

Евгений Максимович Костенко

**Сварочные работы:
Практическое пособие для
электрогазосварщика**

Книга написана по программным материалам подготовки рабочих в профтехучилищах, учебно-курсовых комбинатах и на производстве. Она содержит общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах, электрической сварке плавлением, газовой сварке плавлением, газовой сварке и резке. Кратко описано устройство, оборудование и аппаратура для дуговой и газовой сварки, наплавки и резки, рассмотрены приемы выполнения различных сварных швов, вопросы контроля качества сварных соединений. Приводятся сведения о перспективных видах сварки. Для сварщиков, мастеров и инженерно-технического персонала.

Евгений Максимович Костенко

Введение

Раздел первый

Глава 1

1. Общие сведения об основных видах сварки
2. Классификация сварки плавлением
3. Сущность основных способов сварки плавлением

Глава 2

1. Основные типы сварных соединений
2. Классификация и обозначение сварных швов
3. Конструктивные элементы сварных соединений

Глава 3

1. Углеродистые стали
2. Легированные стали

Раздел второй

Глава 1

1. Сварочная дуга и сущность протекающих в ней процессов
2. Условия зажигания и устойчивого горения дуги
3. Перенос металла через дугу
4. Особенности металлургических процессов при сварке, влияние кислорода, азота и водорода, содержащихся в воздухе, на металл шва
5. Металлургические процессы при сварке под флюсом и в защитных газах
6. Тепловые процессы при электрической сварке плавлением
7. Формирование и кристаллизация металла шва, строение зоны термического влияния
8. Старение и коррозия металла сварных соединений
9. Классификация напряжений и деформаций

Глава 2

1. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки
2. Основные требования безопасности труда при ручной дуговой сварке
3. Общие сведения об источниках питания
4. Трансформаторы для ручной дуговой сварки

5. Сварочные выпрямители
6. Источники со звеном повышенной частоты

Глава 3

1. Общие сведения о сварочных аппаратах
2. Полуавтоматы для дуговой сварки и их основные узлы
3. Автоматы для сварки плавящимся электродом

Глава 4

1. Электродные материалы
2. Флюсы для дуговой и электрошлаковой сварки
3. Газы, применяемые при электрической сварке плавлением
4. Условия хранения и транспортировки сварочных Материалов

Глава 5

1. Подготовка металла под сварку
2. Сборка изделий под сварку
3. Выбор режимов при ручной дуговой сварке
4. Способы выполнения швов по длине и сечению
5. Особенности выполнения сварных швов в положениях, отличных от нижнего. Способы повышения производительности сварки
6. Наплавка

Глава 6

1. Некоторые особенности сварки и влияние параметров режима на формирование шва
2. Технология выполнения сварных соединений

Глава 7

1. Некоторые особенности электрошлаковой сварки
2. Типы сварных соединений и виды сварных швов, характерных для ЭШС

Глава 8

1. Технологические особенности сварки в среде защитных газов и их смесях
2. Технологические особенности процесса сварки в углекислом газе
3. Сварка цветных металлов

Глава 9

1. Технология сварки чугуна и ее особенности
2. Холодная сварка чугуна
3. Горячая сварка чугуна

Раздел третий

Глава 1

Глава 2

1. Газы, применяемые при сварке и резке
2. Сварочная проволока и флюсы

Глава 3

1. Ацетиленовые генераторы, предохранительные затворы и клапаны
2. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов
3. Редукторы, газораспределительные рампы, рукава (шланги), трубопроводы
4. Сварочные горелки

Глава 4

1. Состав сварочного пламени
2. Способы ручной газовой сварки
3. Термическая обработка и правка изделий после сварки
4. Особенности сварки труб

Глава 5

1. Сварка сталей
2. Сварка меди и ее сплавов
3. Сварка алюминия и его сплавов
4. Пайка мягкими и твердыми припоями

Глава 6

1. Сущность и основные условия резки
2. Резаки для ручной резки

Глава 7

1. Правила обращения с оборудованием и аппаратурой
2. Противопожарные мероприятия

Раздел четвертый

Глава 1

Глава 2

Список литературы

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАРКЕ, СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ И ШВАХ

Глава 1

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ СВАРКИ

1. Общие сведения об основных видах сварки

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагревании или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого (в соответствии с существующими стандартами). Различают два основных наиболее распространенных вида сварки: сварку плавлением и сварку давлением. Сущность сварки плавлением состоит в том, что металл по кромкам свариваемых частей оплавляется под действием теплоты источника нагрева. Источником нагрева могут быть электрическая дуга, газовое пламя, расплавленный шлак, плазма, энергия лазерного луча. При всех видах сварки плавлением образующийся жидкий металл одной кромки соединяется и перемешивается с жидким металлом другой кромки, создается общий объем жидкого металла, который называется сварочной ванной. После затвердевания металла сварочной ванны получается сварной шов. Сущность сварки давлением состоит в пластическом деформировании металла по кромкам свариваемых частей путем их сжатия под нагрузкой при температуре ниже температуры плавления. Сварной шов получается в результате пластической деформации. Сваркой давлением хорошо свариваются только пластические металлы: медь, алюминий, свинец и др. (холодная сварка). Среди большого разнообразия различных видов сварки плавлением ведущее место занимает дуговая сварка, при которой источником теплоты является электрическая дуга. В 1802 г. русский ученый В. В. Петров открыл явление электрического дугового разряда и указал на возможность использования его для расплавления металлов. Своим открытием Петров положил начало развитию новых отраслей технических знаний и науки, получивших в дальнейшем практическое применение в электродуговом освещении, а затем при электрическом нагреве, плавке и сварке металлов. В 1882 г. ученый-инженер Н. Н.

Бенардос, работая над созданием крупных аккумуляторных батарей, открыл способ электродуговой сварки металлов неплавящимся угольным электродом. Им был разработан способ дуговой сварки в защитном газе и дуговая резка металлов.

Ученый-инженер Н. Г. Славянов в 1888 г. предложил производить сварку плавящимся металлическим электродом. С именем Славянова связано развитие металлургических основ электрической дуговой сварки, создание первого автоматического регулятора длины дуги и первого сварочного генератора. Им были предложены флюсы для получения высококачественного металла сварных швов. (В Московском политехническом музее имеется подлинный сварочный генератор Славянова и экспонируются образцы сварных соединений.) В 1924—1935 гг. применяли в основном ручную сварку электродами с тонкими ионизирующими (меловыми) покрытиями. В эти годы под руководством академика В. П. Вологодина были изготовлены первые отечественные котлы и корпуса нескольких судов. С 1935—1939 гг. стали применяться толстопокрывые электроды. Для электродных стержней использовали легированную сталь, что позволило использовать сварку для изготовления промышленного оборудования и строительных конструкций. В процессе развития сварочного производства, под руководством Е. О. Патона (1870—1953), была разработана технология сварки под флюсом. Сварка под флюсом позволила увеличить производительность процесса в 5—10 раз, обеспечить хорошее качество сварного соединения за счет увеличения мощности сварочной дуги и надежной защиты расплавленного металла от окружающего воздуха, механизировать и усовершенствовать технологию производства сварных конструкций. В начале 50-х годов Институтом электросварки им. Е. О. Патона была разработана электрошлаковая сварка, что позволило заменить литые и кованные крупногабаритные детали сварными; заготовки стали более транспортабельными и удобными при сборке-монтаже. Промышленное применение с 1948 г. получили способы дуговой сварки в инертных защитных газах: ручная – неплавящимся электродом, механизированная и автоматическая – неплавящимся и

плавящимся электродом. В 1950—1952 гг. в ЦНИИТмаше при участии МВТУ и ИЭС им. Е. О. Патона была разработана сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде углекислого газа – процесс высокопроизводительный и обеспечивающий хорошее качество сварных соединений. Сварка в среде углекислого газа составляет около 30 % объема всех сварочных работ в нашей стране. Разработкой этого способа сварки руководил доктор наук, профессор К. Ф. Любавский. В эти же годы французскими учеными был разработан новый вид электрической сварки плавлением, получивший название электроннолучевой сварки. Этот способ сварки применяется и в нашей промышленности. Впервые в открытом космосе была осуществлена автоматическая сварка и резка в 1969 г. космонавтами В. Кубасовым и Г. Шониным. Продолжая эти работы, в 1984 г. космонавты С. Савицкая и В. Джанибеков провели в открытом космосе ручную сварку, резку и пайку различных металлов. К сварке плавлением относится также газовая сварка, при которой для нагрева используется тепло пламени смеси газов, сжигаемой с помощью горелки (в соответствии с существующими стандартами). Способ газовой сварки был разработан в конце прошлого столетия, когда началось промышленное производство кислорода, водорода и ацетилена. В этот период газовая сварка являлась основным способом сварки металлов и обеспечивала получение наиболее прочных соединений. Наибольшее распространение получила газовая сварка с применением ацетилена. С развитием сети железных дорог и вагоностроения газовая сварка не могла обеспечить получение конструкций повышенной надежности. Больше распространение получает дуговая сварка. С созданием и внедрением в производство высококачественных электродов для ручной дуговой сварки, а также разработкой различных методов автоматической и механизированной дуговой сварки под флюсом и в среде защитных газов, контактной сварки газовая сварка вытеснялась из многих производств. Тем не менее, газовая сварка применяется во многих отраслях промышленности при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали, сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни и других цветных

металлов и их сплавов; наплавочных работах. Разновидностью газопламенной обработки является газотермическая резка, которая широко применяется при выполнении заготовительных операций при раскрое металла. К сварке с применением давления относится контактная сварка, при которой используется также тепло, выделяющееся в контакте свариваемых частей при прохождении электрического тока. Различают точечную, стыковую, шовную и рельефную контактную сварку. Основные способы контактной сварки разработаны в конце прошлого столетия. В 1887 г. Н. Н. Бенардос получил патент на способы точечной и шовной контактной сварки между угольными электродами. Позднее эти способы контактной сварки, усовершенствованные применением электродов из меди и ее сплавов, стали наиболее распространенными. Контактная сварка занимает ведущее место среди механизированных способов сварки. В автомобилестроении контактная точечная сварка является основным способом соединения тонколистовых штампованных конструкций. Кузов современного легкового автомобиля сварен более чем в 10 000 точек. Современный авиалайнер имеет несколько миллионов сварных точек. Стыковой сваркой сваривают стыки железнодорожных рельсов, стыки магистральных трубопроводов.

Шовная сварка применяется при изготовлении бензобаков. Рельефная сварка является наиболее высокопроизводительным способом сварки арматуры для строительных железобетонных конструкций. Особенность контактной сварки – высокая скорость нагрева и получение сварного шва. Это создает условия применения высокопроизводительных поточных и автоматических линий сборки узлов автомобилей, отопительных радиаторов, элементов приборов и радиосхем.

