюсы — силикаты в своем составе имеют два типа окислов: основные и кислотные, поэтому носят основной, или кислотный характер.

Основные флюсы обычно применяются при сварке легированных сталей, когда кремневосстановительный процесс отрицательно влияет на формирование сварного шва. При сварке под флюсом имеется три фазы: шлаковая (флюсовая), газовая и металлическая (рис. 6.3).

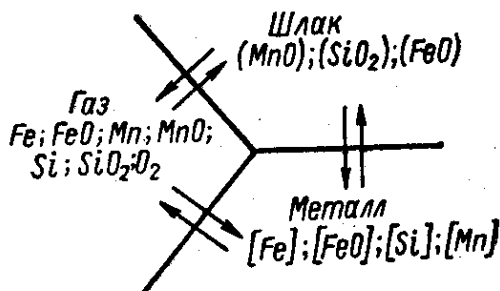
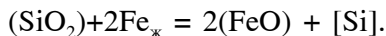


Рис. 6.3. Схема взаимодействия металл-шлак-газ

Между этими фазами в процессе горения сварочной дуги под флюсом происходят обменно-восстановительные реакции.

В наиболее горячей части сварочной ванны на границе раздела между металлической и шлаковой фазами протекает реакция:



Эта реакция протекает в том случае, если концентрация кремнекислоты во флюсе будет высокой при низкой концентрации закиси железа (FeO) в нем, и низкой концентрации кремния в сварочной ванне.

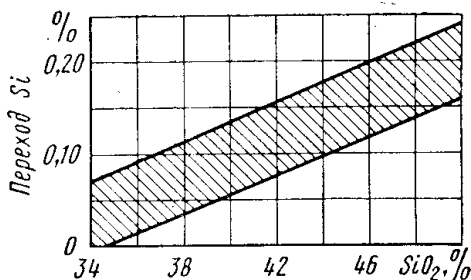


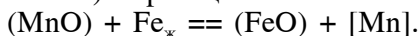
Рис. 6.4. Переход кремния из флюса в металл в зависимости от содержания во флюсе SiO_2

Закись железа, образующаяся по приведенной реакции, преимущественно переходит в шлак и частично в металл, следовательно, металл шва обогащается одновременно кремнием и кислородом (закисью железа). При этом следует отметить, что повышение кислотности флюса может привести к высокому содержанию в сварочной ванне кремния, который восстановился из флюса. Приведенная реакция имеет очень важное значение в

тех случаях, когда производится сварка низкоуглеродистых кипящих сталей. Наличие кремния в жидком металле, восстановленного из флюса, не менее 0,2%, позволяет ликвидировать и подавить развитие в кристаллизующейся части сварочной ванны реакции образования СО и получить плотный шов.

Отрицательной стороной реакции является засорение сварного шва силикатными включениями.

Наличие высокой концентрации закиси марганца (MnO) во флюсе и низкой концентрации закиси железа нем, на границе между металлической и шлаковой фазами протекает реакция восстановления (окисления) марганца:



Восстановлению марганца способствует высокая концентрация MnO во флюсе, повышение основности флюса и низкое содержание окислов железа во флюсе, следовательно, при малых концентрациях MnO во флюсе происходит окисление марганца, а при достаточно высокой концентрации его восстановление. Восстановление марганца из флюса содействует повышению концентрации закиси железа в системе металл—шлак и, следовательно, к некоторому окислению жидкого металла в зоне плавления.

Развитию кремне- и марганцевовосстановительных реакций способствует тот флюс, который является химически активным к расплавленному металлу сваренной ванны. В этом случае происходит окисление углерода, при котором следует учитывать два обстоятельства:

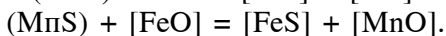
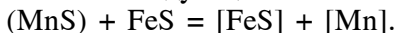
1) окисление углерода, происходящее в высокотемпературной части сварочной ванны, приводит к раскислению жидкого металла;

2) окисление углерода, совершающееся в кристаллизующейся части сварочной ванны, способствует образованию пор в металле шва.

С целью погашения образования реакции окисления углерода в кристаллизующейся части сварочной ванны необходимо в ней иметь определенное содержание кремния (не ниже 0,1%), позволяющее получить плотный шов.

В сварочных флюсах содержится некоторое количество (до 0,15%) серы, которая является одной из наиболее вредных примесей в металле шва. Сера, в зависимости от условий,

переходит из флюса в металл, или, наоборот. Благоприятные условия перехода серы в металл шва (сварочную ванну) бывают тогда, когда она находится во флюсе в виде сульфида железа— FeS, который хорошо растворяется в жидком железе. Во флюсах, имеющих высокое содержание марганца, сера бывает связана в сульфид марганца (MnS), который плохо растворяется в железе. В сварочной ванне возможны следующие химические реакции:



Превращение MnS в FeS в сварочной ванне происходит тогда, когда созданы окислительные условия и наличие малой концентрации марганца в металле. Торможению процесса превращения MnS в FeS способствует высокая концентрация марганца в металле и закиси марганца (MnO) в шлаке.

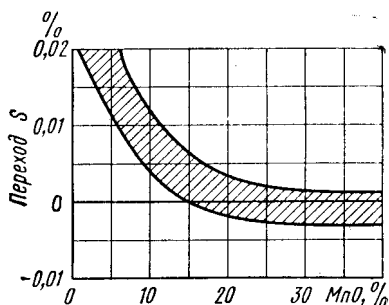


Рис. 6.4. Переход серы из высококремнистого марганцевого флюса в металл шва в зависимости от содержания во флюсе MnO

Сульфид железа FeS является вредной примесью в металле шва. В период кристаллизации сульфид железа образует в междендритных пространствах легкоплавкую эвтектику FeS-Fe (температура плавления около 940° С), способствующая образованию горячих трещин.

В процессе сварки под высокомарганцовистыми флюсами — фосфор переходит из флюса в металлическую ванну. Этот процесс происходит тем полнее, чем выше кислотность флюса. Содержание фосфора в металле шва снижает его ударную вязкость.

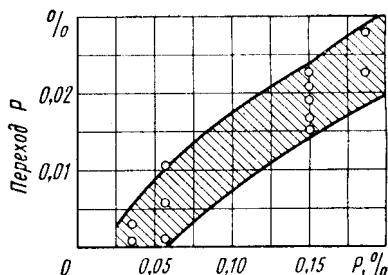


Рис. 6.5. Переход фосфора из высококремнистого марганцевого флюса в металл шва в зависимости от содержания фосфора во флюсе

Находящиеся на поверхности свариваемых кромок ржавчина или окалина служит причиной возникновения пор в металле сварного шва.

6.4. Расчет режимов сварки под слоем флюса

К основным параметрам режима сварки под слоем флюса относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, скорость подачи сварочной проволоки.

1. Силу сварочного тока определяют по формуле:

$$I_{св} = (80 - 100)h_1,$$

где h_1 — расчетная глубина проплавления, мм.

При односторонней сварке принимают $h_1 = s$, при двусторонней сварке $h_1 = (0,6 - 0,7)s$ (сборка без зазора, без разделки кромок), где s — толщина свариваемых деталей. При сварке угловых швов расчет ведется как для сварки стыкового соединения с углом раскрытия кромок 90° .

2. Диаметр электродной проволоки, мм

$$d_{э} = 1,13 \sqrt{I_{св} / j},$$

где j — допустимая плотность тока, A/mm^2 .

Допустимая плотность тока для различных диаметров электрода зависит от диаметра электрода (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Зависимость допустимой плотности тока от диаметра электрода

$d_{э}$, мм	2	3	4	5	6
j , A/mm^2	65-200	45-90	35-60	30-50	25-45

3. Скорость сварки:

$$v_{\text{св}} = A/I_{\text{св}}, \text{ м/ч}$$

где коэффициент A выбирают в зависимости от диаметра электрода (табл 6.3):

Таблица 6.3

Зависимость коэффициента A от диаметра электрода

$d_{\text{э}}, \text{ мм}$	2	3	4	5	6
$A \cdot 10^{-3}, A \cdot \text{м/ч}$	8-12	12-16	16-20	20-25	25-30

4. Напряжение на дуге:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\text{э}}}} \pm 1, \text{ В}$$

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит сущность процесса дуговой сварки под слоем флюса?
2. Что входит в параметры режима сварки под слоем флюса?
3. Для чего служит флюс?

Лекция № 7.

Сварка под слоем флюса (Оборудование для сварки под флюсом)

План:

- 7.1. Общие сведения об оборудовании, применяемом при сварке под слоем флюса
- 7.2. Классификация полуавтоматов и автоматов для дуговой сварки
- 7.3. Обозначение сварочных аппаратов
- 7.4. Основные элементы и узлы сварочных аппаратов

7.1. Общие сведения об оборудовании, применяемом при сварке под слоем флюса

Для выполнения механизированной дуговой сварки под флюсом необходим комплекс оборудования: источник питания, сварочный аппарат, механическое оборудование и приспособления, обеспечивающие необходимую точность сборки изделия и получение качественного сварного соединения. Этот комплекс технологически связанного между собой оборудования называют *сварочной установкой*.

Сварочным аппаратом называют комплекс механизмов и электрических приборов, необходимых для механизации и автоматизации приемов и операций при выполнении сварного соединения. Процесс выполнения сварного соединения можно расчленить на следующие приемы и операции: возбуждение сварочной дуги и поддержание устойчивого горения дуги на заданных режимах (токе и напряжении), подача электрода в зону сварки, направление электрода по оси шва, перемещение дуги по заданному направлению вдоль свариваемых кромок с заданной скоростью, подача флюса в зону сварки, сбор неиспользованного флюса, прекращение процесса сварки и заварка кратера.

Устройство, осуществляющее возбуждение дуги, подачу электродной проволоки, поддержание режима и прекращение процесса сварки, называют *сварочной головкой*.

Если сварочная головка с системой механизмов корректировок, бункером для флюса, кассетой для проволоки смонтированы на самоходной тележке, то это устройство называется *самоходным сварочным автоматом* (рис. 7.1).

Самоходные сварочные автоматы перемещаются по специально установленным направляющим и предназначены для сварки одного или группы однотипных изделий.

Техническая характеристика самоходных сварочных автоматов для дуговой сварки под флюсом приведена в таблице 7.1.

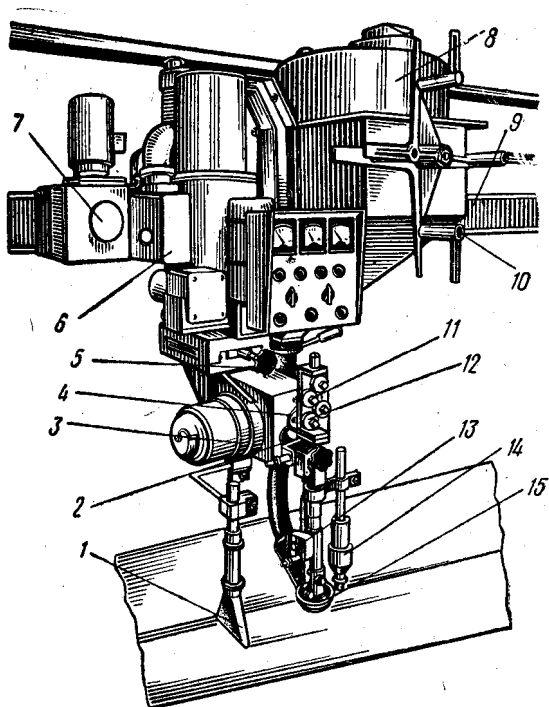


Рис. 7.1. Автомат для электродуговой сварки:

1 – флюсоотсос; 2 – механизм подачи электрода; 3 – двигатель механизма подачи; 4 – редуктор; 5 – поперечный корректор; 6 – механизм подъема; 7 – ходовой механизм; 8 – флюсоаппарат; 9 – рельсовый путь; 10 – крестовина; 11 – механизм правки проволоки; 12 – подающий ролик; 13 – мундштук; 14 – световой указатель; 15 – воронка для флюса

Таблица 7.1

Техническая характеристика автоматов для дуговой сварки под флюсом

Тип	Номинальный сварочный ток	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, 10^{-2} м/с	Скорость сварки, 10^{-2} м/с	Тип источника питания
Самоходные головки					
А-1401	1000	2-5	1,5-14,8	0,3-3,3	ТДФ-1001
А-1416	1000	2-5	1,4-13,9	0,3-3,3	ТДФ-1001
А-1425	1000	4-5	1,4-13,9	0,3-3,3	ТДФ-1601
АБСК	1000	3-6	1,2-3,9	0,6-2	ТДФ-1001
Подвесные головки					
А-1423	315	1,6-3	1,3-12,5	-	ВДУ-504
ГДФ-1001	1000	3-5	1,5-14,8	-	ВДУ-1001

Сварочный аппарат, перемещающийся в процессе выполнения сварного соединения вдоль кромок или непосредственно по поверхности изделия, или по переносному пути, называют *сварочным трактором* (рис. 7.2).

