

32 Сварочные работы

Сваркой называется процесс получения неразъёмного соединения твёрдых металлов, осуществляемый за счёт использования межатомных сил сцепления. Чаще всего этот эффект достигается плавлением участков соединяемых деталей и материала присадки или электрода в зоне сварного шва. Однако сварное соединение может быть получено и при плотном сжатии деталей одновременно с нагревом места контакта (точечная и шовная электроконтактная сварка) и даже без нагрева (сварка давлением и взрывом).

В электромонтажной практике сварку применяют для оконцевания и соединения алюминиевых жил проводов и кабелей всех сечений, для соединения медных и алюминиевых шин, стальных заземляющих проводников, магистралей и самих заземлителей, а также для крепления электрических аппаратов и деталей. При монтаже широко применяют четыре способа сварки: электродуговую, электросварку контактным разогревом, термитную и газовую. При изготовлении электроаппаратуры в заводских условиях применяют также сварку давлением, взрывом, магнитно-импульсную и электроконтактную сварку (точечную или шовную).

Основные типы сварных соединений:

Стыковое — сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями (рисунок 106, а).

Нахлесточное — сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга (рисунок 105, г).

Угловое — сварное соединение двух элементов расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев (рисунок 106, б).

Тавровое — сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента (рисунок 106, в).

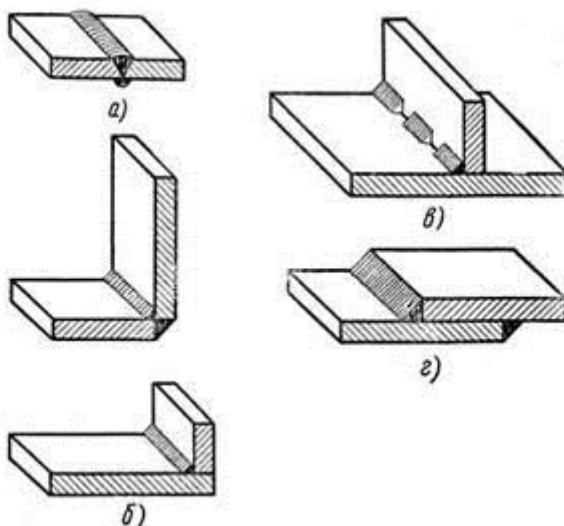


Рисунок 106 – Типы сварных соединений.

Электродуговой сваркой выполняют все виды швов – нижний, горизонтальный, вертикальный и потолочный. При электромонтажных работах применяют: ручную сварку штучными электродами, механизированную (полуавтоматическую) сварку электродной проволокой, а также сварку неплавящимся электродом.

Ручная электродуговая сварка стали штучными электродами широко применяется при выполнении работ по креплению электрооборудования и монтажу цепей заземления (рисунок 107).

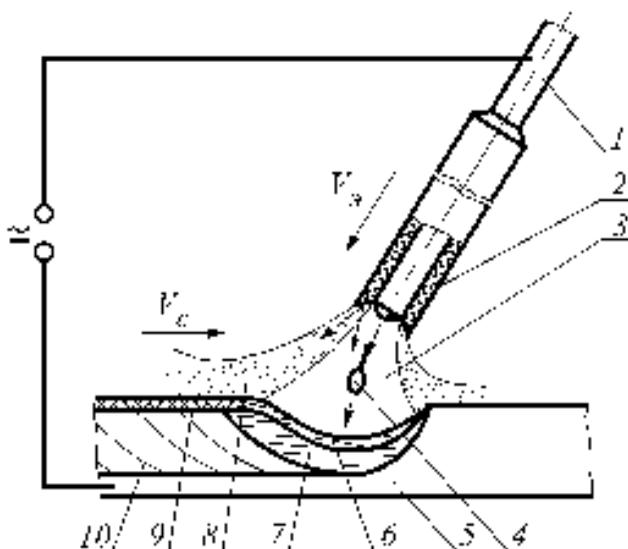


Рисунок 107 – Схема ручной дуговой сварки.