Контрольные вопросы:

1. Что называется сваркой и какие основные два вида сварки вы знаете?

2. Расскажите о сущности сварки плавлением и сварки давлением.
3. Расскажите о новых видах сварки.
4. Что вы знаете о применении газовой сварки?
5. Что вы знаете о контактной сварке и ее достоинствах?

2. Классификация сварки плавлением

Сварку плавлением в зависимости от различных способов, характера источников нагрева и расплавления свариваемых кромок деталей можно условно разделить на следующие основные виды: электрическая дуговая, где источником тепла является электрическая дуга; электрошлаковая сварка, где основным источником теплоты является расплавленный шлак, через который протекает электрический ток; электронно-лучевая, при которой нагрев и расплавление металла производится потоком электронов; лазерная, при которой нагрев и расплавление металла происходит сфокусированным мощным лучом микрочастиц – фотонов; газовая, при которой нагрев и расплавление металла происходит за счет тепла пламени газовой горелки. Более подробную классификацию можно провести и по другим характеристикам, выделив сварку плавящимся и неплавящимся электродом, дугой прямого и косвенного действия; открытой дугой, под флюсом, в среде защитного газа, дуговой плазмой. Классификация дуговой сварки производится также в зависимости от степени механизации процесса сварки, рода и полярности тока и т. д. По степени механизации различают сварку ручную, механизированную (полуавтоматом) и автоматическую. Каждый из видов сварки в соответствии с этой классификацией характеризуется своим способом зажигания и поддержания определенной длины дуги; манипуляцией электродом для придания свариваемому шву нужной формы; способом перемещения дуги по линии наложения шва и прекращения процесса сварки. При ручной сварке указанные операции выполняются рабочим–сварщиком вручную без применения механизмов (рис. 1). При сварке на полуавтомате плавящимся электродом механизированы операции по подаче электродной проволоки в сварочную зону, а остальные операции процесса сварки осуществляются сварщиком вручную (рис. 2). При автоматической сварке механизированы операции по возбуждению дуги и перемещению ее по линии наложения шва с одновременным поддержанием определенной длины дуги (рис. 3). Автоматическая сварка плавящимся электродом производится, как

правило, сварочной проволокой диаметром 1—6 мм; при этом режимы сварки (сварочный ток, напряжение дуги, скорость перемещения дуги и др.) более стабильны. Этим обеспечивается качество сварного шва по его длине, однако требуется более тщательная подготовка к сборке деталей под сварку.

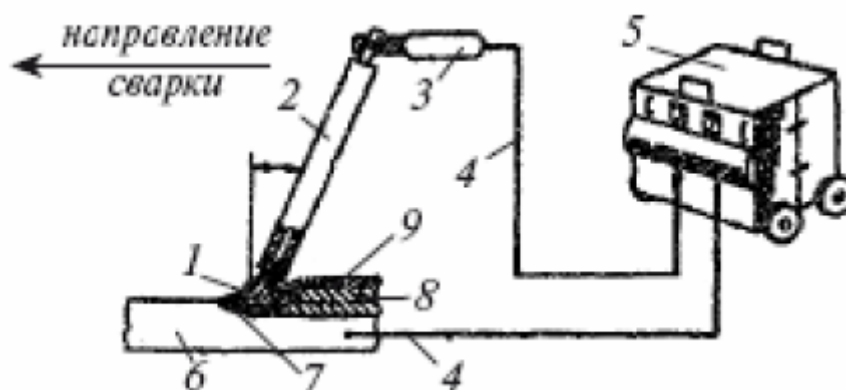


Рис. 1. Схема ручной сварки покрытым электродом: 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель; 4 – сварочные провода; 5 – источник питания (сварочный трансформатор или выпрямитель); 6 – свариваемая деталь, 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка

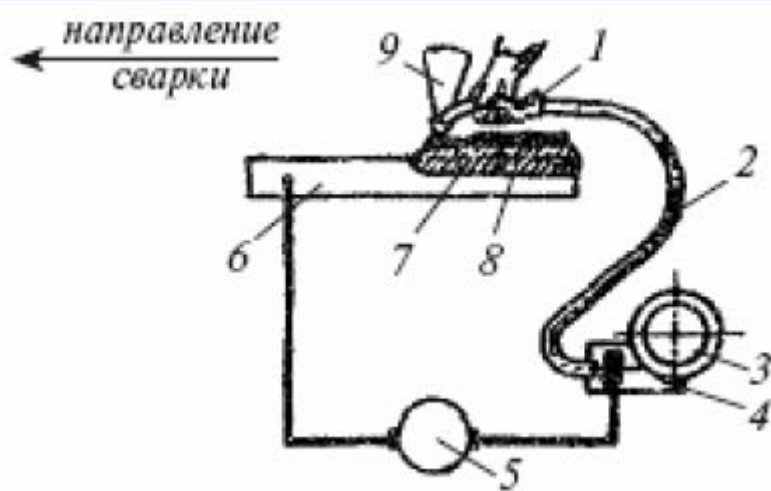


Рис. 2. Схема механизированной (полуавтоматом) сварки под слоем флюса: 1 – держатель; 2 – гибкий шланг, 3 – кассета со сварочной проволокой; 4 – подающий механизм; 5 – источник питания (выпрямитель), 6 – свариваемая деталь; 7 – сварной шов; 8 – шлаковая корка; 9 – бункер для флюса

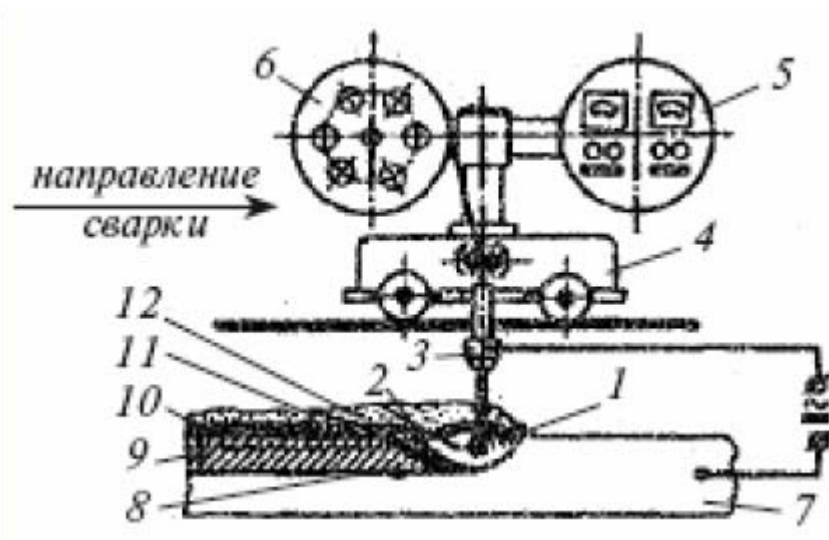


Рис. 3. Схема автоматической дуговой сварки под слоем флюса: 1 – дуга; 2 – газовый пузырь (полость); 3 – сварочная головка; 4 – тележка (сварочный трактор); 5 – пульт управления; 6 – кассета со сварочной проволокой; 7 – свариваемая деталь; 8 – сварочная ванна; 9 – сварной шов; 10 – шлаковая корка; 11 – расплавленный флюс; 12 – нерасплавленный флюс

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные виды сварки плавлением.
2. Что вы знаете о механизированных способах сварки?
3. Каковы особенности автоматической сварки?

3. Сущность основных способов сварки плавлением

При электрической дуговой сварке энергия, необходимая для образования и поддержания дуги, поступает от источников питания постоянного или переменного тока. В процессе электрической дуговой сварки основная часть теплоты, необходимая для нагрева и плавления металла, получается за счет дугового разряда (дуги), возникающего между свариваемым металлом и электродом. При сварке плавящимся электродом под воздействием теплоты дуги кромки свариваемых деталей и торец (конец) плавящегося электрода расплавляются и образуется сварочная ванна. При затвердевании расплавленного металла образуется сварной шов. В этом случае сварной шов получается за счет основного металла и металла электрода. К плавящимся электродам относятся стальные, медные, алюминиевые; к неплавящимся – угольные, графитовые и вольфрамовые. При сварке неплавящимся электродом сварной шов получается только за счет расплавления основного металла и металла присадочного прутка. При горении дуги и плавлении свариваемого и электродного металлов необходима защита сварочной ванны от воздействия атмосферных газов – кислорода, азота и водорода, так как они могут проникать в жидкий металл и ухудшать качество металла шва. По способу защиты сварочной ванны, самой дуги и конца нагреваемого электрода от воздействия атмосферных газов дуговая сварка разделяется на следующие виды: сварка покрытыми электродами, в защитном газе, под флюсом, самозащитной порошковой проволокой и со смешанной защитой. Покрытый электрод представляет собой металлический стержень с нанесенной на его поверхность обмазкой. Сварка покрытыми электродами улучшает качество металла шва. Защита металла от воздействия атмосферных газов осуществляется за счет шлака и газов, образующихся при плавлении покрытия (обмазки). Покрытые электроды применяются для ручной дуговой сварки, в процессе которой необходимо подавать электрод в зону горения дуги по мере его расплавления и одновременно перемещать дугу по изделию с целью формирования шва (см. рис. 1). При сварке под флюсом сварочная проволока и флюс одновременно подаются в зону

горения дуги, под воздействием теплоты которой плавятся кромки основного металла, электродная проволока и часть флюса. Вокруг дуги образуется газовый пузырь, заполненный парами металла и материалов флюса. По мере перемещения дуги расплавленный флюс всплывает на поверхность сварочной ванны, образуя шлак. Расплавленный флюс защищает зону горения дуги от воздействия атмосферных газов и значительно улучшает качество металла шва. Сварка под слоем флюса применяется для соединения средних и больших толщин металла на полуавтоматах и автоматах (см. рис. 3). Сварку в среде защитных газов выполняют как плавящимся электродом, так и неплавящимся с подачей в зону горения дуги присадочного металла для формирования сварного шва. Сварка может быть ручной, механизированной (полуавтоматом и автоматической). В качестве защитных газов применяют углекислый газ, аргон, гелий, иногда азот для сварки меди. Чаще применяются смеси газов: аргон + кислород, аргон + гелий, аргон + углекислый газ + кислород и др. В процессе сварки защитные газы подаются в зону горения дуги через сварочную головку и оттесняют атмосферные газы от сварочной ванны (рис. 4). При электрошлаковой сварке тепло, идущее на расплавление металла изделия и электрода, выделяется под воздействием электрического тока, проходящего через шлак. Сварка осуществляется, как правило, при вертикальном расположении свариваемых деталей и с принудительным формированием металла шва (рис. 5). Свариваемые детали собираются с зазором. Для предотвращения вытекания жидкого металла из пространства зазора и формирования сварного шва по обе стороны зазора к свариваемым деталям прижимаются охлаждаемые водой медные пластины или ползуны. По мере охлаждения и формирования шва ползуны перемещаются снизу вверх.