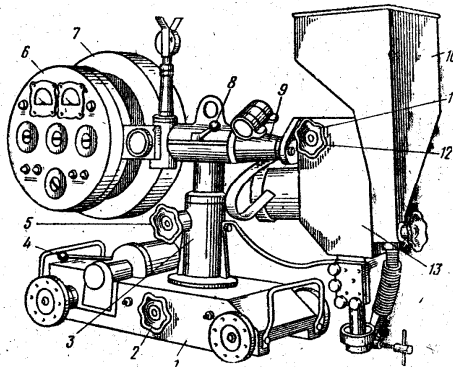


Рис. 7.2. Сварочный трактор:

1 – тележка, 2 – поперечный корректор, 3 – стойка, 4 – рукоятка муфты, 5 – маховик фиксатора, 6 – пульт управления, 7 – кассета, 8 – рукоятка, 9 – коромысло, 10 – бункер для флюса, 11 – рукоятка; 12 – вертикальный корректор; 13 – сварочная головка.

Техническая характеристика сварочных тракторов приведена в табл. 7.2

Таблица 7.2

Техническая характеристика сварочных тракторов для дуговой сварки под флюсом

Тип	Номинальный сварочный ток	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, 10^{-2} м/с	Скорость сварки, 10^{-2} м/с	Тип источника питания
АДФ-501	500	1,6-2	0,8-2,0	0,4-1,9	ВДУ-504
ТС-17М-1	1000	1,6-5	1,4-11,1	0,4-3,5	ТДФ-1001
АДС-1000-4	1000	2-5	1,7-10	0,3-3,3	ТДФ-1001
АДС-1000-5	1000	2-5	1,7-10	0,3-3,3	ВДУ-1001
АДФ-1001	1000	2-5	0,4-10	0,3-3,3	ТДФ-1001
АДФ-1004	1000	2-5	0,5-10	0,3-3,3	ВДУ-1001
АДФ-1602	1600	3-6	0,5-10	0,3-3,3	ВДУ-1601

Сварочную головку с системой механизмов корректировок, бункером для флюса и с кассетой для проволоки, закрепленной неподвижно над свариваемым изделием, называют *подвесным сварочным аппаратом*. При использовании подвесных сварочных аппаратов в установках перемещается само изделие с помощью механического оборудования (манипуляторов, вращателей, роликовых стенов), а дуга остается неподвижной. Подвесные сварочные аппараты устанавливают и на тележки, когда, например, необходимо выполнить длинные прямолинейные швы или переместить сварочный аппарат с одной позиции на другую и т. д. Техническая характеристика подвесных сварочных аппаратов приведена в табл. 7.1.

Устройство, в котором механизирована только подача электродной проволоки, а перемещение дуги вдоль свариваемых кромок выполняет сварщик вручную, называют *шланговым полуавтоматом* (рис. 7.3).

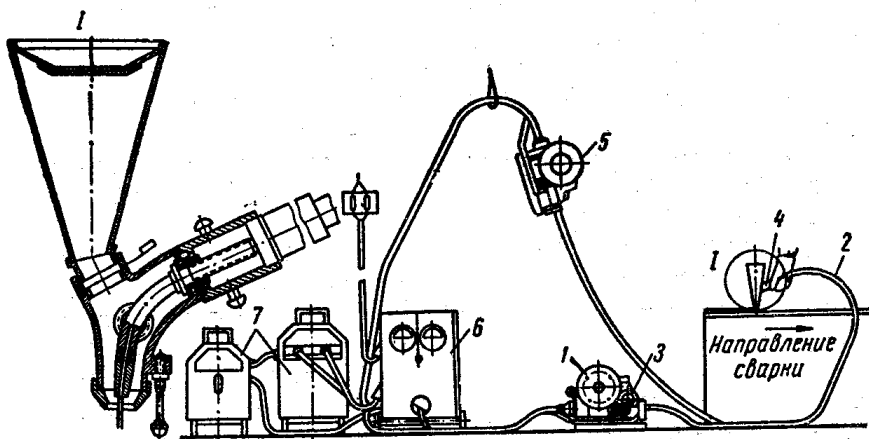


Рис. 7.3. Полуавтомат для сварки под флюсом:

1 — кассета подающего механизма, 2 — гибкий шланг для подачи электродной проволоки и электрического тока, 3 — ролики подающего механизма, 4 — держатель, 5 — подающий механизм, 6 — аппаратный ящик с электрооборудованием полуавтомата, 7 — сварочный трансформатор

При полуавтоматической сварке под флюсом (рис. 7.3) сварочная проволока малого диаметра из кассеты 1 по специальному гибкому шлангу 2 передвигается подающим механизмом 3 к держателю 4, из которого она поступает в зону сварки. Сварочный ток подводится к держателю через гибкий шланг 2. Флюс в зону сварки подается либо пневматически сжатым воздухом по шлангу, либо за счет собственного веса из воронки держателя 4.

Техническая характеристика полуавтоматов для дуговой сварки под флюсом приведена в таблице 7.3

Таблица 7.3.

Техническая характеристика полуавтоматов для дуговой сварки под флюсом

Тип	Сварочный ток, А		Скорость подачи электродной проволоки, 10^{-2} м/с	Тип источника питания
	номинальный	пределы регулирования		
ПШ-5-1	630	80-630	2,2-16,7	ТД-500
ПДШС-500С	500	125-500	3,3-16,7	ПСО-500
А-1197Ф	500	-	3,3-20	ВДУ-504

7.2. Классификация полуавтоматов и автоматов для дуговой сварки

Самоходные аппараты общего назначения выпускают в соответствии с ГОСТ 8213—75 Е «Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом, самоходные».

В соответствии с этим ГОСТом аппараты выпускают для сварки постоянным, переменным, а также постоянным и переменным током. Аппараты выпускают частотой 50 Гц на номинальное напряжение питающей сети 200 или 380 В — для аппаратов на номинальные токи 315, 500 и 630 А; 380 В — для аппаратов на номинальные токи 1000 и 1600 А.

По ГОСТ 8213—75Е автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом классифицируют по следующим признакам:

- 1) способу защиты зоны дуги (автоматы для сварки: Ф — под флюсом, Г — в защитных газах, ФГ — в защитных газах и под флюсом);
- 2) роду применяемого сварочного тока (для сварки постоянным, переменным, переменным и постоянным током);
- 3) способу охлаждения сварочной головки и сопла (с естественным охлаждением, с принудительным охлаждением — водяным или газовым);
- 4) способу регулирования скорости подачи электродной проволоки (с плавным регулированием, с плавно-ступенчатым, со ступенчатым);

5) способу регулирования скорости сварки (с плавным, плавно-ступенчатым и ступенчатым регулированием);

6) способу подачи электродной проволоки (с независимой (постоянной скоростью подачи проволоки) и с зависимой от напряжения на дуге подачей (с автоматическими регуляторами напряжения на дуге)).

В сварочных головках с постоянной скоростью подачи при изменении длины дугового промежутка восстановление режима происходит за счет временного изменения скорости плавления электрода вследствие саморегулирования дуги. При увеличении дугового промежутка (увеличение напряжения на дуге) уменьшается сила сварочного тока, что приводит к снижению скорости плавления электрода. Уменьшение длины дуги вызывает увеличение сварочного тока и скорости плавления.

В сварочных головках с автоматическим регулятором напряжения на дуге нарушение длины дугового промежутка вызывает такое изменение скорости подачи электродной проволоки (воздействуя на электродвигатель постоянного тока), при котором восстанавливается заданное напряжение на дуге.

В соответствии с ГОСТ 18130—79Е «Полуавтоматы для дуговой сварки плавящимся электродом. Общие технические условия» все существующие полуавтоматы классифицируются по следующим признакам:

1) способу защиты зоны дуги (полуавтоматы для сварки: под флюсом, в активных защитных газах, в инертных газах, в активных и инертных газах, открытой дугой);

2) способу охлаждения горелки:

- естественное;

- принудительное водяное или газовое;

3) виду электродной проволоки

- проволока сплошного сечения;

- порошковая проволока;

4) способу регулирования скорости подачи электродной проволоки

- плавное;

- ступенчатое;

- комбинированное;

5) способу подачи электродной проволоки (рис. 7.4):

- толкающий;

- тянущий;

- тянуще-толкающий.

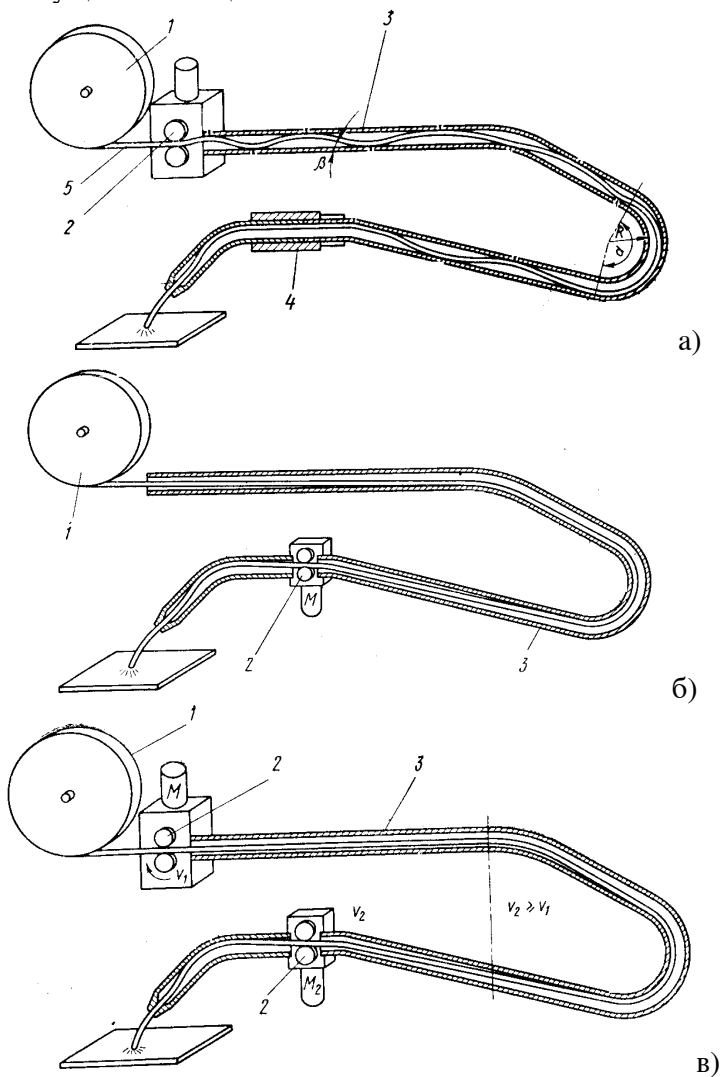


Рис. 7.4. Шланговые полуавтоматы:

а — толкающего типа; б — тянущего типа; в — тянуще-толкающего типа:

1 — кассета с проволокой; 2 — подающие ролики; 3 — гибкий шланг; 4 — горелка; 5 — проволока

7.3. Обозначение сварочных аппаратов

Для обозначения сварочных аппаратов для дуговой сварки принята система из буквенно-цифровых символов. Первые две буквы означают вид аппарата и способ сварки (А — автомат, П — полуавтомат, У — установка, Д — дуговая сварка). Третья буква (а иногда и четвертая) означает разновидность защиты сварочной дуги. Здесь используют следующие обозначения:

Ф — сварка под флюсом;

И — сварка в инертных газах;

Г — сварка в активных защитных газах;

У — в активных и инертных защитных газах;

ФГ — флюсогозовая защита сварочной дуги;

О — сварка открытой дугой.

В связи с тем, что сварочные полуавтоматы используются, как правило, для сварки в среде защитных газов, третья буква в их обозначении часто опускается.

Вслед за буквами в обозначении стоят три цифры. Первая цифра означает номинальный сварочный ток в сотнях ампер, вторая и третья цифры — модификацию аппарата. Далее могут быть дополнительные буквенно-цифровые символы, означающие тип климатического исполнения и т.д.

Пример: ПДГ-302 — полуавтомат для дуговой сварки в защитном газе, номинальный сварочный ток 300 А.

7.4. Основные элементы и узлы сварочных аппаратов

Механизм подачи электродной проволоки состоит из привода и системы подающих роликов. Привод обеспечивает вращение подающего ролика с заданной скоростью и настройку заданной скорости подачи электродной проволоки. В качестве приводов механизмов подачи используют асинхронный двигатель и редуктор со сменными шестернями или коробкой скоростей. Аппараты с механизмами подачи со сменными шестернями широко применяют в серийном или массовом производстве, где режим сварки перестраивается относительно редко.