1 – металлический стержень, 2 – электродное покрытие, 3 – сварочная дуга, 4 – расплавленный материал электрода, 5 – свариваемая заготовка, 6 – расплавленный флюс, 7 – сварочная ванна, 8 – газовая защита, 9 – шлаковая пленка, 10 – сварочный шов, V_c – скорость сварки, V_z – скорость подачи сварочного электрода

Для ручной дуговой сварки применяются покрытые металлические электроды. Покрытые электроды используют для сварки чёрных металлов и для сварки цветных металлов и сплавов. Электроды для ручной дуговой сварки состоят из стержней, изготовленных из сварочной проволоки, на которые нанесён слой электродного покрытия (обмазки). Электродное покрытие выполняет ряд функций, которые направлены на достижение двух основных целей, преследуемых в процессе сварки - обеспечение стабильности горения дуги и придание металлу сварного шва необходимых свойств.

Функции электродной обмазки:

1. Связывание всех компонентов, входящих в покрытие, друг с другом, а всего покрытия в целом - со стержнем электрода. Основным связующим веществом является натриевое (силикат натрия) или калиевое жидкое стекло, которое выполняет

одновременно и функцию стабилизации дуги. Жидкое стекло (силикатный клей), кстати сказать, является веществом, которое входит в покрытие электродов всех типов - настолько удачным оказалось соединение в нем связующих и стабилизирующих качеств.

2. Стабилизация дугового разряда. Стабильность сварочной дуги достигается введением в покрытие электродов веществ, обладающих малой величиной потенциала ионизации, благодаря чему происходит насыщение дугового пространства ионами, необходимыми для устойчивого горения дуги.

3. Защитная. Защита зоны сварки от азота, кислорода и водорода (водорода в составе паров воды), содержащихся в воздухе. Защитные компоненты покрытия создают на пути атмосферных газов два барьера - газовое облако, состоящее из углекислого газа, окиси углерода и прочих газов, и шлаковый слой сложного состава, плавающий на поверхности расплавленного металла. К газообразующим компонентам относятся крахмал, древесная зола, хлопчатобумажная пряжа, пищевая мука, декстрин, целлюлоза. К шлакообразующим - титановый концентрат, каолин, марганцевая руда, мел, мрамор, кварцевый песок. Шлак не только защищает сварочную ванну от вредных газов, но и снижает скорость охлаждения и кристаллизации металла, способствуя тем самым более полному выходу из него газов и вредных включений.

4. Металлургическая. Раскисление расплавленного металла, т.е. удаление из него кислорода путем его связывания. В качестве раскислителей выступают вещества, которые легко (легче, чем железо) вступают в реакцию с кислородом. Это такие металлы, как молибден, титан, хром, алюминий, входящие в состав покрытия в форме ферросплавов. Легирование металла шва с целью улучшения его физических, механических и химических свойств. Эту функцию выполняют в основном хром, молибден, марганец, кремний, ниобий, титан - в виде чистых металлов или ферросплавов. Легирование шва может выполняться также с помощью присадочной проволоки.

Технологический процесс сварки можно разделить на четыре этапа: подготовка металла (заготовок) под сварку, выбор режимов сварки, собственно сварку и контроль качества сварки.

Подготовка металла (заготовок) под сварку включает в себя: резку, правку, очистку и разметку материала; сборку заготовок под сварку. Правку заготовок осуществляют в ручную, или на

листоправильных прессах, или вальцах. Разметка заготовок необходима для переноса размеров деталей в натуральную величину с чертежа.

Перед сваркой необходимо тщательно очистить основной и присадочный материалы от ржавчины, окалины, влаги, масел и других загрязнений.

Сборку заготовок под сварку осуществляют с помощью универсальных зажимов или прихватов, или с помощью специальных сборочных приспособлений (в серийном производстве). Качество сборки проверяют шаблонами, а наличие зазоров – щупами.

Зажигание дуги производится двумя способами: прикосновением электрода в точке или чирканьем конца электрода о поверхность металла. Первый способ чаще всего применяется при наложении швов в неудобных (стесненных) местах.

В зависимости от пространственного положения шва толщины и материала заготовок выбирается направление сварки угол наклона электрода.