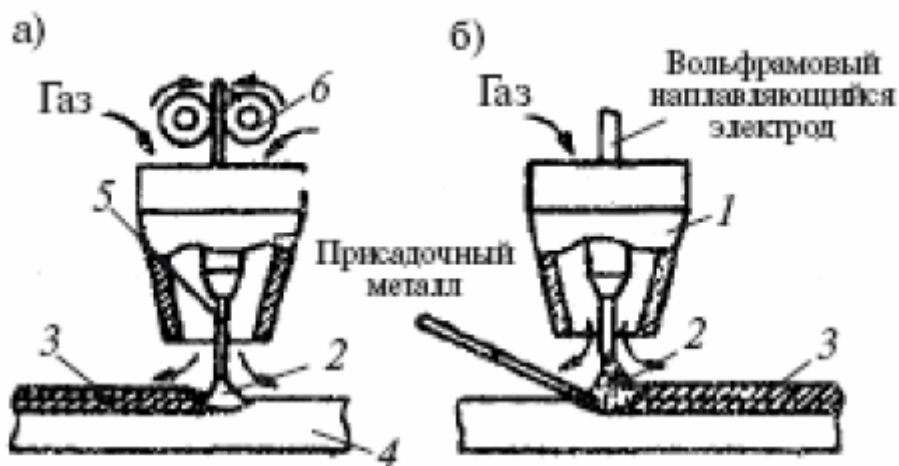


Рис. 4. Схема сварки в среде защитных газов плавящимся (а) и неплавящимся (б) электродом. 1 – сопло сварочной головки; 2 – сварочная дуга; 3 – сварной шов; 4 – свариваемая деталь; 5 – сварочная проволока (плавящийся электрод); 6 – подающий механизм

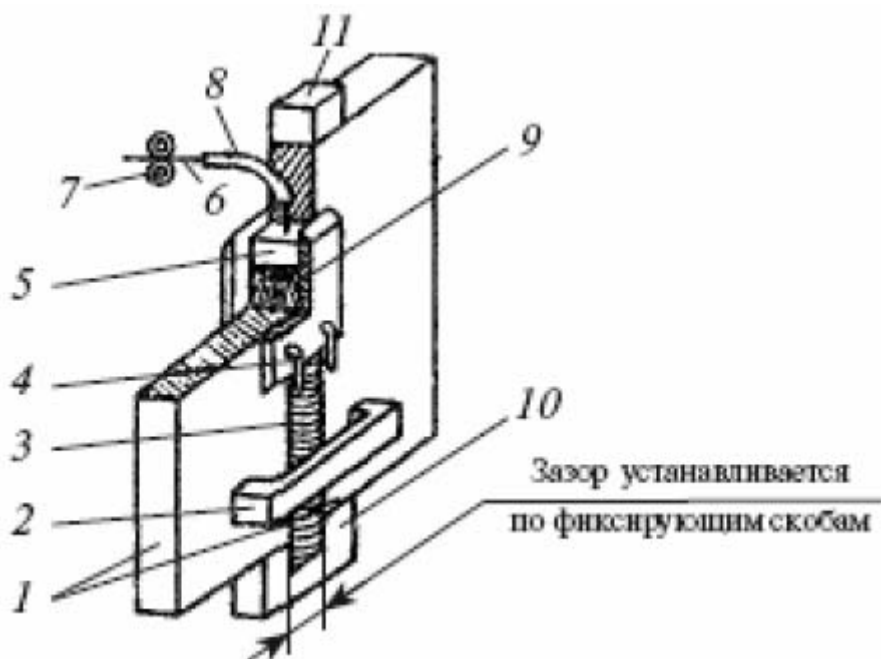


Рис. 5. Схема электрошлаковой сварки: 1 – свариваемые детали; 2 – фиксирующие скобы; 3 – сварной шов; 4 – медные ползуны (пластины); 5 – шлаковая ванна; 6 – сварочная проволока; 7 – подающий механизм; 8 – токоподводящий направляющий мундштук; 9 – металлическая ванна; 10 – карман – полость для формирования начала шва, 11 – выводные планки

Обычно электрошлаковую сварку применяют для соединения деталей кожухов доменных печей, турбин и других изделий толщиной от

50 мм до нескольких метров. Электрошлаковый процесс применяют также для переплава стали из отходов и получения отливок. Электронно-лучевая сварка производится в специальной камере в глубоком вакууме (до $13 \cdot 10^{-5}$ Па). Энергия, необходимая для нагрева и плавления металла, получается в результате интенсивной бомбардировки места сварки быстро движущимися в вакуумном пространстве электронами. Вольфрамовый или металлокерамический катод излучает поток электронов под воздействием тока низкого напряжения. Поток электронов фокусируется в узкий луч и направляется на место сварки деталей. Для ускорения движения электронов к катоду и аноду подводится постоянное напряжение до 100 кВ. Электронно-лучевая сварка широко применяется при сварке тугоплавких металлов, химически активных металлов, для получения узких и глубоких швов с высокой скоростью сварки и малыми остаточными деформациями (рис. 6). Лазерная сварка – эта сварка плавлением, при которой для нагрева используется энергия излучения лазера. Термин «лазер» получил свое название по первым буквам английской фразы, которая в переводе означает: «усиление света посредством стимулированного излучения». Современные промышленные лазеры и системы обработки материалов показали существенные преимущества лазерной технологии во многих специальных отраслях машиностроения. Промышленные CO₂-лазеры и твердотельные снабжены микропроцессорной системой управления и применяются для сварки, резки, наплавки, поверхностной обработки, прошивки отверстий и других видов лазерной обработки различных конструкционных материалов. С помощью CO₂-лазера производится резка как металлических материалов, так и неметаллических: слоистых пластиков, стеклотекстолита, гетинакса и др. Лазерная сварка и резка обеспечивают высокие показатели качества и производительности.

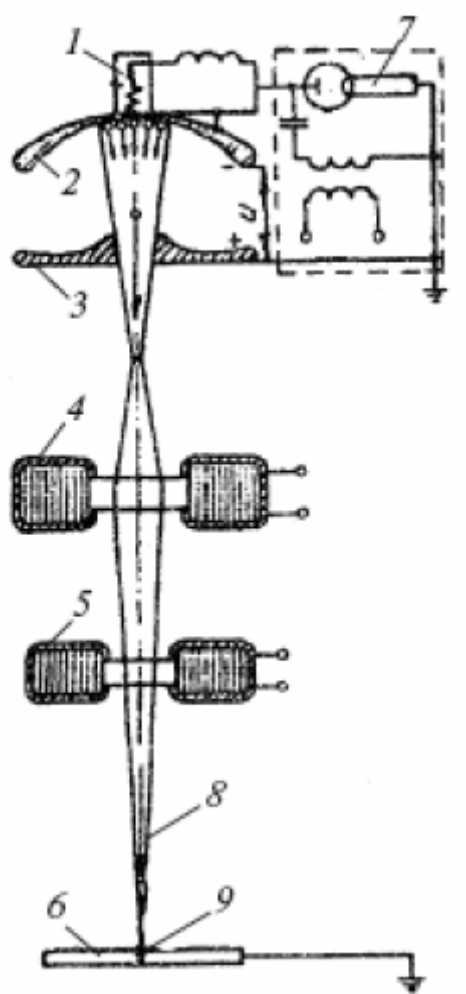


Рис. 6. Схема формирования пучка электронов при электронно—лучевой сварке: 1 – катодная спираль; 2 – фокусирующая головка; 3 – первый анод с отверстием; 4 – фокусирующая магнитная катушка для регулирования диаметра пятна нагрева на детали; 5 – магнитная система отклонения пучка; 6 – свариваемая деталь (анод); 7 – высоковольтный источник постоянного тока; 8 – сфокусированный пучок электронов; 9 – сварной шов

Контрольные вопросы:

1. Что такое сварочная ванна?
2. Из чего состоит металл сварного шва при сварке плавящимся и неплавящимся электродами?
3. Какие функции выполняют плавящиеся и неплавящиеся электроды?
4. Для чего необходима защита сварочной ванны, дуги и конца нагретого электрода?

5. На какие виды подразделяется электрическая сварка плавлением по способу защиты?
6. Расскажите, в чем сущность сварки покрытыми электродами?
7. За счет чего осуществляется защита зоны горения дуги при сварке под слоем флюса?
8. В чем сущность сварки в защитных газах?
9. Кратко охарактеризуйте электрошлаковую сварку.
10. Каковы достоинства электронно-лучевой и лазерной сварки?

Глава 2

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ШВЫ

1. Основные типы сварных соединений

Сварным соединением называется неразъемное соединение деталей, выполненное сваркой. В металлических конструкциях встречаются следующие основные типы сварных соединений: стыковые, нахлесточные, тавровые, угловые и торцовые (рис. 7). Стыковое – это сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями. Нахлесточное – сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга.

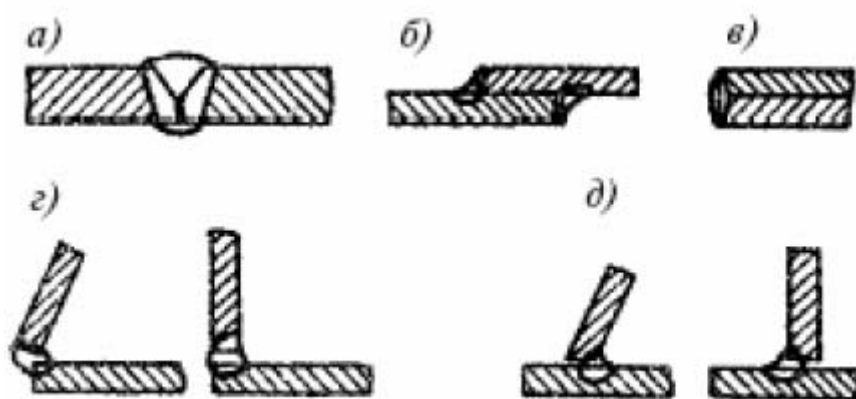


Рис. 7. Сварные соединения: а – стыковое; б – нахлесточное; в – торцовое; г – угловое; д – тавровое

Тавровое – сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента. Угловое – сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев. Торцовое – сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу.

Контрольные вопросы:

1. Какое сварное соединение называется стыковым?
2. Чем отличается стыковое соединение от нахлесточного?
3. Какое сварное соединение называется тавровым?
4. Чем отличается угловое соединение от торцового?