Механизмы подачи со сменными шестернями просты по устройству, надежны в работе. В индивидуальном производстве, где часто приходится изменять режим сварки, используют аппараты, имеющие механизмы подачи с коробками скоростей, с вариаторами. Конструкция системы подающих роликов должна обеспечивать стабильную подачу из кассеты в зону сварки

проволоки из различных материалов и разных диаметров без ее значительной деформации (рис. 7.5). Используют цилиндрические ролики с насечкой, с гладкой канавкой, с канавкой и насечкой, обрезиненные ролики, шестеренчатые ролики с канавкой и др. (рис. 7.6).

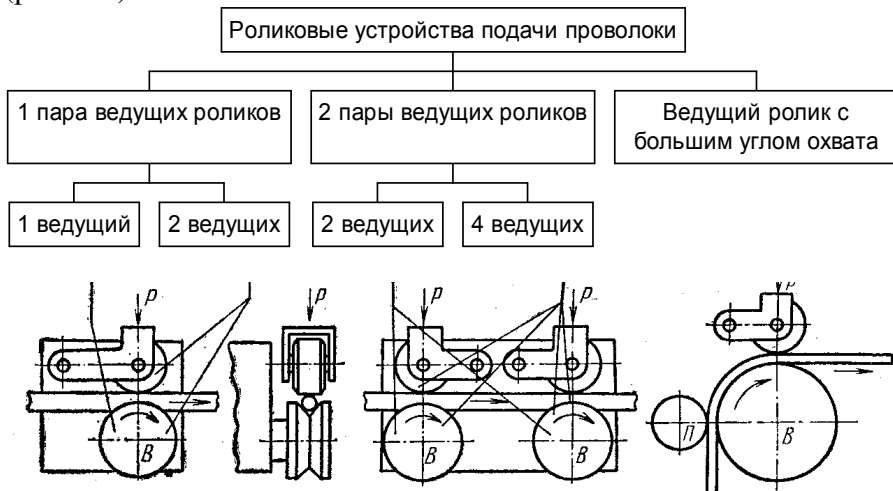


Рис. 7.5. Роликовые устройства подачи проволоки

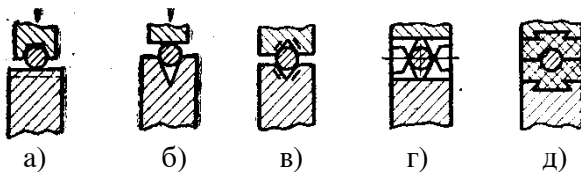


Рис. 7.6. Типы подающих роликов:

а – ролик цилиндрический с насечкой; б – гладкий ролик с канавкой; в – ролик с насеченной канавкой; г – шестеренчатый ролик с канавкой; д – ролик цилиндрический обрезиненный

Токоподводящие мундштуки служат для направления электрода в зону сварки и подвода к нему тока. Мундштуки бывают роликовыми, колодочными, трубчатыми и сапожковыми (рис. 7.7). Сапожковые мундштуки обычно устанавливают на аппаратах, предназначенных для работы с проволокой малых диаметров (до 2 мм). Роликовые, колодочные и трубчатые

мундштуки применяют при сварке проволокой диаметром 3—6 мм.

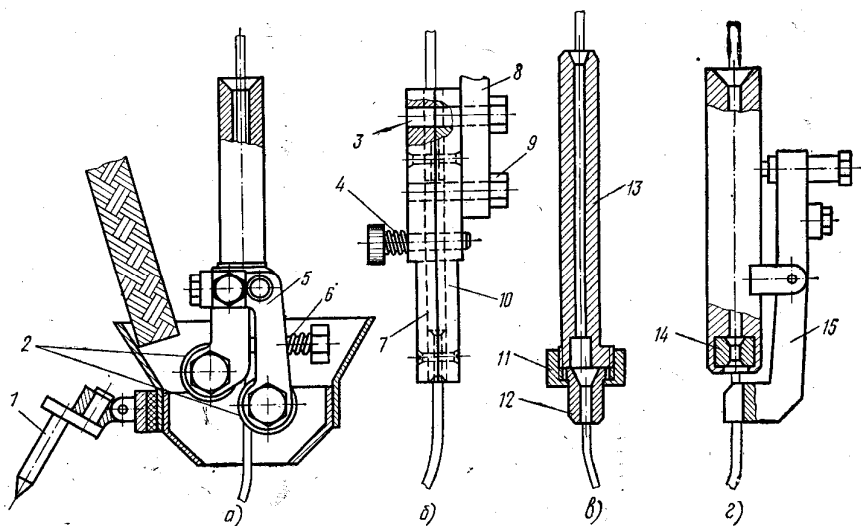


Рис. 7.7. Токоподводящие мундштуки:

а — роликовый; б — колодочный; в — трубчатый; г — сапожковый:

1 — указатель, 2 — контактирующие ролики; 3 — направляющий штырь; 4, 6 — пружины, 5 — корпус, 7 — колодка подвижная, 8 — токоподвод, 9 — крепление токоподвода, 10 — неподвижная колодка, 11 — гайка, 12 — наконечник, 13 — трубка, 14 — вставка, 15 — токоподвод

Правильные механизмы предназначены для правки электродной проволоки. Проволоку пропускают через систему свободно вращающихся роликов, расположенных таким образом, чтобы обратным изгибом проволоки компенсировать ее кривизну. В большинстве современных сварочных аппаратов установлены механизмы для правки проволоки только в одной плоскости. Разработаны конструкции для правки в двух и более плоскостях.

Кассеты для проволоки. Наибольшее распространение при сварке проволокой 3—5 мм получили кассеты закрытого типа. На шланговых аппаратах (проволока диаметром до 2 мм) устанавливают, как правило, кассеты открытого типа (рис. 7.8)

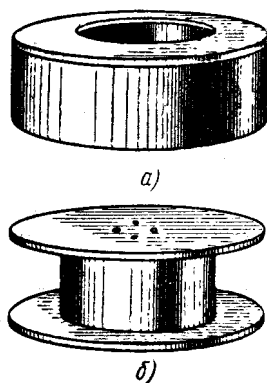


Рис. 7.8. Кассеты для сварочной проволоки:
а – закрытая; б – открытая

Механизмы перемещения служат для перемещения сварочной дуги с заданной скоростью, для возвращения сварочного аппарата в исходное положение вручную или с маршевой скоростью. В качестве механизма перемещения чаще всего используют трех- или четырехколесную тележку, перемещающуюся по специальным направляющим или по изделию. Скорость перемещения можно настраивать сменными шестернями, сменными ходовыми колесами или изменением числа оборотов двигателя постоянного тока.

Флюсоаппараты служат для подачи флюса в зону сварки и сбора неиспользованного флюса после сварки. На сварочных тракторах, на держателях шланговых аппаратов устанавливают бункер для подачи флюса в зону сварки. На подвесных самоходных сварочных аппаратах смонтированы флюсоаппараты, которые служат и для подачи, и для сбора флюса. Эти флюсоаппараты бывают трех систем: всасывающие, нагнетательные и всасывающе-нагнетательные (рис. 7.9). Флюсоаппараты подключают к сети сжатого воздуха давлением 0,5—0,6 МПа.

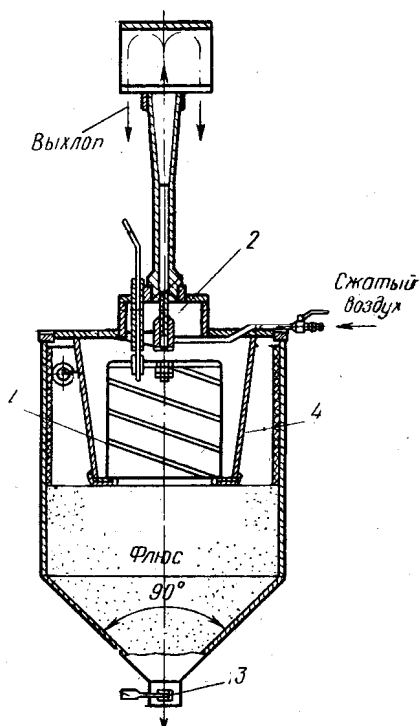


Рис. 7.9. Флюсоаппарат всасывающего действия:

1 – фильтр; 2 – вакуум – камера; 3 – ссыпной патрубкок, 4 – циклон.

Механизмы корректировки служат для установки до сварки и корректировки во время сварки положения сварочной дуги относительно свариваемых кромок. В зависимости от конструкции аппарата эти корректировки можно выполнять вручную или автоматически.

Контрольные вопросы:

1. Что называется сварочным автоматом?
1. Что называется сварочным полуавтоматом?
3. Что такое сварочный трактор?

Лекция № 8

Сварка под слоем флюса (Технология сварки под слоем флюса)

План:

- 8.1. Технология автоматической сварки под слоем флюса
- 8.2. Технология полуавтоматической сварки под слоем флюса
- 8.3. Способы сварки под слоем флюса, повышающие производительность

8.1. Технология автоматической сварки под слоем флюса

Сварку под флюсом выполняют переменным и постоянным током. Металл сварного шва, выполненного под флюсом, состоит примерно из 1/3 расплавленного присадочного металла и 2/3 переплавленного основного металла. Отношение веса расплавленного флюса к весу расплавленного присадочного металла составляет 1:1.

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.

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.

Автоматическую сварку стыковых швов выполняют с разделкой и без разделки кромок. При этом шов может быть одно- и двусторонним, а также одно- и многослойным (рис. 8.1).

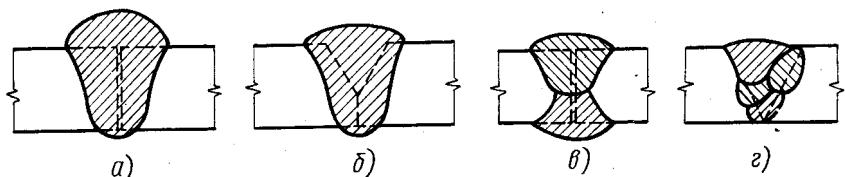


Рис. 8.1. Виды стыковых швов, выполненных под флюсом:

а – односторонний (соединение без разделки кромок), б – односторонний (соединение с разделкой кромок), в – двусторонний (соединение без разделки кромок); г – односторонний многопроходной (соединение с разделкой кромок)

Если сталь не чувствительна к перегреву, то стыковое соединение толщиной до 20 мм можно сваривать за один проход, односторонним швом без разделки кромок. Для обеспечения полного провара сварка ведется по зазору в стыке деталей шириной 5...6 мм. При отсутствии зазора одностороннюю сварку без разделки кромок можно проводить при толщине металле до 14 мм.

Односторонняя стыковая сварка 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 сварочной ванны могут привести к вытеканию металла в зазоры и нарушению процесса формирования шва. Чтобы избежать этого, автоматическую сварку под флюсом выполняют по ручной подварке, на стальной и медной подкладках, на флюсовой подушке и на весу.

Автоматическую сварку по ручной подварке применяют в тех случаях, когда автоматическая подварка невозможна, например, при сварке кольцевых швов цилиндрических изделий небольшого диаметра.

Медную удаляемую подкладку (рис. 8.2, а) применяют при сварке тонких листов, при этом требуются достаточно точная сборка и надежное прижатие кромок к медной подкладке по всей длине шва (максимальный зазор 0,25—0,5 мм). Для получения валика в зоне корня шва в медной подкладке делают канавку, иногда ее засыпают флюсом.

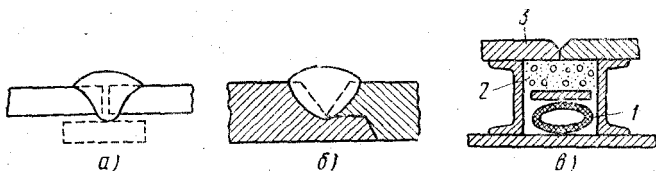


Рис. 8.2. Схема автоматической сварки под флюсом:

а — на медной или на стальной подкладке, б — при соединении «в замок», в — на флюсовой подушке, (1 — резиновый шланг, 2 — флюс, 3 — изделие)

Стальную остающуюся подкладку (см. рис. 8.2, а) применяют при сварке тонких листов, причем допускается больший зазор между стыкуемыми элементами, чем при сварке на медной подкладке, а зазоры между подкладкой и изделием должны быть не больше 1 мм. Разновидностью сварки на остающейся стальной подкладке является сварка в замок (рис. 7.2.15, б), которая применяется при наложении кольцевых швов на толстостенных цилиндрах малого диаметра.

При использовании флюсовой подушки (рис. 8.2, в) требуется меньшая точность сборки, чем при сварке на медной подкладке; хорошие результаты получаются как при однопроходной сварке с полным проваром всей толщины листа, так и при подварке с обратной стороны двустороннего стыкового шва. 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.