Сварку ведут: горизонтальных швов – в четырёх направлениях (слева направо, справа налево, к себе, от себя); вертикальных швов - в двух направлениях (сверху вниз и снизу вверх). Независимо от направления движения, электрод наклоняют таким образом, чтобы обеспечить проплавление основного металла на максимальную глубину. При отсутствии поперечных колебательных движений торца ширина валика шва равна 0,8. 1,5 диаметра электрода (ниточный шов). Ниточные швы применяются при сварке тонколистового материала или при наложении первого слоя в многослойных швах.

Получение более широких швов (до четырёх диаметров электрода) возможно за счет колебательных движений конца электрода. Колебательные движения по ломанной линии не обеспечивают значительного прогрева свариваемых кромок. Они используются при сварке листовых материалов встык без скоса кромок в нижнем положении. Колебательные движения полумесяцем используются при сварке листовых материалов встык со скосом кромок в любом пространственном положении. Колебательные движения торца электрода с перекрытием траектории обеспечивают хороший прогрев кромок. Они используются при сварке угловых и

стыковых швов в любом пространственном положении. Колебательные движения торца электрода с петлеобразным перекрытием траектории обеспечивают хороший прогрев кромок и корня шва. Эти движения используются при необходимости большого прогрева металла по краям шва (движение электрода немного замедляется в крайних положениях). Это помогает предотвратить прожог металла в центре шва, хорошо прогреть сварочную ванну, особенно при выполнении вертикальных швов.

Порядок наложения швов зависит от длины шва. Короткие швы (длиной до 300 мм) варят непрерывным швом на проход. Швы средней длины (от 300 до 1000 мм) варят от середины к краям. Длинные швы (более 1000 мм) варят обратно – ступенчатым способом.

Если, заканчивая шов, сразу оборвать дугу, то на поверхности металла образуется кратер, который может привести к образованию трещины. При сварке низкоуглеродистых сталей, кратер заполняют электродным металлом, или выводят кратер на основной металл.

Для питания сварочной цепи переменным током используют сварочные трансформаторы, а постоянным – выпрямители и генераторы. Сварку на постоянном токе выполняют как при прямой, так и при обратной полярности. Прямой полярности соответствует подключение отрицательного полюса к сварочному электроду, а положительного – к материалу. На постоянном токе устойчивее горит дуга, лучше качество шва, можно сваривать детали меньших размеров и применять электроды, обмазка которых содержит меньше вредных веществ. Однако источники постоянного тока сложнее, дороже и менее надёжны в эксплуатации.

Механизированная (полуавтоматическая) сварка получила широкое распространение при изготовлении конструкций из тонколистовой стали. При работах в монтажной зоне используют ранцевые полуавтоматы, закрепляемые на спине плечевыми ремнями. По гибкому шлангу к сварочной горелке одновременно подаются электродная проволока и защитный углекислый газ, в струе которого и горит дуга. Для регулировки процесса сварки изменяют скорость подачи проволоки. Преимущества полуавтоматов – высокая производительность и лучшее качество шва.

Полуавтоматическая сварка алюминия и сплавов выполняется в струе инертного газа аргона или смеси аргона с гелием.

Полуавтоматическую сварку медных шин выполняют только в нижнем положении (плашмя) под слоем флюса. Для питания сварочных полуавтоматов чаще используют выпрямители, реже – трансформаторы, в последнее время всё шире применяют инверторные источники сварочного тока.

Сварка неплавящимся электродом широко используется для соединения деталей из алюминия и других цветных металлов и сплавов, а также легированной стали. В отдельных случаях при выполнении швов в нижнем положении до сих пор используют угольные электроды. Однако всё чаще применяют сварку вольфрамовым электродом в струе инертного газа аргона. Аргонно-дуговая сварка позволяет соединять детали практически в любых пространственных положениях.

Для питания сварочной дуги в настоящее время всё шире используют инверторные источники сварочного тока с микропроцессорным управлением, содержащие высокочастотный транзисторный преобразователь и импульсный транзисторный регулятор тока (рисунок 108).



Рисунок 108 – Инверторные источники сварочного тока

Точечная сварка (рисунок 109) является разновидностью контактной сварки, поэтому в основу её технологии заложены тепловое воздействие электрического тока и усилие сжатия свариваемых деталей. В процессе сварки ток проходит от одного электрода к другому через металл заготовок. Соединение деталей

осуществляется на участках, ограниченных площадью торцов электродов, которые подводят ток и передают усилие сжатия.