2. Классификация и обозначение сварных швов

Сварной шов – это участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или в результате пластической деформации при сварке давлением, или сочетания кристаллизации и деформации. Сварные швы могут быть стыковыми и угловыми. Стыковой – это сварной шов стыкового соединения. Угловой – это сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединений. Сварные швы подразделяются также по положению в пространстве (в соответствии с существующими стандартами): нижнее – Нив лодочку – Л, полугоризонтальные – Пг, горизонтальные – Г, полувертикальные – Пв, вертикальные – В, полупотолочные – Пп, потолочные – П (рис. 8). По протяженности швы различают сплошные (непрерывные) и прерывистые. Прерывистые швы могут быть цепными или шахматными (рис. 9, а).

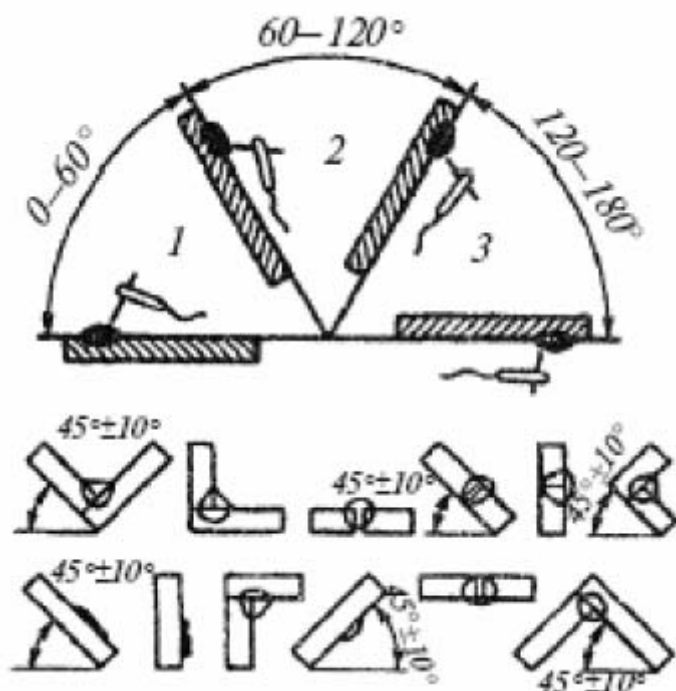


Рис. 8. Основные положения сварки и их обозначения: 1 – нижнее; 2 – вертикальное или горизонтальное на вертикальной поверхности; 3 – потолочное

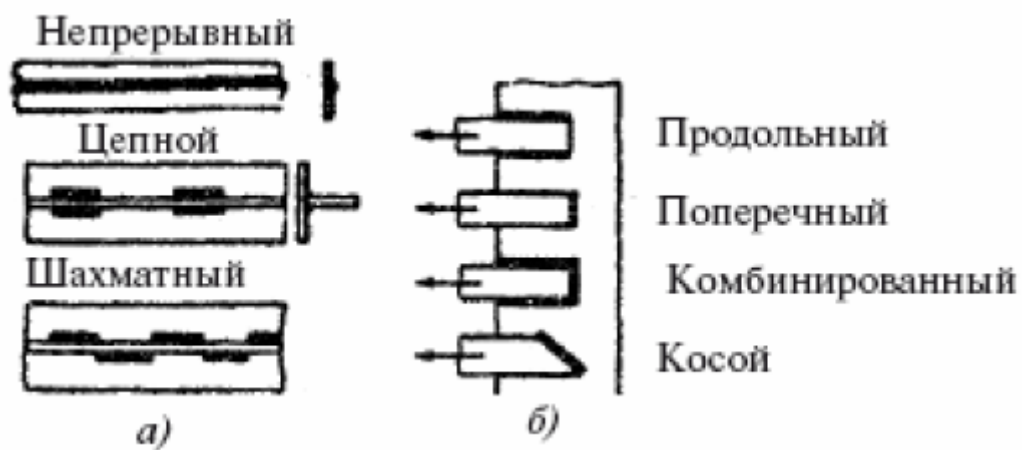


Рис. 9. Классификация сварных швов: а – по протяженности; б – по отношению к направлению действующих усилий

По отношению к направлению действующих усилий швы подразделяются на продольные, поперечные, комбинированные и косые (рис. 9, б). По форме наружной поверхности стыковые швы могут быть выполнены нормальными (плоскими), выпуклыми или вогнутыми (рис. 10). Соединения, образованные выпуклыми швами, лучше работают при статических нагрузках. Однако чрезмерный наплыв приводит к лишнему расходу электродного металла и поэтому выпуклые швы неэкономичны. Плоские и вогнутые швы лучше работают при динамических и знакопеременных нагрузках, так как нет резкого перехода от основного металла к сварному шву. В противном случае создается концентрация напряжений, от которых может начаться разрушение сварного соединения.

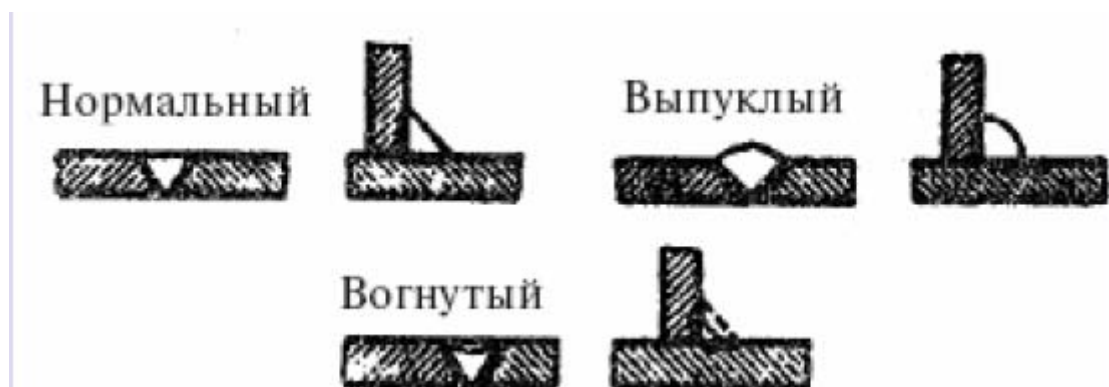


Рис. 10. Классификация сварных швов по форме наружной поверхности

По условиям работы сварного узла в процессе эксплуатации изделия сварные швы подразделяются на рабочие, которые

непосредственно воспринимают нагрузки, и соединительные (связующие), предназначенные только для скрепления частей или деталей изделия. Связующие швы чаще называют нерабочими швами. При изготовлении ответственных изделий выпуклость на рабочих швах снимают пневматическими бормашинами, специальными фрезами или пламенем аргодуговой горелки (выглаживание). Основные типы, конструктивные элементы, размеры и условия обозначения швов сварных соединений, выполненных наиболее распространенными способами сварки, регламентированы стандартами. В этих стандартах типы швов сварных соединений определяются видом сварного соединения, формой подготовленных кромок и типом выполненного шва. Независимо от способа сварки условно изображают видимый шов сплошной основной линией, а невидимый – штриховой линией. В стандартах принято буквенно-цифровое условное обозначение швов сварных соединений. Буквенная часть указывает на вид сварного соединения: С – стыковое, У – угловое, Т – тавровое, Н – нахлесточное. Цифры являются порядковым номером типа шва в данном конкретном стандарте. Условные обозначения основных способов сварки следующие: Р – ручная дуговая сварка (штучным электродом); Эл – электронно-лучевая сварка; Ф – дуговая сварка под слоем флюса; ПЛ – плазменная и микроплазменная сварка; УП – сварка в активном газе (или смеси активного и инертного газов, плавящимся электродом); ИП – сварка в инертном газе плавящимся электродом; ИН – сварка в инертном газе неплавящимся электродом; Г – газовая сварка.

Контрольные вопросы:

1. Что называется сварным швом?
2. Какие разновидности сварных швов вы знаете?
3. К каким соединениям применим угловой шов?
4. Как подразделяются сварные швы по положению в пространстве?
5. Как подразделяются сварные швы по отношению к направлению действующих усилий?

6. Как классифицируются сварные швы по форме наружной поверхности? Для чего устанавливаются условные изображения и обозначения швов сварных соединений на чертежах?

7. Какими буквами обозначаются основные виды сварного соединения?

8. Приведите примеры условного обозначения способов сварки.

3. Конструктивные элементы сварных соединений

Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют три основных конструктивных элемента: зазор, притупление кромок и угол скоса кромки (рис. 11). Тип и угол разделки кромок; определяют количество необходимого электродного металла для заполнения разделки, а значит, и производительность сварки. Х-образная разделка кромок, по сравнению с V-образной, позволяет уменьшить объем наплавленного металла в 1,6—1,7 раза. Кроме того, такая разделка обеспечивает меньшую величину деформаций после сварки. При Х-образной и V-образной разделке кромок притупляют для правильного формирования шва и предотвращения образования прожогов.

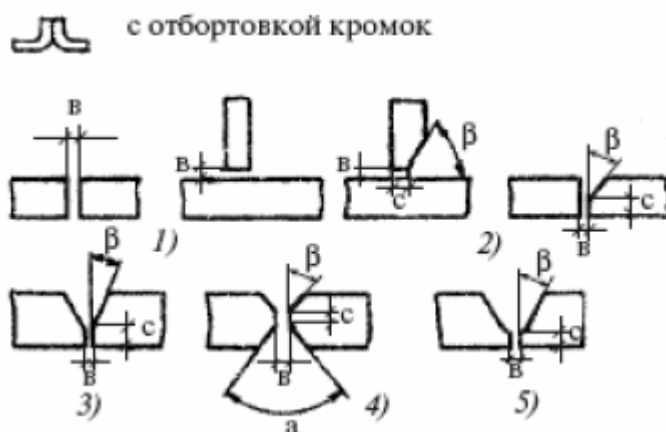


Рис. 11. Конструктивные элементы разделки кромок под сварку: а – угол разделки кромок; в – зазор; с – притупление; р – угол скоса кромок; 1 – без разделки кромок; 2 – с разделкой кромок одной детали; 3 – V-образная разделка; 4 – X-образная разделка; 5 – U-образная разделка

Зазор при сборке под сварку определяется толщиной свариваемых металлов, маркой материала, способом сварки, формой подготовки кромок и др. Например, минимальную величину зазора назначают при сварке без присадочного металла небольших толщин (до 2 мм) или при дуговой сварке неплавящимся электродом алюминиевых сплавов. При сварке плавящимся электродом зазор обычно составляет 0—5 мм, увеличение зазора способствует более глубокому проплавлению металла.

Шов сварного соединения характеризуется основными конструктивными элементами в соответствии со существующими стандартами (рис. 12).