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.

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 (рис. 8.3, а,б) или на подкладках (рис. 8.3, д). Допускается заделка зазора асбестовым уплотнением (рис. 8.3, в) или подварка шва с обратной стороны (рис. 8.3,г). Сварка «в лодочку» обеспечивает равномерное проплавление свариваемых кромок и получение качественного шва большого сечения за один проход.

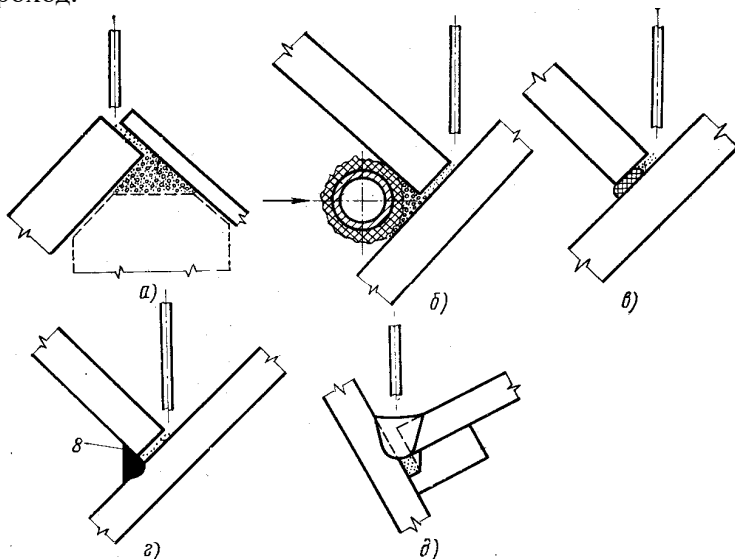


Рис. 8.3. Схема способов сварки под флюсом угловых и тавровых швов:

а — на флюсовой подушке без принудительного поджатия флюса, б — на флюсовой подушке с принудительным поджатием флюса, в — с заделкой зазора асбестом, г — с ручной подваркой, д — с полным проваром на флюсо-медной подкладке.

Сварку тавровых и нахлесточных соединений при горизонтальной или вертикальной полке производят наклонным электродом с углом наклона к горизонтальной полке $20\text{--}30^\circ$. Недостатком такого способа сварки является невозможность получить шов с катетом более 16 мм, что иногда приводит к необходимости многослойной сварки.

8.2. Технология полуавтоматической сварки под слоем флюса

При полуавтоматической сварке для получения качественных сварных швов применяют флюс более мелкой грануляции, чем при автоматической сварке под слоем флюса. В процессе сварки сварщик перемещает держатель полуавтомата вручную вдоль линии шва. Благодаря повышенной плотности тока и более сосредоточенному вводу теплоты глубина провара при полуавтоматической сварке возрастает на $30\text{--}40\%$.

Полуавтоматической сваркой под флюсом можно выполнять различные типы сварных соединений (рис. 8.4).

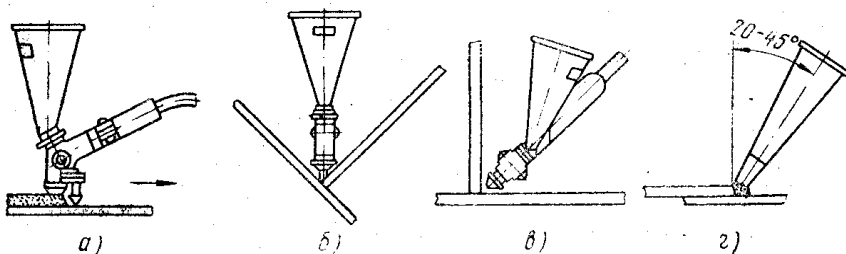


Рис. 8.4. Схема полуавтоматической сварки под флюсом:

а — стыковых швов; б — в положении в лодочку, в — тавровых швов, г — нахлесточных швов.

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 полуавтоматической сваркой

можно получить при катете шва не более 8 мм. При катетах более 8 мм производят многослойную сварку шва.

8.3. Способы сварки под слоем флюса, повышающие производительность

Повысить производительность процесса и качество сварного соединения можно путем автоматической сварки под флюсом двумя и более электродами. Различают многоэлектродную и многодуговую сварку. При многоэлектродной сварке все электроды присоединены к одному полюсу источника питания. При многодуговой сварке каждый из электродов подсоединен к отдельному источнику питания и они электрически изолированы друг от друга.

Существуют две разновидности многодуговой сварки: сварка в общую ванну, когда расплавляемый всеми дугами металл образует единую ванну, кристаллизующуюся как одно целое (рис. 8.5, а); сварка в отдельные ванны, или, как ее называют, сварка раздвинутыми дугами, в этом случае каждая дуга образует свою ванну и последующая дуга расплавляет уже закристаллизовавшийся слой, сваренный предыдущей дугой (рис. 8.5, б).

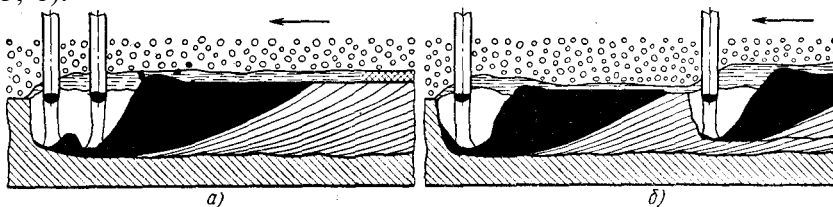


Рис. 8.5. Сварка двумя дугами (стрелкой показано направление сварки):

а — в общую ванну, б — в отдельные ванны

Многоэлектродная сварка ведется только в общую ванну и имеет следующие разновидности:

1) Сварка сдвоенным электродом на обычных скоростях. При этом способе электроды могут быть расположены так, как указано на рис. 8.9, а, б. Выбор схемы расположения электродов зависит от условий сварки. Сдвоенный электрод применяют при сварке по зазорам, при двусторонней сварке стыковых швов для уменьшения глубины провара от первого слоя, при сварке

многослойных швов и наплавочных работах. Повышение производительности сварки в этом случае достигается за счет увеличения количества электродного металла, вводимого в сварочную ванну.

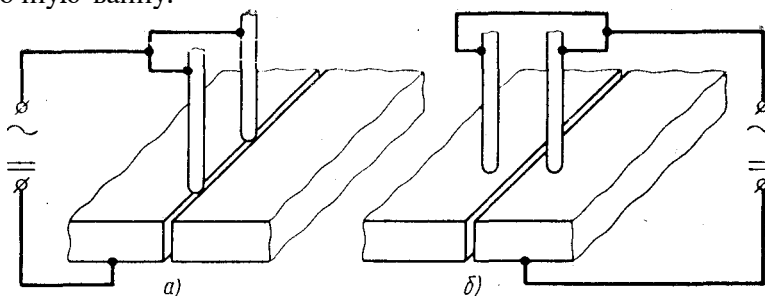


Рис. 8.9. Сварка сдвоенным электродом:

а — продольное расположение электродов; б — поперечное расположение электродов

2) Сварка трехфазной дугой, при которой увеличивается коэффициент наплавки, что обуславливает применение этого способа для наплавочных работ, для сварки многослойных швов и угловых швов большого сечения.

3) Двухдуговая или многодуговая сварка на больших скоростях, при которой используют два наклонных электрода или вертикальный и наклонный электроды (рис. 8.10, а).

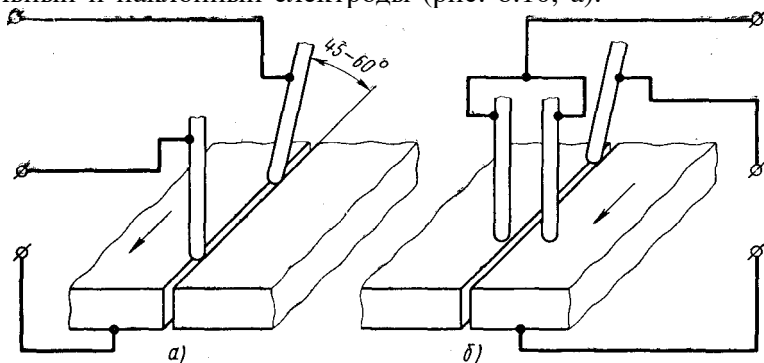


Рис. 8.10. Расположение электродов при сварке на больших скоростях:

а — вертикальный и наклонный электроды; б — сдвоенный вертикальный и наклонный электроды

Вместо одного вертикального электрода применяют также сдвоенный электрод (рис. 8.10, б). Иногда в зону дуги подают присадочный металл. При этих схемах удается увеличить глубину проплавления основного металла и улучшить формирование шва, что позволяет резко повысить скорость, а следовательно, и производительность сварки

Многодуговую сварку на больших скоростях применяют при изготовлении труб большого диаметра, балок различного сечения, вагонных конструкций и др. Скорость при сварке угловых швов в настоящее время достигает 90 м/ч, а при сварке стыковых швов — 300 м/ч.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоят технологические особенности полуавтоматической сварки под слоем флюса?
2. Укажите способы сварки под слоем флюса, повышающие производительность

Лекция №9.
Сварка в защитных газах
(Сущность и классификация процессов дуговой сварки в
защитных газах)

План:

- 9.1. Классификация процессов дуговой сварки в защитных газах
- 9.2. Сварка в защитных газах неплавящимся электродом
- 9.3. Сварка в защитных газах плавящимся электродом
- 9.4. Сварка в инертных газах
- 9.5. Сварка в углекислом газе
- 9.6. Металлургия сварки в защитных газах

9.1. Классификация процессов дуговой сварки в защитных газах

Дуговая сварка в защитном газе – дуговая 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.

Идея сварки в защитном газе предложена в конце XIX века Н.Н. Бенардосом. В 20-х годах XX века в США инженер Александер и физик Лэнгмюр осуществили сварку стержневым электродом в смесях газов. В 1925 г. Лэнгмюр разработал сварку дугой косвенного действия с неплавящимся вольфрамовым электродом и применением в качестве защитной среды водорода – метод атомно-водородной сварки. В конце 40-х годов XX века в НИАТ была разработана сварка в инертном газе вольфрамовым электродом. В 1949 г. в Институте электросварки была разработана сварка в углекислом газе угольным электродом.

Дуговая сварка в защитных газах имеет высокую производительность, легко поддается автоматизация и позволяет выполнять соединение металлов без применения электродных покрытий и флюсов. Этот способ сварки нашел широкое применение при изготовлении конструкций из сталей, цветных металлов и их сплавов.

Преимущества сварки в защитных газах следующие:

- нет необходимости применять флюсы или покрытия, следовательно, не требуется очищать швы от шлака;

- высокая производительность и степень концентрации тепла источника позволяет значительно сократить зону структурных превращений;

- незначительное взаимодействие металла шва с кислородом и азотом воздуха;

- возможность механизации и автоматизации процессов.

Классификация способов дуговой сварки в защитных газах приведена на рис. 9.1.

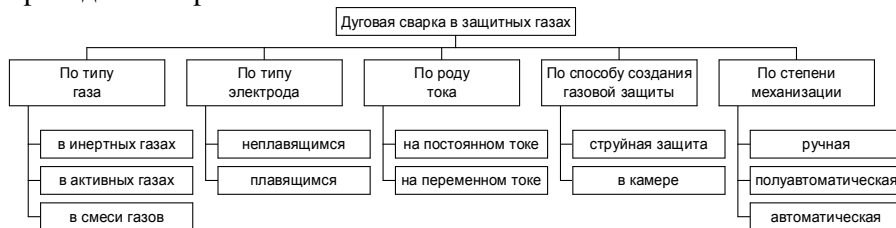


Рис. 9.1. Классификация способов сварки в защитных газах

Дуговая сварка в защитных газах может быть выполнена плавящимся и неплавящимся электродами.

Для защиты зоны сварки используют инертные газы гелий и аргон, а иногда активные газы — азот, водород и углекислый газ. Применяют также смеси отдельных газов в различных пропорциях. Такая газовая защита оттесняет от зоны сварки окружающий воздух. При сварке в монтажных условиях или в условиях, когда возможно сдувание газовой защиты, используют дополнительные защитные устройства. Эффективность газовой защиты зоны сварки зависит от типа свариваемого соединения и скорости сварки. На защиту влияет также размер сопла, расход защитного газа и расстояние от сопла до изделия (оно должно быть 5—40 мм).