Свариваемые детали (см. рисунок 109) накладываются друг на друга и зажимаются между металлическими электродами, к которым от трансформатора подводится сварочный ток. Нагрев металла происходит при замыкании сварочной цепи. Наибольшее количество теплоты выделяется на участке наибольшего сопротивления, т.е. в зоне соединения свариваемых деталей. Именно здесь металл расплавляется. После выключения тока и осадки из образовавшейся жидкой металлической ванны кристаллизуется сварная точка.

Электроды для контактной точечной сварки изготавливаются из сплавов с высокой электропроводностью, чтобы сопротивление в контакте «электрод – деталь» было минимальным. Поэтому в местах контактов «деталь – деталь» происходит наибольший нагрев за счёт наибольшей величины электрического сопротивления. Разогрев и расплавление металла под действием электрического тока приводит к образованию литого ядра сварной точки, диаметр которой обычно составляет 4–12 мм.

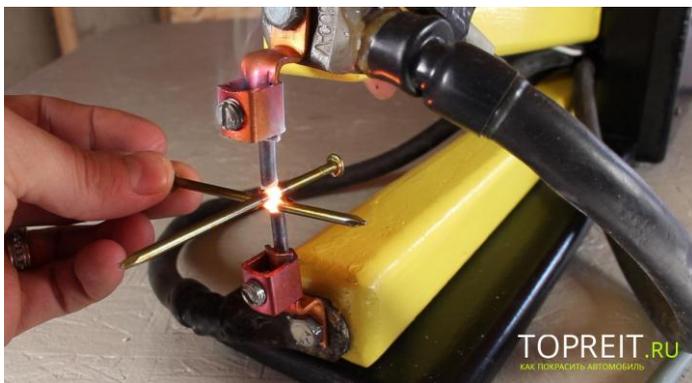


Рисунок 109 – Точечная контактная сварка (<https://topreit.ru>)

Газовая сварка. Источником тепла при газовой сварке является пламя, образующееся при сгорании газов пропана или ацетилена либо паров бензина в кислороде. Кислород нужен для увеличения температуры пламени. Пропан, ацетилен и кислород поставляются в специальных баллонах соответственно красного, белого и голубого цветов. Для получения ацетилена также используется автоген –

закрытая ёмкость, в которой происходит реакция гашения карбида кальция водой.

Наибольшее распространение получила пропаноокислородная сварка. Сварочная горелка изображена на рисунке 110.



Рисунок 110 – Сварочная горелка

Открывают вентили на баллоне с пропаном, затем на баллоне с кислородом и регулируют рабочее давление кислорода до 0,15 МПа (1,5 атм.). Открывают вентиль газа на горелке и зажигают горелку спичкой. Открывают вентиль кислорода на горелке и регулируют пропаноокислородное пламя до нормального. Если кислорода мало, пламя имеет низкую температуру; такое пламя используют для пайки. Если кислорода много, пламя имеет высокую температуру; такое пламя используют для резки.

К преимуществам газовой сварки относятся: простота способа, несложность оборудования, отсутствие источника электрической энергии.

К недостаткам газовой сварки относятся: меньшая производительность, сложность механизации, бóльшая зона нагрева и более низкие механические свойства сварных соединений, чем при дуговой сварке.

Газовую сварку используют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали толщиной 1–3 мм, сварке чугуна, алюминия, меди, латуни, наплавке твёрдых сплавов, исправлении дефектов литья и др.

Холодная сварка – технологический процесс сварки давлением с пластическим деформированием соединяемых поверхностей заготовок без дополнительного нагрева внешними источниками тепла. Этот метод сварки базируется на пластической деформации металлов в месте их соединения при сжатии и/или путём сдвига (скольжения). Сварка происходит при нормальных или

отрицательных температурах мгновенно в результате схватывания (без диффузии).

Сварка осуществляется с помощью специальных устройств, вызывающих одновременную направленную деформацию предварительно очищенных поверхностей и нарастающее напряжённое состояние, при котором образуется монолитное высокопрочное соединение.

Особенность этого вида сварки заключается в том, что процесс протекает без внешнего нагрева при комнатной или более низкой температуре путем пластического деформирования соединяемых материалов (рисунок 111).