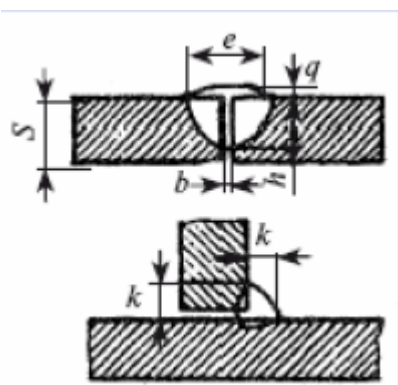


Рис. 12. Основные геометрические параметры сварных швов: e – ширина; q – выпуклость; h – глубина провара; b – зазор; k – катет; S – толщина детали

Контрольные вопросы:

1. Какие конструктивные элементы характеризуют форму разделки кромок?
2. Какие формы разделки кромок вы знаете? Что обозначают V-, X- и U-образные виды разделки кромок? Какую роль выполняет зазор при сборке под сварку? Что такое притупление кромок и для чего оно делается? Расскажите о конструктивных элементах сварного шва.

Глава 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАЛЯХ И ИХ СВАРИВАЕМОСТИ

1. Углеродистые стали

Стали подразделяются на углеродистые и легированные. По назначению различают стали конструкционные с содержанием углерода в сотых долях процента и инструментальные с содержанием углерода в десятых долях процента. Наибольший объем сварочных работ связан с использованием низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Основным элементом в углеродистых конструкционных сталях является углерод, который определяет механические свойства сталей этой группы. Углеродистые стали выплавляют обыкновенного качества и качественные. Стали углеродистые обыкновенного качества подразделяются на три группы: группа А – по механическим свойствам; группа Б – по химическому составу; группа В – по механическим свойствам и химическому составу. Изготавливают стали следующих марок: группа А – Ст 0, Ст 1, Ст 2, Ст 3, Ст 4, Ст 5, Ст 6; группа Б – БСт 0, БСт 1, БСт 2, БСт 3, БСт 4, БСт 5, БСт 6; группа В – ВСт 0, ВСт 1, ВСт 2, ВСт 3, ВСт 4, ВСт 5. По степени раскисления сталь обыкновенного качества имеет следующее обозначение: кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная. Кипящая сталь, содержащая кремния (Si) не более 0,07 %, получается при неполном раскислении металла марганцем. Сталь характеризуется резко выраженной неравномерностью распределения вредных примесей (серы и фосфора) по толщине проката. Местная повышенная концентрация серы может привести к образованию кристаллизационных трещин в шве и околошовной зоне. Кипящая сталь склонна к старению в околошовной зоне и переходу в хрупкое состояние при отрицательных температурах. Спокойная сталь получается при раскислении марганцем, алюминием и кремнием и содержит кремния (Si) не менее 0,12 %; сера и фосфор распределены в ней более равномерно, чем в кипящей стали. Эта сталь менее склонна к старению и отличается меньшей реакцией на сварочный нагрев. Полуспокойная сталь по склонности к старению занимает промежуточное место между кипящей и спокойной сталью.

Полуспокойные стали с номерами марок 1—5 выплавляют с нормальным и повышенным содержанием марганца, примерно до 1 %. В последнем случае после номера марки ставят букву Г (например, БСтЗГпс). Стали группы А не применяются для изготовления сварных конструкций. Стали группы Б делятся на две категории. Для сталей первой категории регламентировано содержание углерода, кремния марганца и ограничено максимальное содержание серы, фосфора, азота и мышьяка; для сталей второй категории ограничено также максимальное содержание хрома, никеля и меди. Стали группы В делятся на шесть категорий. Полное обозначение стали включает марку, степень раскисления и номер категории. Например, ВСтЗГпс5 обозначает следующее: сталь группы В, марка СтЗГ, полуспокойная, 5-й категории. Состав сталей группы В такой же, как сталей соответствующих марок группы Б, 2-й категории. Стали ВСт1, ВСт2, ВСт3 всех категорий и степени раскисления выпускают с гарантированной свариваемостью. Стали БСт1, БСт2, БСт3 поставляют с гарантией свариваемости по требованию заказчика. Углеродистую качественную сталь выпускают в соответствии с существующими стандартами. Сталь имеет пониженное содержание серы. Допустимое отклонение по углероду (0,03—0,04 %). Стали с содержанием углерода до 0,20 % включительно могут быть кипящими (кп), полуспокойными (пс) и спокойными (сп). Остальные стали – только спокойные. Для последующих спокойных сталей после цифр буквы «сп» не ставят. Углеродистые качественные стали для изготовления конструкций применяют в горячекатаном состоянии и в меньшем объеме после нормализации и закалки с отпуском. Углеродистые стали в соответствии с существующими стандартами подразделяются на три подкласса: низкоуглеродистые с содержанием углерода до 0,25 %; среднеуглеродистые с содержанием углерода (0,25—0,60 %) и высокоуглеродистые с содержанием углерода более 0,60 %. В сварных конструкциях в основном применяют низкоуглеродистые стали. В сварочном производстве очень важным является понятие о свариваемости различных металлов. Свариваемостью называется способность металла или сочетания металлов образовывать

при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. По свариваемости углеродистые стали условно подразделяются на четыре группы: I – хорошо сваривающиеся, с содержанием углерода до 0,25 %; II – удовлетворительно сваривающиеся, с содержанием углерода от 0,25 до 0,35 %, т. е. для получения качественных сварных соединений деталей из этих сталей необходимо строгое соблюдение режимов сварки, специальные присадочные материалы, определенные температурные условия, а в некоторых случаях – подогрев, термообработка; III – ограниченно сваривающиеся, с содержанием углерода от 0,35 до 0,45 %, для получения качественных сварных соединений которых дополнительно необходим подогрев, предварительная или последующая термообработка; IV – плохо сваривающиеся, с содержанием углерода выше 0,45 %, т. е. сварные швы склонны к образованию трещин, свойства сварных соединений пониженные, стали этой группы обычно не применяют для изготовления сварных конструкций. Все низкоуглеродистые стали хорошо свариваются существующими способами сварки плавлением. Обеспечение равнопрочности сварного соединения не вызывает затруднений. Швы имеют удовлетворительную стойкость против образования кристаллизационных трещин. Это обусловлено низким содержанием углерода. Однако в сталях, содержащих углерод по верхнему пределу, вероятность возникновения холодных трещин повышается, особенно с ростом скорости охлаждения (повышение толщины металла, сварка при отрицательных температурах, сварка швами малого сечения и др.). В этих условиях предупреждают появление трещин путем предварительного подогрева до 120—200 °С.

2. Легированные стали

Сталь, содержащая один или несколько легирующих элементов, вводимых для придания изделию определенных физико-механических свойств, называется легированной. Содержание некоторых элементов, когда они не являются легирующими, не должно превышать: кремния (Si) – 0,5 %; марганца (Mn) – 0,8 %; хрома (Cr) 0,3 %; никеля (Ni) – 0,3

%; меди (Cu) – 0,3 %. Легированные стали подразделяют на подклассы: низко-, средне-и высоколегированные. Низколегированная сталь – это сталь, легированная одним элементом при содержании его не более 2 % (по верхнему пределу) или несколькими элементами при суммарном их содержании 3,5 % (по верхнему пределу). Среднелегированная сталь – легированная одним элементом, при содержании его не более 8 % (по верхнему пределу) или несколькими элементами при суммарном их содержании, как правило, не более 12 % (по верхнему пределу). Высоколегированная – это сталь с суммарным содержанием легирующих элементов не менее 10 % (по верхнему пределу), при содержании одного из них не менее 8 % (по нижнему пределу), при содержании железа более 45 %. Маркировка всех легированных конструкционных сталей однотипная (табл. 1). Первые две цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента, буквы являются условным обозначением легирующих элементов, цифра после буквы обозначает содержание легирующего элемента в процентах, причем содержание, равное 1 % и меньше, не ставится, буква «А» в конце марки показывает, что сталь высококачественная и имеет пониженное содержание серы и фосфора. Основными элементами, влияющими на свойства стали, являются углерод, марганец и кремний. Углерод при повышении его содержания в стали ведет к повышению прочности и твердости и уменьшению пластичности. Окисление углерода во время сварки вызывает появление большого количества газовых пор.

Таблица 1

Условное обозначение элементов химического состава в основном металле и электродной проволоке

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали		в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Nb	Б
Хром	Cr	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В	Бор	B	Р
Селен	Se	Е	Азот	N	А
Алюминий	Al	Ю	Цирконий	Zr	Ц

Марганец повышает ударную вязкость и хладноломкость стали, являясь хорошим раскислителем; способствует уменьшению содержания кислорода в стали. При содержании марганца в стали более 1,5 % свариваемость ухудшается, так как увеличивается твердость стали, образуются закалочные структуры и могут появиться трещины. Кремний вводится в сталь как раскислитель. При содержании кремния более 1 % свариваемость стали ухудшается, так как возникают тугоплавкие окислы, что ведет к появлению шлаковых включений. Сварной шов становится хрупким. Хром при значительном содержании в стали снижает ее свариваемость вследствие образования тугоплавких окислов и закалочных структур. Никель повышает прочность и пластичность шва и не ухудшает свариваемость. Алюминий – активный раскислитель стали, повышает окалиностойкость. Вольфрам повышает прочность и твердость при повышенных температурах, ухудшает свариваемость, сильно окисляется.

Ванадий затрудняет сварку, сильно окисляется, требует введения в зону плавления активных раскислителей. Медь улучшает свариваемость,

повышая прочность, ударную вязкость и коррозионную стойкость сталей. Сера приводит к образованию горячих трещин. Фосфор вызывает при сварке появление холодных трещин. Как правило, повышение уровня легирования и прочности стали приводит к ухудшению ее свариваемости. Первостепенная роль по влиянию на свойства сталей принадлежит углероду. Доля влияния каждого легирующего элемента может быть отнесена к доле влияния углерода. На этом основании о свариваемости легированных сталей можно судить по коэффициенту эквивалентности по углероду для различных элементов. Образование холодных трещин уменьшают путем выбора рационального способа и технологии сварки, предварительного подогрева, снижения содержания водорода в сварном соединении, применения отпуска после сварки. Элементами, обуславливающими возникновение горячих трещин, являются прежде всего сера, затем углерод, фосфор, кремний и др. Элементами, повышающими стойкость швов против трещин и нейтрализующими действие серы, являются марганец, кислород, титан, хром, ванадий. Предупреждение образования горячих трещин может быть достигнуто путем уменьшения количества и сосредоточения швов, выбора оптимальной формы разделки кромок, устранения излишней жесткости креплений, предварительного подогрева, применения электродного металла с более низким содержанием углерода и кремния. Низколегированные стали хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением. Получение при сварке равнопрочного сварного соединения, особенно термоупроченных сталей, вызывает некоторые трудности и требует определенных технологических приемов. В зонах, удаленных от высокотемпературной области, возникает холодная пластическая деформация. При наложении последующих слоев эти зоны становятся участками деформационного старения, приводящего к снижению пластических и повышению прочностных свойств металла и соответственно к возможному появлению холодных трещин. В сталях, содержащих углерод по верхнему пределу и повышенное количество марганца и хрома, вероятность образования холодных трещин увеличивается (особенно с ростом скорости охлаждения).