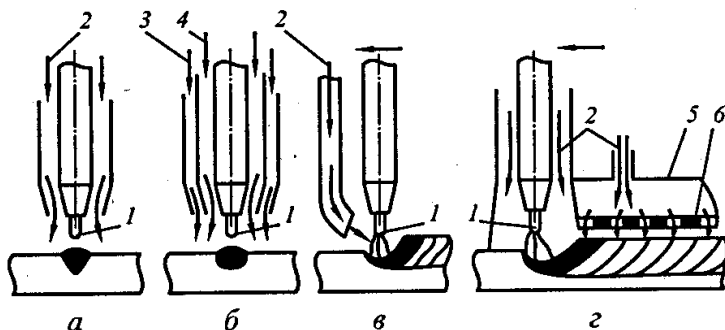


Рис. 9.2. Схемы подачи защитных газов в зону сварки:

а - центрально одним concentрическим потоком; б - центрально двумя concentрическими потоками; в - сбоку, при больших скоростях сварки; г - через подвижную микрокамеру:

1 - сварочный электрод; 2 – поток защитного газа; 3 - наружный поток дешевого защитного газа; 4 - внутренний поток дорогого защитного газа; 5 - микрокамера; 6- подача газа через отверстия микрокамеры

Надежность защиты зоны сварочной дуги зависит от теплофизических свойств и расхода газа, а также от конструктивных особенностей горелки и режима сварки. Подаваемые в зону сварочной дуги защитные газы влияют на устойчивость дугового разряда, расплавление электродного металла и характер его переноса. Размер капель электродного металла уменьшается с ростом сварочного тока, а увеличение глубины проплавления с повышением сварочного тока связано с более интенсивным вытеснением жидкого металла из-под электрода вследствие давления сварочной дуги.

При сварке плавящимся электродом дуга горит между изделием и расплавляемой сварочной проволокой, подаваемой в зону сварки. При сварке неплавящимся электродом (вольфрамовые прутки) сварочная дуга может быть прямого или косвенного действия. Разновидностью сварочной дуги косвенного действия может быть дуга, горящая между вольфрамом и беспрерывно подаваемой в зону дуги сварочной проволокой.

Защитное свойство струи инертного газа зависит от чистоты газа, параметров струи и режима сварки. Одним из наглядных

способов оценки защитных свойств является определение диаметра зоны катодного распыления при возбуждении дуги переменного тока между вольфрамовым электродом и свариваемым металлом. В период, когда катодом является свариваемый металл, происходит вырывание частиц металла с поверхности сварочной ванны и соседних зон относительно холодного металла. Степень катодного распыления зависит главным образом от массы положительных ионов, которые в процессе сварки бомбардируют катод. Например, в среде аргона наблюдается более интенсивное катодное распыление, чем в среде гелия. По убывающей склонности к катодному распылению металлы располагают в следующем порядке:

Mg, Al, Si, Zn, W, Fe, Ni, Pt, Cu, Bi, Sn, Sb, Pb, Ag, Cd.

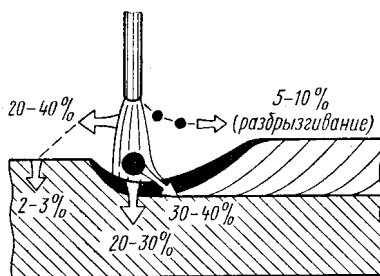


Рис. 9.3. Схема ввода теплоты в изделие при сварке в среде защитного газа

9.2. Сварка в защитных газах неплавящимся электродом

Сварка в защитных газах неплавящимся электродом – это процесс, в котором в качестве источника тепла применяют дуговой разряд, возбуждаемый между вольфрамовым или угольным (графитовым) электродом и изделием.

Условием стабильного горения дуги при дуговой сварке в защитной среде инертных газов на переменном токе является регулярное восстановление разряда при смене полярности. Потенциал возбуждения и ионизации инертных газов аргона и гелия выше, чем у кислорода, азота и паров металла, поэтому для возбуждения дуги переменного тока требуется источник питания с повышенным напряжением холостого хода. Сварочная дуга в среде инертных газов (аргоне или гелии) отличается высокой стабильностью и для ее поддержания требуется небольшое

напряжение. Высокая подвижность электронов обеспечивает достаточное возбуждение и ионизацию нейтральных атомов при столкновении с ними электронов.

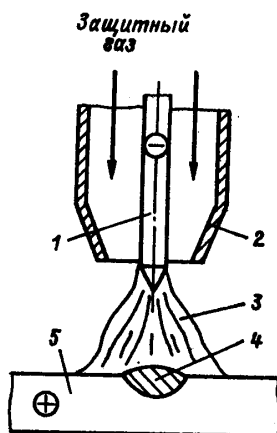


Рис. 9.4. Схема процесса сварки в среде защитных газов неплавящимся электродом:

1 – электрод; 2 – сопло; 3 – дуга; 4 – металл шва; 5 – изделие.

В том случае, когда катодом является вольфрам, дуговой разряд происходит главным образом за счет термоэлектронной эмиссии благодаря высокой температуре плавления и относительно низкой теплопроводности вольфрама, что обуславливает неодинаковые условия горения дуги при прямой и обратной полярности. При обратной полярности (изделие является катодом — минус) напряжение при возбуждении дуги должно быть больше, чем при прямой полярности. Поэтому из-за значительной разницы в свойствах вольфрамового электрода и свариваемого металла кривая напряжения дуги имеет не симметричную форму, а в ней появляется постоянная составляющая, которая вызывает появление в сварочной цепи постоянной составляющей тока. Постоянная составляющая тока в свою очередь создает постоянное магнитное поле в сердечнике трансформатора и дросселя, что приводит к уменьшению мощности сварочной дуги и ее устойчивости. Появление в цепи постоянной составляющей тока не обеспечивает нормального ведения процесса сварки и особенно при сварке алюминиевых

сплавов, так как сварочная ванна даже при небольшом содержании кислорода и азота покрывается тугоплавкой пленкой окислов и нитридов, которые препятствуют сплавлению кромок и формированию шва.

Очищающее действие сварочной дуги при сварке переменным током проявляется в те полупериоды, когда катодом является изделие благодаря катодному распылению, так как в этом случае происходит разрушение окисной и нитридной пленок.

При обратной полярности применяют низкие плотности тока, а практически такая дуга не применяется. При прямой полярности тепла выделяется меньше на электроде, так как его значительная часть расходуется на плавление свариваемого металла.

9.3. Сварка в защитных газах плавящимся электродом

Сварка в защитных газах плавящимся электродом – дуговая сварка, выполняемая электродом, который, расплавляясь при сварке, служит присадочным металлом.

При сварке плавящимся электродом в защитных газах дуговой разряд существует между концом непрерывно расплавляемой проволоки и изделием. Проволока подается в зону сварки с помощью механизма со скоростью равной средней скорости ее плавления; этим поддерживается постоянство длины дугового промежутка. Расплавленный металл электродной проволоки переходит в сварочную ванну и таким образом участвует в формировании шва.

При дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов геометрическая форма сварного шва и его размеры зависят от мощности сварочной дуги, характера переноса металла через дуговой промежуток, а также от взаимодействия газового потока и частиц металла, пересекающих дуговой промежуток, с ванной расплавленного металла.

В процессе сварки на поверхность сварочной ванны оказывает давление столб дуги за счет потока газов, паров и капель металла, вследствие чего столб дуги погружается в основной металл, увеличивая глубину проплавления. Поток газов и паров металла, направляемый от электрода в сварочную ванну, создается благодаря сжимающемуся действию электромагнитных сил. Сила воздействия сварочной дуги на ванну расплавленного

металла характеризуется ее давлением, которая будет тем больше, чем концентрированнее поток газа и металла. Концентрация потока металла увеличивается с уменьшением размера капель, который определяется составом металла, защитного газа, а также направлением и величиной сварочного тока.

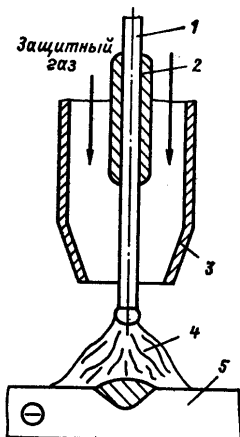


Рис. 9.5. Схема процесса сварки в среде защитных газов плавящимся электродом:

1 – электрод; 2 – подающий механизм ; 3 - сопло 4 – дуга; 5 – изделие.

Сварочная дуга, образованная в результате плавления электрода в среде инертных газов, имеет форму конуса, столб которой состоит из внутренней и внешней зоны. Внутренняя зона имеет яркий свет и большую температуру.

Во внутренней зоне происходит перенос металла и ее атмосфера заполнена светящимися парами металла. Внешняя зона имеет менее яркий свет и представляет собой ионизированный газ.

9.4. Сварка в инертных газах

Сварка в аргоне и гелии выполняется как плавящимся, так и неплавящимся (вольфрамовым) электродом.

Аргоно-дуговую сварку применяют для соединения легированных сталей, цветных металлов и их сплавов, ее

выполняют постоянным и переменным током плавящимся и неплавящимся электродами (рис. 9.6)

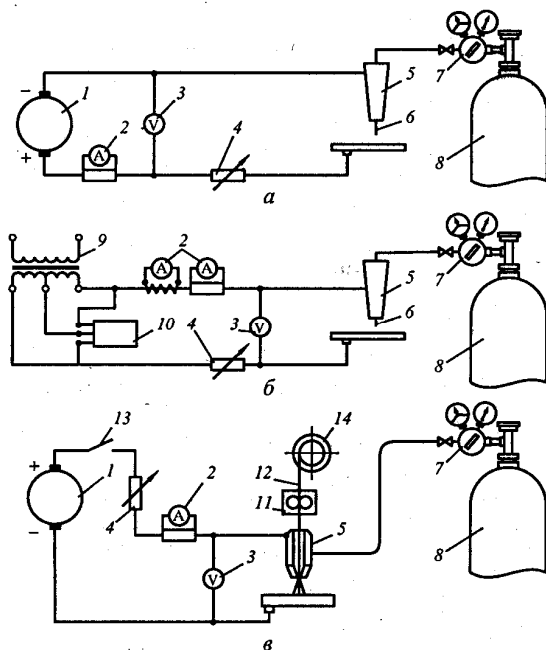


Рис. 9.6. Схемы сварки в защитных газах:

а - неплавящимся электродом на постоянном токе прямой полярности; б - неплавящимся электродом на переменном токе; в - плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности: 1 - сварочный преобразователь; 2 - амперметр; 3 - вольтметр; 4 - балластный реостат; 5 - наконечник горелки; 6 - вольфрамовый электрод; 7 - редуктор-расходомер газа; 8 - баллон с защитным газом; 9 - сварочный трансформатор; 10 - осциллятор; 11 - механизм подачи проволоки; 12 - плавящаяся электродная проволока; 13 - контакт контактора; 14 - катушка с проволокой

При ручной аргоно-дуговой сварке конец вольфрамового электрода затачивают на конус. Длина заточки, как правило, должна быть равна двум-трем диаметрам электрода.

Дуга зажигается на специальной угольной пластине. Зажигание дуги на основном металле не рекомендуется из-за возможности загрязнения, и оплавления конца электрода.

Для возбуждения дуги можно применить источник питания с повышенным напряжением холостого хода или дополнительный источник питания с высоким напряжением (осциллятор), так как потенциал возбуждения и ионизации инертных газов значительно выше, чем кислорода, азота или паров металлов. Дуговой разряд инертных газов отличается высокой стабильностью.

Характерной особенностью аргоно-дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом при использовании переменного тока является возникновение в сварочной цепи составляющей постоянного тока, величина которой может достигать 50% от величины эффективного значения переменного тока сварочной цепи.

Выпрямление тока, т.е. появление составляющей постоянного тока, зависит от размеров и формы: вольфрамового электрода; материала изделия, и режимов сварки (величины тока, скорости сварки и длины дуги). Появление в сварочной цепи составляющей постоянного тока особенно отрицательно сказывается на процессе сварки и качестве сварных соединений из алюминия и его сплавов.

При чрезмерной величине составляющей постоянного тока нарушается стабильность горения дуги, резко ухудшается чистота поверхности наплавляемого металла, появляются подрезы, чешуйчатость и снижается прочность сварных соединений и пластичность металла шва.

Устранение составляющей постоянного тока в сварочной цепи переменного тока является первостепенным условием для получения качественных сварных соединений.

Гелиево-дуговая сварка имеет одинаковый принцип работы с аргоно-дуговой сваркой.

Аргоно-дуговой сваркой можно выполнять все виды соединений: стыковые, тавровые, нахлесточные и угловые.

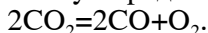
Для защиты металла шва со стороны корня и обеспечения формирования обратной стороны шва поддувают защитные газы (создание избыточного давления защитного газа со стороны корня шва). При сварке титана, алюминия и их сплавов для поддува применяют аргон или в особых случаях — гелий — при сварке

титана. При сварке нержавеющей сталей применяют азот, углекислый газ и смесь азота с водородом (азота — 93%, водорода—7%).