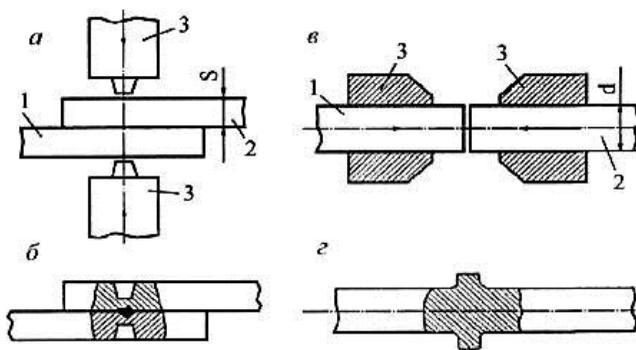


Рисунок 111 – Схемы холодной сварки: а, б – точечной; в, г – стыковой; 1, 2 – свариваемые детали; 3 – пуансоны; а, в – положение перед сваркой; б, г – после сварки

При этом соединяемые детали по поверхности соприкосновения за счет большой пластической деформации доводят до сближения на расстояние действия межатомных связей. Течение металла приводит к разрушению поверхностных плёнок и выносу их в грат. Несмотря на это, необходима тщательная подготовка свариваемых кромок – обезжиривание и очистка.

Качество сварного соединения определяется исходным физико-химическим состоянием контактных поверхностей, давлением (усилием сжатия) и степенью деформации при сварке. Оно также зависит от схемы деформации и способа приложения давления (статического, вибрационного). Холодной сваркой можно соединять, например, алюминий, медь, свинец, цинк, никель, серебро, кадмий,

железо. Особенно велико преимущество холодной сварки перед другими способами сварки при соединении разнородных металлов, чувствительных к нагреву или образующих интерметаллиды.

Термитной сваркой сваривают встык и по торцам алюминиевые жилы сечением от 16 до 240 мм². Термитный патрон состоит из стального кокиля (формочки), вокруг которого расположен муфель, прессованный из термитной смеси. Сварка происходит за счет тепла, выделяемого при сгорании муфеля. При этом материал жил расплавляется и заполняет кокиль, туда же сплавляют заранее подготовленные присадочные прутки. Для того чтобы расплавленный алюминий не прилипал к кокилю, он изнутри покрывается кокильной краской или мелом, разведённым в воде до состояния густой сметаны; слой покрытия просушивают до начала сварки. В комплекте с термитными патронами поставляются специальные термитные спички для зажигания и алюминиевые колпачки, которые также расплавляются в процессе сварки.

Для удаления с поверхности алюминиевых жил оксидной плёнки применяют флюс ВАМИ. Он представляет собой смесь трех составляющих: хлористого калия (50 %), хлористого натрия (30 %) и криолита К-1 (20 %). Температура плавления флюса – 630 °С. Химическая промышленность выпускает флюс в виде порошка, расфасованного в герметически закрытые банки. При отсутствии готового флюса его приготавливают из растёртых и просеянных через сито компонентов в указанной выше пропорции. Порошок флюса перед употреблением разводят водой до консистенции густой сметаны (100 частей флюса на 30–40 частей воды по массе). Перед сваркой флюс наносят волосяной кисточкой тонким слоем на поверхность алюминиевых жил. Нанесение флюса толстым слоем не способствует улучшению качества соединения.

Термитную сварку применяют также для соединения стальных проводов сетей заземления. При этом используют алюминиевый термит в виде порошкообразной смеси стальной окалины 79 % и алюминиевого порошка 21 % по массе. Размер зёрен смеси должен быть от 0,1 до 1,5 мм. Для сварки полос и стержней заземления применяют песчаные формы. Формы изготавливают из кварцевого песка (100 частей по массе) и пудльвербакелита (6 частей по массе) и затем запекают в специальной установке. Перед сваркой термитную порошковую смесь засыпают в форму, установленную на месте

соединения, тщательно уплотняют и воспламеняют термитной спичкой.

Сварка электроконтактным разогревом широко применяется при соединении алюминиевых жил проводов и кабелей. В зависимости от сечения соединяемых жил применяют несколько разновидностей этого способа сварки, при которых используют угольные электроды различной формы и понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 9–12 В. При сварке применяют флюс ВАМИ.