Предварительный подогрев и последующая термообработка позволяют снимать остаточные сварочные напряжения и получать необходимые механические свойства сварных соединений из низколегированных сталей. По разрезаемости легированные стали делятся на аналогичные четыре группы с соответствующим значением показателя эквивалента углерода.

Контрольные вопросы:

1. На какие группы подразделяются углеродистые стали обыкновенного качества?
2. Как подразделяются стали обыкновенного качества по степени раскисления?
3. Стали какой группы применяются для изготовления сварных конструкций и почему?
4. Что называется свариваемостью сталей?
5. На какие группы углеродистые стали подразделяются по свариваемости?
6. Охарактеризуйте III группу сталей по свариваемости.
7. Чем вызвано образование холодных трещин?
8. Чем отличаются легированные стали от углеродистых?
9. Как обозначается высококачественная легированная сталь?
10. Какие примеси в сталях считаются вредными?
11. Как влияет марганец на свойства стали?
12. Для чего вводят кремний и алюминий в состав сталей?
13. Что вызывает возникновение горячих трещин в сталях?
14. Какими мероприятиями можно предупредить образование горячих трещин в сталях?

Раздел второй

ДУГОВАЯ СВАРКА

Глава 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

1. Сварочная дуга и сущность протекающих в ней процессов

Состояние любого вещества характеризуется взаимосвязью молекул и атомов. Различают три основных состояния: твердое, жидкое и газообразное. В каждом случае расстояние между молекулами будет различным. В твердом и жидком состояниях расстояния между молекулами очень малы, этим объясняется малая сжимаемость этих веществ и общее их название – «конденсированное состояние». В газах расстояние между молекулами значительно больше, поэтому они могут сравнительно легко сжиматься под воздействием внешнего давления. Этим объясняется различие в электропроводности газов и веществ, находящихся в конденсированном состоянии. В твердых и жидких веществах крайние электроны, далеко отстоящие от ядра своих атомов, легко теряют связь с ядром и свободно перемещаются по веществу. Такие свободные электроны называются электронами проводимости и являются носителями тока в проводнике. В газах электроны притягиваются только к своим ядрам, поэтому при обычных условиях газы ток не проводят, но в электрической дуге газы ионизируются и приобретают электропроводность. Сварочной дугой называют разряд электрического тока в газовой среде между находящимися под напряжением твердыми или жидкими проводниками (электродами), который является концентрированным источником теплоты и используется для расплавления металла при сварке. Электрические заряды в сварочной дуге переносятся заряженными частицами – электронами, а также положительно и отрицательно заряженными ионами. Процесс, при котором в газе образуются положительные и отрицательные ионы, называется ионизацией, а такой газ – ионизированным. Зажигание дуги при сварке плавящимся электродом начинается с короткого замыкания электрода с основным металлом. Из-за шероховатости поверхности электродов касание при коротком

замыкании происходит отдельными выступающими участками, которые мгновенно расплавляются под действием выделяющейся теплоты, образуя жидкую перемычку между основным металлом и электродом. При отводе электрода жидкая перемычка растягивается, сечение ее уменьшается, электрическое сопротивление и температура возрастают. Когда расплавленный металл перемычки достигает температуры кипения, пары металла легко ионизируются и возникает дуга. Возникновение дуги длится доли секунды. Дуга, горящая между электродом и изделием на воздухе, называется свободной. Свободная дуга (рис. 13) состоит из трех зон: катодной с катодным пятном, служащим для эмиссии (выхода) электронов; анодной с анодным пятном, бомбардирующимся электронным потоком, и столба дуги, который занимает промежуточное положение между катодной и анодной зонами.

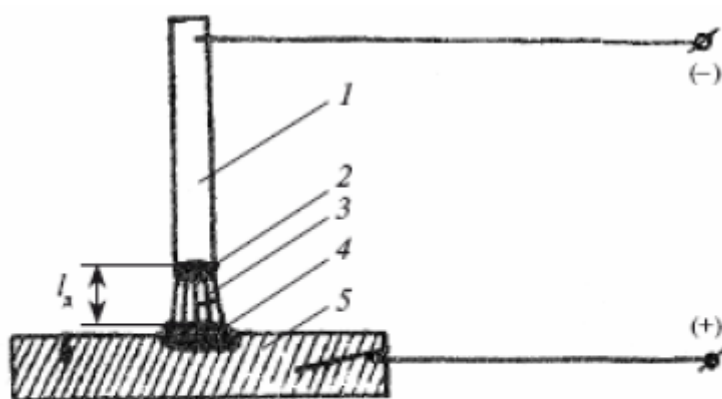


Рис. 13. Схема строения свободной дуги:
 1—электрод; 2—катодная зона; 3—столб дуги; 4—анодная зона; 5—изделие; l_d —длина дуги (расстояние между торцом электрода и поверхностью сварочной ванны)

Рис. 13. Схема строения свободной дуги: 1 – электрод; 2—катодная зона; 3—столб дуги; 4—анодная зона; 5 – изделие; l_d – длина дуги (расстояние между торцом электрода и поверхностью сварочной ванны)

Температура в зоне столба дуги при сварке достигает 6 000—7 000 °С в зависимости от плотности сварочного тока. Сварочные дуги классифицируются: по применяемым электродам – дуга с плавящимся электродом и с неплавящимся электродом; по степени сжатия дуги – свободная и сжатая дуга; по схеме подвода сварочного тока – дуга прямого и косвенного действия; по роду тока – дуга переменного тока

(однофазная и трехфазная) и дуга постоянного тока; по полярности постоянного тока – дуга на прямой полярности и дуга на обратной полярности; по виду статической вольт-амперной характеристики – дуга с падающей, жесткой и возрастающей характеристикой (рис. 14). Дугу называют «короткой», если длина ее составляет 2–4 мм. Длина «нормальной» дуги 4–6 мм. Дугу длиной более 6 мм называют «длинной».

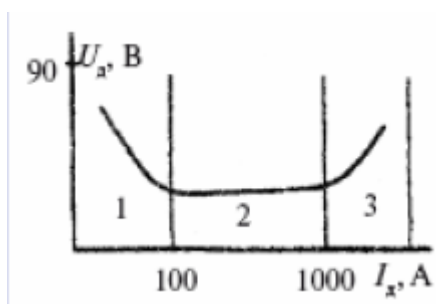


Рис. 14. Статическая вольт-амперная характеристика дуги в общем виде

Контрольные вопросы:

1. Назовите три основных состояния вещества и в чем их различие.
2. Почему газы в обычных условиях не проводят электрический ток?
3. Что называют сварочной дугой?
4. Чем переносятся электрические заряды в сварочной дуге?
5. Расскажите о зажигании дуги.
6. Расскажите о строении свободной дуги.
7. Расскажите о классификации сварочных дуг.
8. Какие дуги называются «короткими», «нормальными» и «длинными»?

2. Условия зажигания и устойчивого горения дуги

Сварочная дуга должна иметь определенные технологические условия, обеспечивающие ее быстрое зажигание, устойчивое горение, малую чувствительность к изменениям ее длины в определенных пределах, быстрое повторное зажигание (возбуждение) после обрыва, необходимое проплавление основного металла. Условия зажигания и

устойчивого горения дуги зависят от таких факторов, как состав обмазки при сварке штучными электродами, род тока (постоянный или переменный), прямая или обратная полярность при сварке на постоянном токе, диаметр электрода, температура окружающей среды. Для зажигания дуги требуется напряжение большее по величине, чем напряжение для горения дуги. Напряжение, подводимое от источника питания к электродам при разомкнутой сварочной цепи, является напряжением холостого хода. При сварке на постоянном токе напряжение холостого хода не превышает 90 В, а на переменном токе – 80 В. В момент горения дуги напряжение, подаваемое от источника питания, значительно снижается и достигает величины, необходимой для устойчивого горения дуги. В процессе горения дуги ток и напряжение находятся в определенной зависимости. Зависимость напряжения дуги от тока в сварочной цепи, при условии постоянной длины дуги, называют статической вольт-амперной характеристикой дуги, которая графически представлена на рис. 14. В области 1 (до 100 А) с увеличением тока напряжение значительно уменьшается, так как при повышении силы тока увеличивается поперечное сечение столба дуги и его проводимость. Вольт-амперная характеристика будет падающей и дуга горит неустойчиво. В области 2 (100—1 000 А) при увеличении тока напряжение сохраняет постоянную величину, так как поперечное сечение столба дуги и площади анодного и катодного пятен увеличиваются пропорционально току. Вольт-амперная характеристика будет жесткой, дуга горит устойчиво, и обеспечивается нормальный процесс сварки. В области 3 (свыше 1 000 А) увеличение тока вызывает возрастание напряжения, так как увеличение плотности тока выше определенного значения не сопровождается увеличением катодного пятна из-за ограниченного поперечного сечения электрода, при этом вольт-амперная характеристика будет возрастающей. Дуга с возрастающей вольт-амперной характеристикой используется при сварке под флюсом и в защитных газах.

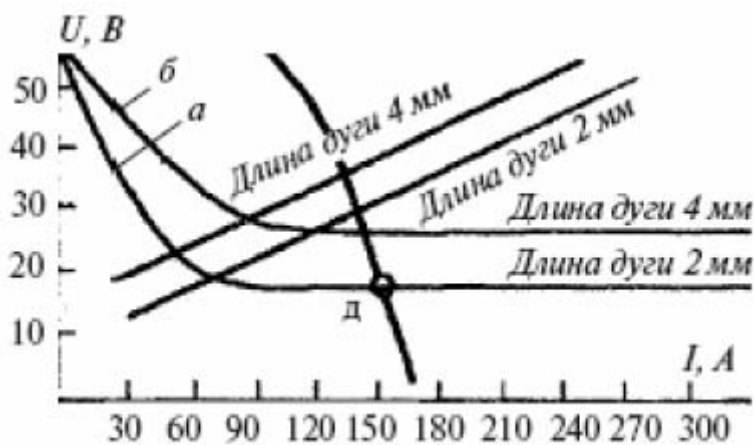


Рис. 15. Вольт-амперная характеристика дуги при ручной дуговой сварке низкоуглеродистой стали: кривые (а, б); при автоматической сварке под флюсом: кривые (в, г); кривая (д): вольт-амперная характеристика источника питания; точка 1 – точка устойчивого горения дуги. Для примера на рис. 15 приведена вольт-амперная характеристика дуги при ручной дуговой сварке штучным электродом низкоуглеродистой стали и автоматической сварке под флюсом при высоких плотностях тока. Таким образом, первым условием зажигания и горения дуги является наличие электрического источника питания дуги достаточной мощности, позволяющего быстро нагревать катод до высокой температуры при возбуждении дуги. Более полная стабилизация горения дуги достигается также при достаточной степени ионизации столба дуги, поэтому вторым условием для зажигания и горения дуги является наличие ионизации столба дуги за счет введения в состав покрытия штучных электродов или в состав флюсов таких элементов, как калий, натрий, барий, литий, алюминий, кальций и др. Эти элементы обладают низким потенциалом ионизации и в момент зажигания дуги способствуют быстрому ее возникновению. Третьим условием устойчивости горения дуги при сварке на переменном токе является наличие в сварочной цепи дросселя (повышенной индуктивности). Это объясняется тем, что в сварочной цепи переменного тока, имеющей только омическое сопротивление, в процессе горения дуги образуются обрывы (100 обрывов дуги в секунду при промышленной частоте переменного тока 50 Гц). При включении дросселя в сварочную цепь переменного тока происходит сдвиг фаз между напряжением источника питания и током,