9.5. Сварка в углекислом газе

В начале 50-х годов 20 в. российскими исследователями К. В. Дюбавским и Н. Ж. Новожиловым был разработан способ сварки в защитной среде углекислого газа

Сущность процесса сварки в углекислом газе заключается в следующем. Поступающий в зону сварки углекислый газ защищает ее от вредного влияния атмосферы воздуха. Причем при высокой температуре сварочной дуги углекислый газ частично диссоциирует на окись углерода и кислорода



В результате в зоне дуги образуется смесь из трех различных газов: углекислого газа, окиси углерода и кислорода.

Вследствие того, что температура дуги не везде одинакова, неодинаков и состав газовой смеси в зоне дуги.

В центральной части, где температура дуги высокая, углекислый газ диссоциирует почти полностью.

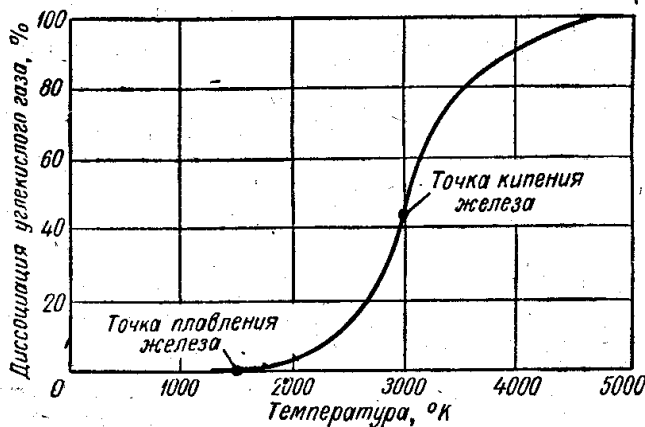
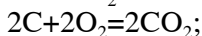
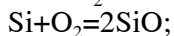
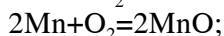
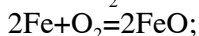
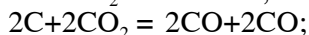
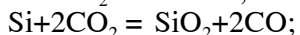
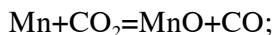
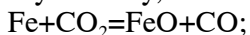


Рис. 9.7. Зависимость степени диссоциации CO_2 от температуры

В области, прилегающей к сварочной ванне, количество углекислого газа преобладает над суммарным количеством кислорода и окиси углерода. Все три компонента газовой смеси защищают металл от воздействия воздуха, в то же время

окисляют его как при переходе капле электродной проволоки в сварочную ванну, так и на поверхности:



Порядок и интенсивность окисления элементов зависят от их химического сродства к кислороду. Вначале окисляется кремний, имеющий большее сродство к кислороду, чем другие элементы. Окисление марганца также происходит значительно интенсивнее, чем окисление железа и углерода. Следовательно, нейтрализовать окислительный потенциал углекислого газа можно введением в присадочную проволоку избыточного кремния и марганца. В этом случае погашаются реакции окисления железа и образования окиси углерода, но сохраняются защитные функции углекислого газа в отношении атмосферы воздуха.

Качество наплавленного металла зависит от процентного содержания кремния и марганца в сварочной проволоке (при условии наличия необходимого качества углекислого газа). Хорошее качество наплавленного металла при сварке углеродистых сталей гарантируется тогда, когда в составе проволоки соотношение Mn к Si составит 1,5 - 2

Образовавшиеся окислы кремния у марганца не растворяются в жидком металле, а вступают во взаимодействие друг с другом, образуя легкоплавкое соединение, которое в виде шлака всплывает на поверхность сварочной ванны.

9.6. Металлургия сварки в защитных газах

Газы по защитному свойству расплавленного металла сварочной ванны от воздействия азота и кислорода воздуха подразделяются на инертные и активные.

К инертным газам относятся аргон и гелий, которые практически не взаимодействуют с расплавленным металлом сварочной ванны.

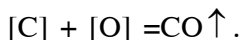
К активным газам относятся углекислый газ, азот, водород и кислород,

Активные газы по своему химическому взаимодействию с расплавленным металлом сварочной ванны могут быть нейтральными и реагирующими. Например, азот по отношению к меди является нейтральным газом, т. е. не образует с медью

никаких химических соединений. Активные газы или продукты их распада в процессе дугового разряда, т. е. во время сварки, могут соединяться с расплавленным металлом сварочной ванны и растворяться в нем, из-за чего резко снижаются механические свойства сварного шва, а его химический состав не будет соответствовать установленным требованиям стандартов.

Однако следует отметить, что некоторые растворимые в металле активные газы не всегда бывают вредными примесями. Например, азот в углеродистых сталях является вредной примесью (образуются нитриды), из-за чего резко снижаются механические свойства сварного шва и стойкость к старению, тогда как в сталях аустенитного класса азот является полезной добавкой. При аргоно-дуговой сварке углеродистых сталей для поддува можно применять не только аргон или углекислый газ, но и азот, если в сварочную ванну будут введены элементы раскислители в виде кремния и марганца. Поэтому выбор газа и присадочного материала должны обеспечивать заданные механические свойства, химический состав и структуру сварного шва. При сварке в защитной среде инертных газов расплавленный металл сварочной ванны изолирован от воздействия кислорода и азота воздуха, поэтому металлургические процессы могут происходить между элементами, содержащимися только в расплавленном металле сварочной ванны.

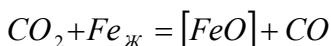
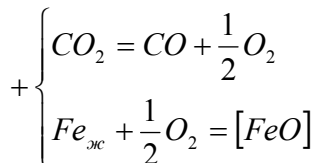
Так, например, если в сварочной ванне содержится некоторое количество кислорода в виде закиси железа FeO , то при наличии достаточного количества углерода будет образовываться нерастворимая в металле окись углерода CO



Вследствие того, что расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуется, а газ выйти не успевает, то в нем будут образовываться поры. Расплавленный металл сварочной ванны может насыщаться кислородом, находящимся в инертном газе, в виде свободного кислорода и паров воды. Поэтому для подавления реакции окисления углерода в период кристаллизации расплавленного металла сварного шва, в сварочную ванну через присадочный материал должны быть введены элементы раскислители в виде кремния и марганца. При сварке легированных сталей, имеющих в своем составе необходимое

количество раскислителей, реакция образования окиси углерода подавляется. Таким образом, при сварке в защитных газах для подавления образования окиси углерода, способной образовывать поры в сварном шве и устранения азотирования сварного шва, необходимо в сварочную ванну вывести элементы раскислители.

При сварке в защитной среде углекислого газа последний, защищая расплавленный металл сварочной ванны, от кислорода и азота воздуха, сам, в свою очередь, разлагаясь в дуговом разряде, является окислителем металла



где FeO — закись железа, растворяющаяся в железе.

Таким образом, как и при сварке в защитной среде инертных газов, в этом случае образуется окись углерода, которая в процессе кристаллизации металла сварочной ванны создаёт в нем поры. Для подавления образования окиси углерода (CO) через присадочную проволоку, в расплавленный металл сварочной ванны вводятся элементы раскислители — кремний и марганец.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность дуговой сварки в защитных газах?
2. Как классифицируются способы сварки в защитных газах?
3. Как осуществляют местную защиту зоны дуговой сварки газами?
4. Каковы особенности металлургии сварки в защитной среде углекислого газа?

Лекция № 10.

Сварка в защитных газах (Оборудование и аппаратура для дуговой сварки в защитных газах)

План:

10.1. Газовая аппаратура и приборы для дуговой сварки в среде защитного газа

10.2. Оборудование для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

10.3. Оборудование для сварки в среде защитных газов не плавящимся электродом

В комплект технологического оборудования, необходимого для выполнения сварочных работ при дуговой сварке в защитных газах, входят источник питания дуги, газовая аппаратура, приборы газовой магистрали, сварочные аппараты (полуавтоматы, подвесные головки для автоматической сварки, сварочные тракторы).

10.1. Газовая аппаратура и приборы для дуговой сварки в среде защитного газа

Газовая магистраль состоит из баллона с газом, подогревателя и осушителя, которые применяют только при использовании углекислого газа, а также из редуктора, расходомера и шланга, соединяющего эти элементы со сварочной горелкой.

При выпуске жидкой углекислоты из баллона она испаряется, температура газа резко уменьшается. Чтобы предупредить замерзание влаги в каналах редуктора и закупорку их льдом, между вентилем баллона и редуктором устанавливают электрический подогреватель (рис. 10.1).

Он состоит из корпуса 1, кожуха 2, трубчатого змеевика 3, теплоизоляции 4 и нагревательного элемента 5. На клеммы 6 подают постоянное (20 В) или переменное (36 В) напряжение. Газ, проходя по трубчатому змеевику 3, нагревается до температуры 10...15 °С.

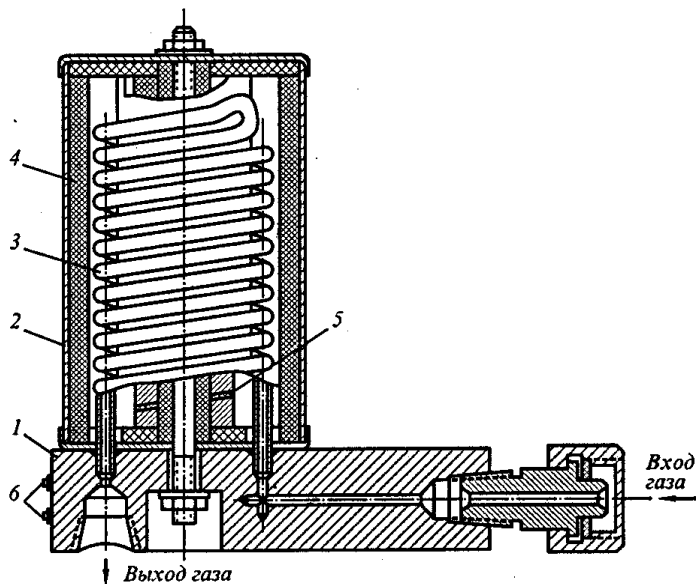


Рис. 10.1. Схема электрического подогревателя газа:

1 - корпус; 2 - кожух; 3 - трубчатый змеевик; 4 - теплоизоляция; 5 - нагревательный элемент; 6 - клеммы

Осушители предназначены для поглощения влаги, содержащейся в углекислом газе (рис. 10.2). Применяют два вида осушителей: высокого (рис. 10.2, а) и низкого (рис. 10.2, б) давления. Они состоят из корпуса 1, решеток 2, фильтров 3, влагопоглотителя 4 и крышки 5. Кроме того, осушитель высокого давления снабжен пружиной 6, предназначенной для уплотнения влагопоглотителя. Фильтры 3 служат для отделения от газа твердых частиц. В качестве влагопоглотителя используют силикагель или алюмогликоль, реже - медный купорос и хлористый кальций. Силикагель и медный купорос, насыщенные влагой, поддаются восстановлению путем прокаливанию при температуре 250...500 °С в течение 1 ...2 ч.

Осушитель высокого давления, устанавливаемый до понижающего редуктора, имеет малые размеры и требует частой замены влагопоглотителя, что неудобно в работе. Осушитель низкого давления, имеющий значительные размеры, устанавливают после понижающего редуктора. Он не требует

частой замены влагопоглотителя. Его целесообразно применять главным образом при централизованной газовой разводке.

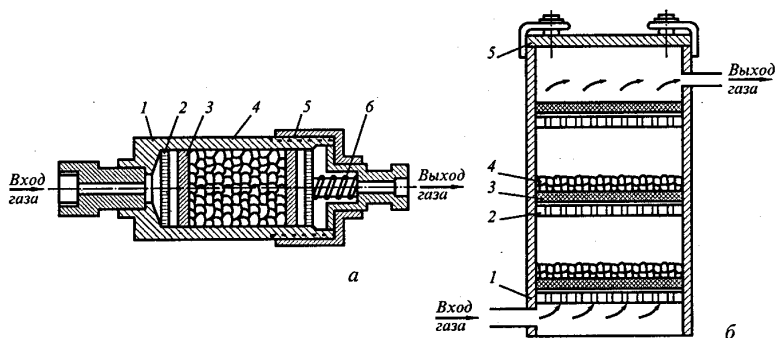


Рис. 10.2. Схемы осушителей:

а - высокого; б - низкого давления; 1 - корпус; 2 - решетки; 3 - фильтры; 4 - влагопоглотитель; 5 - крышка; 6 - пружина

Редуктор служит для понижения сетевого давления или давления, под которым газ находится в баллоне, до рабочей величины и автоматического поддержания рабочего давления неизменным независимо от давления в баллоне или в сети (рис. 10.3).