горение дуги относительно стабилизируется. При сварке на постоянном токе зажигание и горение дуги протекают несколько лучше, чем при сварке на переменном токе. В сварочную цепь постоянного тока также включают дроссели для улучшения стабильности горения дуги. Однако полная стабилизация горения дуги достигается в точке пересечения вольт-амперных характеристик дуги и источника питания. Эта точка будет определять устойчивое горение дуги (см. рис. 15). Для улучшения возбуждения дуги применяют специальные высокочастотные устройства – осцилляторы, а для обеспечения надежного повторного возбуждения дуги применяют специальные генераторы импульсов высокого напряжения (стабилизаторы). Зажигание и устойчивое горение дуги при любом роде тока зависит от динамической характеристики источника питания дуги. Источник питания должен поддерживать горение дуги при наличии возмущений в виде изменения напряжения в сети и обеспечивать регулирование сварочного процесса в зависимости от состояния поверхности свариваемого изделия и скорости подачи сварочной проволоки. Технические особенности горения дуги на постоянном или переменном токе выражаются в том, что дуга, как гибкий газовый проводник, может отклоняться от нормального положения под воздействием магнитных полей, создаваемых вокруг дуги и в свариваемом изделии. Магнитные поля воздействуют на движущиеся заряженные частицы столба дуги и тем самым воздействуют на всю дугу. Такое явление принято называть магнитным дутьем. Магнитные поля оказывают отклоняющее воздействие на дугу при неравномерном и несимметричном расположении поля относительно дуги, особенно при сварке на постоянном токе. На рис. 16 показано влияние места подвода тока к свариваемой детали и наклона электрода на отклонение дуги.

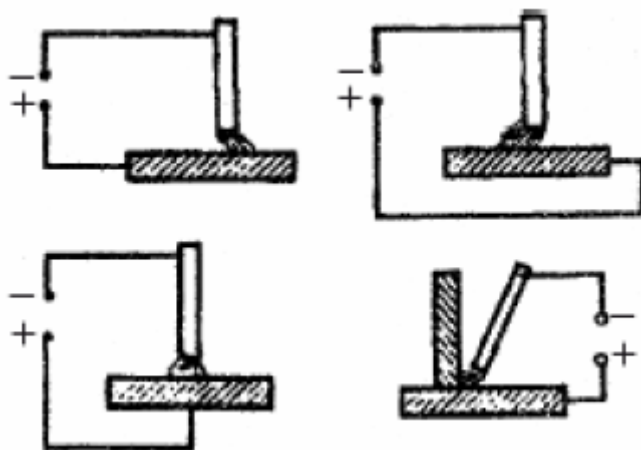


Рис. 16. Влияние места подвода тока к свариваемой детали и наклона электрода на отклонение дуги

Наличие вблизи сварочной дуги значительных ферромагнитных масс также нарушает симметричность магнитного поля дуги и вызывает отклонение дуги в сторону этих масс. Магнитное дутье ухудшает стабилизацию горения дуги и затрудняет процесс сварки. Для снижения влияния магнитного дутья на сварочную дугу необходимо применять специальные меры. К таким мерам относятся: сварка короткой дугой; подвод сварочного тока к точке, максимально близкой к дуге; наклон электрода в сторону действия магнитного дутья; размещение у места сварки дополнительных ферромагнитных масс. Если невозможно избавиться от влияния магнитного дутья указанными способами, то следует заменить источник питания и производить сварку на переменном токе, при котором влияние магнитного дутья значительно меньше.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите факторы, влияющие на зажигание и устойчивое горение дуги. В каком соотношении находятся напряжение холостого хода источника питания и напряжение дуги?
2. Что выражает статическая вольт-амперная характеристика дуги?
3. Почему вольт-амперная характеристика дуги может быть падающей?
4. В чем различие падающей и жесткой вольт-амперной характеристик?
5. Какое первое важнейшее условие зажигания и горения дуги?

6. Объясните роль ионизации при зажигании и горении дуги.
7. Для чего в сварочную цепь включают дроссель (индуктивность)?
8. Для чего применяют осцилляторы?
9. Что такое магнитное дутье и как оно проявляется?
10. Каковы меры борьбы с магнитным дутьем?

3. Перенос металла через дугу

При горении сварочной дуги происходит взаимодействие электрического и магнитного полей, в результате чего возникают электромагнитные силы, которые сжимают столб дуги (пинч-эффект). Эти силы направлены от наружной поверхности дуги к ее оси. Под действием сжимающих электромагнитных сил и высокой температуры на конце электрода происходит плавление металла, образование и отрыв капли, которая переносится на изделие. В зависимости от размера и скорости образования капель различают капельный и струйный перенос. Размер капель зависит от плотности сварочного тока и напряжения дуги. При увеличении плотности сварочного тока происходит уменьшение размера капель жидкого металла, а число их увеличивается. При повышении напряжения дуги размер капель жидкого металла увеличивается, а число их уменьшается. Для уменьшения разбрызгивания металла при дуговой сварке плавящимся электродом сварку проводят с повышенной плотностью сварочного тока при относительно малых значениях напряжения дуги или применяют импульсный режим сварки. При ручной сварке в виде капель переносится в сварочную ванну примерно 95 % электродного металла, остальное – это брызги и пары, значительная часть которых осаждается в разных местах на изделии. Капельный перенос происходит при сварке штучными покрытыми электродами. В этом случае большинство капель заключено в оболочку из шлака, образовавшегося из расплавляемого покрытия. Аналогичные процессы переноса металла электрода в шов наблюдаются при сварке под флюсом и сварке порошковой проволокой. Струйный процесс переноса металла характерен для сварки плавящимся электродом в защитных газах. При струйном переносе образуются

мелкие капли, которые следуют друг за другом в виде непрерывной цепочки (струи). Струйный процесс переноса электродного металла возникает при сварке проволокой малого диаметра с большой плотностью тока. Например, при сварке полуавтоматом (механизированной) в аргоне проволокой (электродом) диаметром 1,6 мм струйный перенос металла осуществляется при критическом токе 300 А. При сварке на токах ниже критического наблюдается уже капельный перенос металла. Обычно струйный перенос электродного металла приводит к меньшему выгоранию легирующих элементов в сварочной проволоке и к повышенной чистоте металла капель и сварного шва. Скорость расплавления сварочной проволоки при этом увеличивается. Поэтому струйный перенос имеет преимущества перед капельным. При импульсно-дуговой сварке перенос металла через дугу имеет свои особенности. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом имеет существенное преимущество по сравнению со сваркой неплавящимся и плавящимся электродами в защитных газах и другими видами сварки, так как с помощью специальной, системы создаются условия управляемого и направленного переноса металла с незначительными потерями металла на угар и разбрызгивание. Существуют две разновидности управляемого переноса металла. Первая состоит в том, что при каждом импульсе сварочного тока от электрода отделяется и переносится в сварочную ванну одна капля расплавленного металла (при сварке в среде аргона). Вторая разновидность состоит в том, что во время прохождения импульса сварочного тока большей длительности, чем в первом случае, происходит интенсивное плавление электрода со струйным переносом металла. Этот процесс переноса металла характерен для сварки активированным электродом на постоянном токе прямой полярности в активных и инертных газах, а также при сварке в аргоне постоянным током обратной полярности.

Контрольные вопросы:

1. Объясните сущность переноса металла через дугу в процессе сварки?

2. Какие виды переноса металла через дугу вы знаете?
3. Как влияют плотность тока и напряжение дуги на перенос капель жидкого металла в процессе сварки?
4. При каких видах сварки происходят процессы капельного переноса металла через дугу?
5. В чем особенности переноса металла через дугу при импульсно-дуговой сварке?

4. Особенности металлургических процессов при сварке, влияние кислорода, азота и водорода, содержащихся в воздухе, на металл шва

Процесс электрической сварки плавлением характеризуется химическими реакциями, которые возникают между расплавленным металлом и окружающей средой. При переносе металла с электрода в сварочную ванну капли и пары электродного металла и сварочной ванны, нагретые до высоких температур, взаимодействуют с атмосферными и другими газами и жидким шлаком. Поэтому химический состав наплавленного металла может существенно отличаться от химического состава электродов и основного металла. Это, как правило, усугубляется высокой температурой сварочной ванны и малым временем пребывания металла в жидком состоянии. Таким образом, в процессе сварки в течение короткого промежутка времени происходят сложнейшие процессы взаимодействия различных химических элементов. Основное влияние на качество сварного шва оказывают кислород, азот и водород. При неправильном ведении процесса сварки водород образует поры в шве, а кислород и азот существенно ухудшают механические свойства наплавленного металла. Кислород попадает в зону сварки из окружающего воздуха, из влаги кромок свариваемого металла, из влаги флюсов, обмазки электродов и защитных газов, а также из материалов обмазки и флюсов. В материалах обмазки и флюсах кислород находится в виде оксидов марганца, кремния и др. В процессе сварки кислород соединяется с железом и остается в металле шва в виде оксида FeO.

С повышением содержания кислорода в металле шва снижается предел прочности, предел текучести, ударная вязкость; ухудшается коррозионная стойкость, жаропрочность сталей. Удаление кислорода из расплавленного металла достигается за счет введения в сварочную ванну таких элементов, как марганец и кремний. Эти элементы взаимодействуют с оксидом железа FeO , кислород в связанном состоянии переходит в шлак или на поверхность сварочной ванны. Такой процесс называется раскислением. Азот попадает в зону сварки из окружающего воздуха. Азот растворяется в железе, марганце, титане, молибдене и вступает с ними в химическое взаимодействие с образованием нитридов. Нитриды резко увеличивают прочность и снижают пластичность сварного шва. Для уменьшения содержания азота в металле шва необходимо исключить азот из зоны сварки. Этого достигают при сварке в защитных газах. Водород, подобно кислороду и азоту, поглощается в процессе сварки металлом шва. Источником водорода в зоне сварки может служить атмосферная влага, влага покрытия или флюса, влага ржавчины на поверхности сварочной проволоки и на свариваемых кромках. В отличие от кислорода и азота водород не образует в процессе сварки химических соединений с железом, а лишь растворяется в расплавленном металле. Повышенная растворимость водорода в жидком металле приводит к пористости. Уменьшения содержания водорода в металле шва можно добиться путем предварительного прокаливания толстопокрывых электродов и флюсов, тщательной зачисткой свариваемых кромок от ржавчины, окалины и других загрязнений, предварительным нагревом деталей.