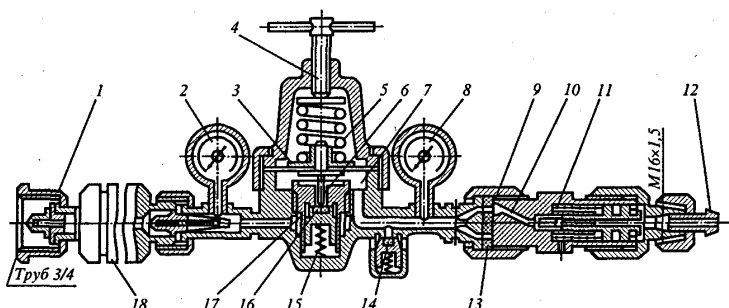


Рис. 10.3. Схема газового редуктора У-30 для углекислого газа:

1 - накидная гайка; 2 и 8 - манометры; 3 - мембрана; 4 - регулировочный винт; 5 и 15 - пружины; 6 - игла; 7 - камера низкого давления; 9 и 13 - калиброванные отверстия; 10 - канал; 11 и 16 - запорные клапаны; 12 - штуцер; 14 - предохранительный клапан; 17 - седло; 18 - подогреватель газа

Редуктор имеет две камеры: высокого давления и низкого давления 7. Камера высокого давления непосредственно сообщается с баллоном и давление газа в ней равно давлению газа в баллоне. Между первой и второй камерами находится клапан 16, на который действуют пружины 15 и 5. Газ, проходя через клапан 16, преодолевает большое сопротивление и теряет давление. В зависимости от соотношения усилий сжатия этих пружин клапан будет закрыт (усилие пружины 7 больше усилия пружины 5) или открыт (усилие пружины 5 больше усилия пружины 7). Чем больше сжата пружина 5, тем больше открыт клапан 16 и тем выше давление в камере 7. Регулирование усилия сжатия пружины 5 достигается вращением винта 4. Ввертывание винта 4 сжимает пружину 5, вывертывание винта уменьшает усилие сжатия пружины.

Чтобы закрыть клапан 16 надо полностью ослабить пружину 5. Редуктор имеет предохранительный клапан 14. Давление в обеих камерах измеряется манометрами.

Если при каком-то положении винта 4 расход и поступление газа в редуктор равны, то рабочее давление остается постоянным и мембрана 3 находится в одном положении. Если количество газа, отбираемого из редуктора, больше количества газа, поступающего в него, то давление в камере 7 понизится. При этом нажимная пружина 5 начнет удлиняться и будет деформировать мембрану 3; клапан 16 откроется, в результате чего поступление газа в камеру 7 увеличится.

Уменьшение расхода газа в процессе работы вызовет повышение давления в камере 7 редуктора, усилие, действующее на мембрану 3, возрастает, она изогнется в противоположную сторону и сожмет пружину 5. Клапан 16 будет закрываться и поступление газа уменьшится. Таким образом мембрана обеспечивает автоматическое поддержание давления.

При сварке в аргоне применяют редукторы АР-10, АР-40, АР-150, при сварке в углекислом газе – редуктор У-30.

Расходомеры предназначены для измерения расхода защитного газа. Применяются расходомеры двух типов: поплавкового и дроссельного. Расходомер поплавкового типа (ротаметр) (рис. 10.4, а, б) состоит из стеклянной трубки 7 со шкалой 5 и коническим отверстием.

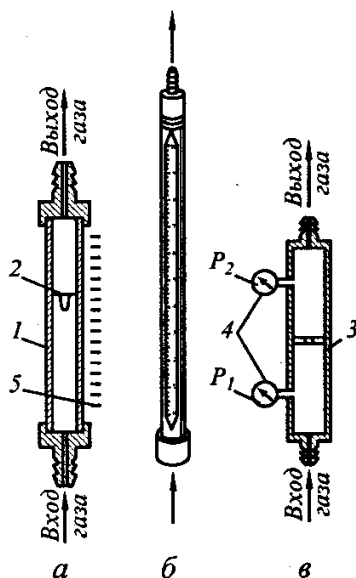


Рис. 10.4. Расходомеры газа:

а - поплавкового типа (ротаметр); б - ротаметр РС-3; в - дроссельного типа; 1 - стеклянная трубка; 2 - поплавок; 3 - диафрагма; 4 - манометры; 5 - шкала

Располагается ротаметр строго вертикально, широким концом отверстия вверх. Внутри трубки помещается поплавок 2, который может свободно в ней перемещаться. Газ, проходя снизу вверх через трубку, поднимает поплавок до тех пор, пока кольцевой зазор между ним и стенкой трубки не достигнет величины, при которой напор струи газа уравнивает массу поплавка. Чем больше расход газа и его плотность, тем выше поднимется поплавок. Поплавки ротаметров изготавливаются из алюминия, эбонита и стали, они имеют различную массу. Каждый тип ротаметра имеет свою градуировочную шкалу.

Дроссельный расходомер (рис. 10.4, в) построен на принципе измерения перепада давлений на участках до и после дроселирующей диафрагмы 3 (P_1 и P_2), который зависит от расхода газа и измеряется манометром.

10.2. Оборудование для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Сварка в среде защитных газов плавящимся электродом осуществляется полуавтоматическим или автоматическим способом.

Шланговые полуавтоматы, предназначенные для сварки в защитных газах (рис. 10.5), содержат следующие основные элементы: горелку 1 с держателем, шланг для подвода к горелке электродной проволоки 2 с катушки 3 и блок управления полуавтоматом. Эти элементы, отличающиеся конструктивными особенностями, входят во все разновидности полуавтоматов.

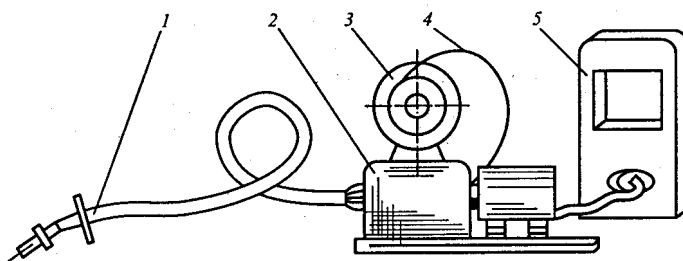


Рис. 10.5. Схема шлангового полуавтомата А-1197:

1 – горелка; 2 – механизм подачи проволоки; 3 – катушка;
4 – электродная проволока; 5 – блок управления полуавтоматом

Таблица 10.1

Техническая характеристика полуавтоматов для дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом

Марка полуавтомата	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, 10^{-3} м/с	Источник питания
А-1197	50	1,6-2,0	92-926	ПСГ-500
А-1230М	315	0,8-1,2	30-119	ВДГ-302
ПДГ-303	315	0,8-1,2	50-200	ВДГ-301
ПДГ-502	500	1,2-2,0	50-200	ВДУ-504-1
ПДГ-601	630	1,2-2,5	33-330	ВДГ-601

Рабочий инструмент полуавтомата – горелка. Примером ее конструкции может служить горелка полуавтомат А-1197 (рис. 10.6), предназначенного для сварки проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой. Горелка содержит изогнутый мундштук 5 с переходной втулкой 2 и наконечником 6, рукоятку 1 с пусковой кнопкой, защитный щиток 7 и сопло 8 для создания вокруг зоны сварки защитной атмосферы 9.

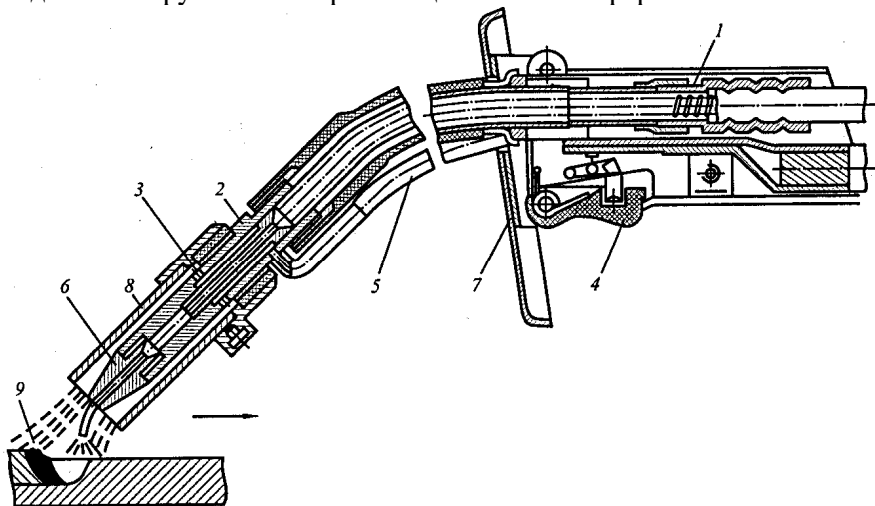


Рис. 10.6. Схема горелки шлангового полуавтомата А-1197:

1 – рукоятка; 2 – переходная втулка; 3 – отверстия для выхода газа в сопло; 4 – пусковая кнопка; 5 – мундштук; 6 – наконечник; 7 – защитный щиток; 8 – сопло; 9 – защитная атмосфера

Для автоматической сварки в среде защитных газов, когда перемещение дуги и подача электродной проволоки осуществляются механизмами, используют сварочные тракторы или специализированные установки. Техническая характеристика автоматов представлена в таблице 10.2.

Сварочный автомат АДПГ-500 (рис. 10.7) предназначен для сварки проволокой диаметром 0,8—2,5 мм на токах до 500 А.

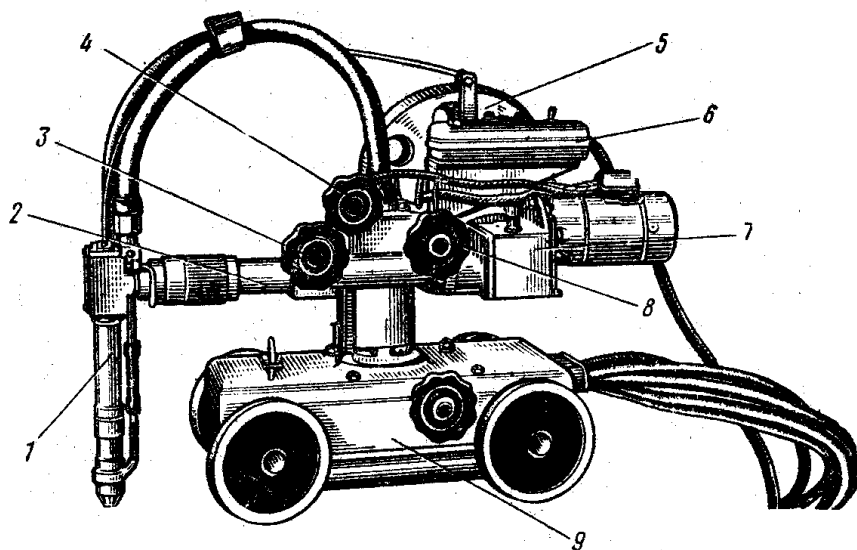


Рис. 10.7. Сварочный трактор АДПГ-500:

1—горелка, 2—коромысло, 3—фиксатор, 4—вертикальный корректор, 5 — катушка, 6 — пульт управления, 7 — механизм подачи, 8 — поперечный корректор, 9 — каретка ходового механизма

Он состоит из трактора, выносного пульта управления 6, источника питания и шкафа с аппаратурой управления. На одном конце коромысла 2 трактора смонтирована система подающих роликов и горелка 1, на втором — механизм подачи 7 и катушка 5 для проволоки. Каретка 9 ходового механизма представляет собой штампованный корпус, в котором смонтирован привод механизма перемещения трактора. Для лучшего сцепления легкого трактора с поверхностью, по которой он движется, все бегунки выполнены ведущими, для чего оси передних и задних бегунков связаны приводной шарнирной цепью.

Механизм подачи электродной проволоки состоит из электродвигателя постоянного тока с регулируемой скоростью вращения и вала, заключенного в коромысле 2. На конце вала расположен ведущий ролик подачи проволоки. Редуктор имеет два диапазона скоростей подачи. Переключение диапазонов осуществляется переналадкой редуктора. В каждом диапазоне

скорость подачи плавно изменяется автотрансформатором. Водоохлаждаемая сварочная горелка снабжена соплом, устанавливаемым на двух уплотнительных кольцах. Сварочный ток подводится проводом, уложенным внутри резиновой трубки, по которой циркулирует охлаждающая вода.

Таблица 10.2

Техническая характеристика автоматов для дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом

Марка автомата	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, 10^{-3} м/с	Скорость сварки, 10^{-3} м/с	Источник питания
АДФГ-501	500	1,0-2,0	25-266	6-21	ВДУ-504
АДПГ-500	500	0,2-2,0	41,7-200	4,2-19,5	ПСГ-500
АДГ-502	500	1,2-2,0	30-200	3,3-33	ВДУ-504
ТС-35	1000	1,6-5,0	14-140	3,3-33	ТДФ-1001
А-1411П	1000	2,0-4,0	50-500	12-240	ВДГ-1001
А-1417	1000	2,0-5,0	13-133	12-120	ВДГ-1001

10.3. Оборудование для сварки в среде защитных газов не плавящимся электродом

Сварка в среде защитных газов неплавящимся электродом осуществляется вручную, полуавтоматически и автоматически.

Ручную сварку выполняют при помощи горелки. Горелки (электрододержатели) (рис. 10.8) для аргоно-дуговой сварки одновременно подводят к электроду ток и струю аргона. Горелка состоит из корпуса 8 с вентилем 5, трубки 3, сопла 10 и головки 2. Аргон поступает по шлангу, надеваемому на ниппель 7, и через вентиль 5 идет по трубке в головку. Выходя через сопло 10, аргон обтекает конец электрода 1, закрепленного в цанге 9. Горелка имеет сменные цанги для крепления электродов диаметром 2, 3 и 4 мм. Ток подводится по гибкому кабелю 6 и поступает к электроду через зажимы цанги 9. Расход аргона регулируется вентилем 5, имеющим маховичок 4. Щиток 11 из

листовой фибры служит для защиты руки сварщика от тепла дуги.

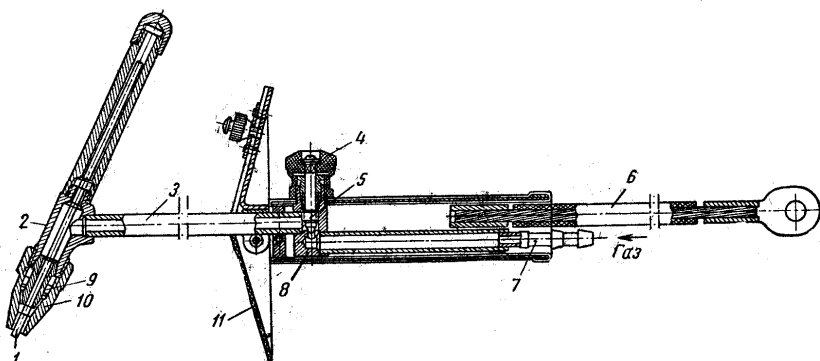


Рис. 10.8. Горелка для ручной аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом

Для токов более 200 А используют горелки с водяным охлаждением: АР-10, рассчитанные на 200 и 400 А, АР-7—на 450 А и АР-9—на 350 А.

При сварке неплавящимся вольфрамовым электродом с присадочной проволокой применяют шланговой полуавтомат, горелка-держатель для которого показана на рис. 10.9. Вольфрамовый электрод 1 крепится в головке 2, а по втулке 4 и гибкому шлангу 5 поступает присадочная проволока 3, подаваемая механизмом подачи, установленным отдельно.

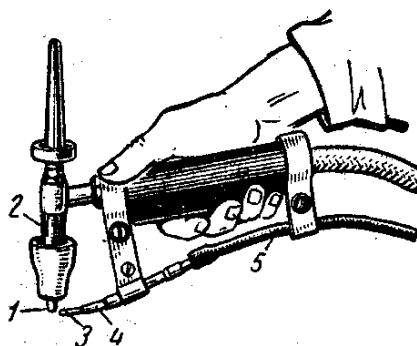


Рис. 10.9. Горелка - держатель к полуавтомату для сварки вольфрамовым электродом с присадочной проволокой

Автоматическую сварку неплавящимся электродом выполняют сварочными тракторами или специальными сварочными головками, подвешивая их на консолях или встраивая в конструкции специализированных сварочных установок. Основные узлы этих головок и тракторов такие же, как у автоматов для сварки плавящимся электродом, различны лишь сварочные головки.

Для автоматической сварки неплавящимся электродом применяются специальные сварочные горелки (рис. 10.11).

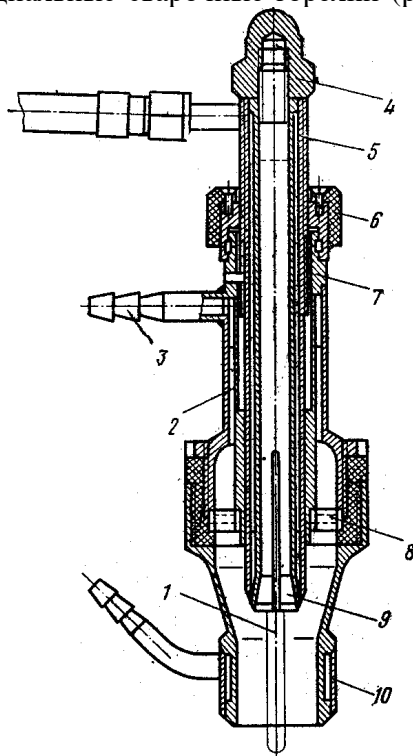


Рис. 10.11. Схема горелки для автоматической сварки вольфрамовым электродом:

1 – электрод; 2 – зазор; 3 – штуцер; 4 – гайка; 5 – обойма; 6 – маховичок; 7 – корпус горелки; 8 – сетка; 9 – цанга; 10 – сопло

На рис. 7.3.15 показан сварочный трактор АДСВ-2, предназначенный для дуговой сварки в среде аргона неплавящимся вольфрамовым электродом.

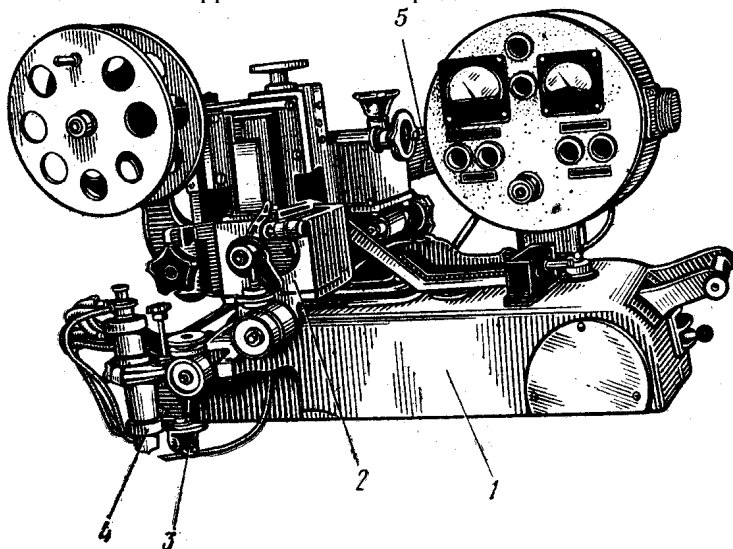


Рис. 10.12. Сварочный трактор АДСВ-2:

1 – самоходная тележка; 2 – механизм подачи; 3 – наконечник; 4 – горелка; 5 - штанга

Контрольные вопросы:

1. Что входит в комплект оборудования и аппаратуры для дуговой сварки в защитных газах?
2. Зачем применяются подогреватели и осушители?
3. Каковы основные элементы конструкции горелки для полуавтоматической сварки плавящимся электродом?

Литература:

1. Акулов А.И., Бельчук А.К., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1977.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением./ Под ред. акад. Б.Е.Патона. - М.: Машиностроение. 1974.
3. Сварки и свариваемые материалы: В 3-хт. Т 2. Технология и оборудование. Справочное издание /Под. ред. В.М. Ямпольского. - М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1998.
4. Абралов М.А., Дуняшин Н.С., Абралов М.М., Эрматов З.Д. Эритиб пайвандлаш технологияси ва жиҳозлари. - Ташкент: Ворис, 2007.
5. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки. Е.О.Патон, В.К.Лебедев. - М.: Машиностроение, 1990.
6. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1987.
7. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник под редакцией Г.Н.Никифорова. - М.: Машиностроение, 1986.
8. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1989.
9. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. - Киев: Наукова думка, 1981.
10. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987.
11. Иоффе И. С., Ханапетов М.В. Сварка порошковой проволокой. - М.: Высшая школа, 1986.
12. Козулин М.Г. Технология электрошлаковой сварки в машиностроении: Учебное пособие. - Тольятти: ТолПИ, 1994.
13. Маслов В.И. Сварочные работы. - М.: Издательский центр «Академия», 1999.
14. Николаев А.А. Электрогазосварщик – Ростов на Дону: Феникс, 2000.
15. Оборудование для дуговой сварки: Справочное пособие/ Под ред. В.В. Смирнова. - Л.: Энергоатомиздат, 1986.
16. Подгаецкий В.В., Люборец И.И. Сварочные флюсы. - Киев: Техніка, 1984.

17. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. - М.: Машиностроение, 1978- 1979.

18. Сварка и резка в промышленном строительстве. /Б.Д. Малышев, А.И. Акулов, Е.К. Алексеев и др.; Под ред. Б.Д. Малышева. - М.: Стройиздат, 1989.

19. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие/ М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; Под ред. Ю.В. Казакова. - М.: Издательский центр «Академия», 2001.

20. www.svarka.ru

Содержание

Введение	3
Лекция №1. Классификация способов сварки плавлением ...	
1.1. Сущность сварки плавлением.....	5
1.2. Классификация способов сварки плавлением.....	7
Лекция № 2. Ручная дуговая сварка (Сущность и режимы РДС)	12
2.1. Сущность РДС.....	12
2.2. Подготовка кромок под сварку.....	12
2.3. Режимы ручной дуговой сварки.....	14
2.4. Оборудование сварочного поста при РДС.....	16
Лекция №3. Ручная дуговая сварка (Электроды для РДС)	
3.1. Общие сведения о сварочных плавящихся электродах для РДС и требования, предъявляемые к ним.....	21
3.2. Компоненты электродных покрытий.....	
3.3. Типы электродных покрытий.....	24
3.4. Типы электродов.....	26
3.5. Классификация электродов.....	
3.6. Маркировка электродов.....	31
Лекция № 4. Ручная дуговая сварка (Технология РДС)	
4.1. Техника РДС.....	33
4.2. Технология сварки стыковых швов.....	37
4.3. Технология сварки угловых швов.....	39
4.4. Технология сварки вертикальных швов.....	40
4.5. Технология сварки горизонтальных швов.....	41
4.6. Технология сварки потолочных швов.....	41
4.7. Способы сварки швов различной протяженности.....	42
4.8. Сварка металла большой толщины.....	
Лекция № 5. Ручная дуговая сварка (Особые способы РДС, повышающие производительность)	45
5.1. Сварка трехфазной дугой.....	45
5.2. Сварка ванным способом.....	46
5.3. Сварка с глубоким проплавлением.....	49
5.4. Сварка спаренными электродами и пучком электродов....	50
5.5. Сварка погруженной дугой.....	52

5.6. Сварка лежачим электродом.....	53
5.7. Сварка наклонным электродом.....	53
5.8. Сварка электродами больших диаметров.....	54
Лекция № 6. Дуговая сварка под слоем флюса (Сущность и режимы сварки под слоем флюса).....	55
6.1. Сущность сварки под слоем флюса.....	55
6.2. Сварочные материалы, применяемые при сварке под слоем флюса.....	57
6.3. Металлургия сварки под слоем флюса.....	60
6.4. Расчет режимов сварки под слоем флюса.....	64
Лекция № 7. Дуговая сварка под слоем флюса (Оборудование для сварки под флюсом).....	66
7.1. Общие сведения об оборудовании, применяемом при сварке под слоем флюса.....	66
7.2. Классификация полуавтоматов и автоматов для дуговой сварки.....	71
7.3. Обозначение сварочных аппаратов.....	74
7.4. Основные элементы и узлы сварочных аппаратов.....	74
Лекция №8. Дуговая сварка под слоем флюса (Технология сварки под слоем флюса).....	79
8.1. Технология автоматической сварки под слоем флюса.....	79
8.2. Технология полуавтоматической сварки под слоем флюса.....	83
8.3. Способы сварки под слоем флюса, повышающие производительность.....	84
Лекция №9. Дуговая сварка в защитных газах (Сущность и классификация процессов дуговой сварки в защитных газах).....	87
9.1. Классификация процессов дуговой сварки в защитных газах.....	87
9.2. Сварка в защитных газах неплавящимся электродом.....	90
9.3. Сварка в защитных газах плавящимся электродом.....	92
9.4. Сварка в инертных газах.....	93
9.5. Сварка в углекислом газе.....	96
9.6. Металлургия сварки в защитных газах.....	97

Лекция № 10. Дуговая сварка в защитных газах (Оборудование и аппаратура для дуговой сварки в защитных газах).....	100
10.1. Газовая аппаратура и приборы для дуговой сварки в среде защитного газа.....	100
10.2. Оборудование для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом.....	105
10.3. Оборудование для сварки в среде защитных газов не плавящимся электродом.....	
Литература.....	112

Редактор Ахметжанова Г.М.