Одновременно с удалением из металла шва кислорода, азота водорода необходимо также очищать (рафинировать) металл шва от серы и фосфора, являющихся вредными примесями в сталях. Сера попадает в сварочную ванну из основного металла, сваркой проволоки, покрытий и флюсов. Наиболее неблагоприятной формой сернистых соединений в металле шва является сульфид железа FeS . В процессе кристаллизации он образует с железом эвтектику с температурой плавления ниже, чем у основного металла. Эвтектика располагается

между зернами кристаллизующегося металла и является причиной возникновения горячих трещин и охрупченности. Избавиться от появления такого дефекта позволяют марганец и кальций, содержащиеся в сварочной проволоке и обмазке электрода. Фосфор в металле шва находится в виде фосфидов железа Fe_3P и Fe_2P . Увеличение фосфора в металле шва снижает ударную вязкость, особенно при низких температурах, поэтому фосфор необходимо удалять. Это достигается за счет его окисления и удаления в шлак. Для снижения вредного влияния серы и фосфора их содержащееся в основном и электродном металле, в покрытии электродов и флюсах строго ограничивается соответствующими стандартами.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о влиянии атмосферных газов на качество сварных швов.
2. Расскажите об особенностях влияния водорода на качество сварного шва. Каково влияние вредных примесей (серы и фосфора) на качество сварных швов?
3. В чем заключается рафинирование?

5. Металлургические процессы при сварке под флюсом и в защитных газах

При сварке под плавными флюсами защита зоны сварки от окружающего воздуха происходит более эффективно. Это доказано исследованием содержания азота в металле шва. Например, при сварке тонкопокрытыми электродами остаточный азот составляет около 0,2 %; при сварке толстопокрытыми электродами – 0,03 %; при сварке под плавным флюсом – 0,008 %.

Имеется ряд особенностей металлургических процессов при сварке под флюсом. Особенно интенсивно протекают металлургические процессы между жидким (расплавленным) флюсом и металлом, в результате чего изменяется состав металла шва. Сварку низкоуглеродистых сталей рекомендуется проводить под

марганцовистыми высококремнистыми флюсами, где наблюдается процесс восстановления кремния и марганца, частичное окисление углерода, при этом оксид железа растворяется в жидком металле шва, частично переходит в шлак. На участках сварочной ванны позади дуги при охлаждении жидкого металла, вплоть до затвердевания, продолжается раскисление металла. Кремний и марганец подавляют реакцию окисления углерода, что уменьшает образование пор. Обогащение металла шва марганцем очень важно, так как он обеспечивает вывод сернистых соединений из металла шва, предупреждая тем самым появление горячих трещин. Изменение режима сварки влияет на содержание серы и фосфора в шве. При увеличении сварочного тока увеличивается количество расплавленного флюса и, как следствие, содержание фосфора в шве уменьшается, а содержание серы несколько возрастает. Повышение напряжения дуги при неизменном токе приводит к тому, что расплавленного флюса становится значительно больше, чем требуется для защиты расплавленного металла. В этом случае увеличивается переход марганца и кремния в шов, но увеличивается и переход фосфора в металл шва. Одновременно содержание серы в металле шва уменьшается. Таким образом, невозможно идеально освободиться от вредных примесей. Улучшения качества сварного шва можно добиться за счет применения керамических флюсов. Керамические флюсы содержат большое количество ферросплавов, что позволяет улучшить металлургические процессы при сварке. В процессе сварки происходит более полное раскисление наплавленного металла, легирование наплавленного металла осуществляется в широких пределах. Для улучшения структуры сварных швов в металл шва вводят специальные добавки (модификаторы). Металлургические процессы при сварке в защитных газах значительно отличаются от ранее рассмотренных. Из защитных газов наибольшее применение имеют инертные аргон, гелий и активный углекислый газ. При сварке в инертных газах металлургические процессы протекают только между элементами, содержащимися в металле сварочной ванны. Кислород и азот воздуха оттесняются

инертными газами из зоны сварки. Для предотвращения образования пористости шва при сварке в инертных газах необходимо тщательно удалять ржавчину и загрязнения с кромок основного металла и с поверхности сварочной проволоки. При сварке в CO_2 газ оттесняет от сварочной зоны окружающий воздух и защищает расплавленный металл от проникновения азота. При сварке в CO_2 углекислый газ распадается под воздействием высокой температуры на CO и O_2 . Дуга активно окисляет металл сварочной ванны, и роль CO_2 сводится лишь к защите сварочной ванны от проникновения азота из воздуха. Для предотвращения чрезмерного окисления железа большое количество элементов раскислителей (марганец и кремний) вводится в сварочную ванну только через сварочную проволоку Св-08ГС и Св-08Г2С. В этом случае наплавленный металл получается с высокими механическими свойствами. Для уменьшения содержания водорода в металле шва необходима добавка в углекислый газ 5—15 % кислорода. При этом в процессе сварки увеличивается глубина протравления, так как энергичнее протекают реакции окисления марганца и кремния с выделением теплоты.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение флюсов?
2. Расскажите об особенностях металлургических процессов при сварке под флюсом.
3. Какое влияние оказывает режим сварки на содержание вредных примесей в сварном шве?
4. В чем достоинства керамических флюсов?
5. Каковы особенности металлургических процессов при сварке в защитных газах?

6. Тепловые процессы при электрической сварке плавлением

Сварочная дуга является мощным концентрированным источником теплоты, температура столба дуги по его продольной оси составляет более 6000 °С, при этом большая часть электрической энергии, потребляемая дугой, превращается в тепловую. Распределение теплоты вдоль дугового промежутка происходит в соответствии с падением напряжения в его областях (см. рис. 13). При электрошлаковой сварке теплота получается за счет прохождения тока по шлаковой ванне. Электрическая мощность (Вт) в общем виде выражается уравнением: $P = I_{CB} U_{CB}$, где I_{CB} – ток, протекающий в сварочной цепи, А; U_{CB} – напряжение на дуге или шлаковой ванне, В. Электрическая энергия, потребляемая при электрической сварке, в основном превращается в тепловую. Поэтому полную тепловую мощность сварочной дуги или шлаковой ванны можно определить по уравнению (Вт): $Q = k I_{CB} U_{CB}$ где k – коэффициент, учитывающий влияние, оказываемое несколько меньшим напряжением зажигания дуги, чем напряжение холостого хода. При сварке на постоянном токе коэффициент принимается равным единице, а при сварке на переменном токе – 0,70—0,97 (в зависимости от состава атмосферы дуги, состава шлаковой ванны, теплофизических свойств электродов и соотношения между напряжением холостого хода источника питания дуги и напряжением дуги). Не вся теплота используется полностью на расплавление металла, часть ее расходуется непроизводительно. Характер использования полной тепловой мощности процесса можно установить по тепловому балансу, показывающему, как и на что расходуется полная тепловая мощность при дуговой или электрошлаковой сварке. Эффективная тепловая мощность процесса электрической сварки плавлением есть количество теплоты, введенное в изделие в единицу времени. Непроизводительная часть расходуется на теплоотдачу в окружающую среду, на нагрев ползунов (при электрошлаковой сварке) ит. д.; эта часть составляет потери теплоты при сварке. Эффективная тепловая мощность определяется из уравнения: $Q_{эф} = Q \eta = k I_{CB} U_{CB} \eta$; где η – эффективный КПД нагрева

изделия, который представляет отношение эффективной тепловой мощности дуги (или электрошлакового процесса) к полной тепловой мощности.				
Ниже приведены значения КПД для некоторых способов сварки:	для	дуговой	сварки	тонкопокрытым
электродом.....	0,50—	0,65	неплавящимся	электродом в
защитном газе.....	0,50—	0,60	толстопокрытым	электродом.....
электродом.....	0,80—	0,95		под
флюсом.....	0,80—	0,95		для
электрошлаковой			сварки.....	0,70— 0,85

Эффективная тепловая мощность зависит от способа сварки, состава покрытия и флюса, материала электрода, а также типа сварного шва. Так, например, при одной и той же электрической мощности КПД дуги будет больше при сварке стыкового соединения с разделкой кромок, чем при наплавке на плоскость. Теплота, выделяемая в дуге, наиболее рационально используется при автоматической сварке. При дуговой сварке нагрев и расплавление электрода осуществляются за счет энергии, выделяемой дугой в активном пятне, расположенном на его торце. Нагрев вылета электрода происходит за счет теплоты, выделяемой при прохождении по нему тока по закону Джоуля-Ленца. Вылетом называется участок электрода от места контакта с токоподводящим устройством до его конца. Например, при сварке вручную вылет электрода в начале сварки составляет 200–400 мм и в конце сварки 30–40 мм. При автоматической и механизированной сварке под флюсом и в защитных газах вылет электродной проволоки составляет 12–70 мм в зависимости от ее диаметра и теплофизических свойств.

Количество теплоты, выделяемое в электроде в единицу времени, будет тем больше, чем больше плотность тока, удельное сопротивление и вылет электрода. При ручной сварке это приводит к значительному повышению температуры электрода, что ограничивает величину тока, применяемую при этом способе сварки. Качество шва будет обеспечено только тогда, когда температура электрода в момент расплавления его торца не будет превышать 600–700 °С. Нагрев электрода до более

высоких температур приводит к отслаиванию покрытия, ухудшению формирования шва и увеличению потерь на разбрызгивание. Механизированные способы сварки, благодаря малому вылету электрода, позволяют применять большую плотность тока и поэтому более производительны. Производительность сварки характеризуется погонной энергией. Погонная энергия сварки представляет собой отношение эффективной тепловой мощности дуги к скорости ее перемещения $g_p = Q_{эф}/V = I_{св}U_{д?} /V$. Исходя из этой формулы устанавливаем, что поперечное сечение однопроходного или многопроходного шва (валика), выполненного дуговой сваркой, будет находиться в прямой зависимости от ее погонной энергии.

Контрольные вопросы:

1. По какой формуле можно определить эффективную тепловую мощность?
2. Что характеризует коэффициент в формуле тепловой мощности сварочной дуги?
3. Что вы знаете об эффективном КПД нагрева изделия?
4. При каком виде сварки наиболее рационально используется теплота, выделяемая в дуге?
5. Какая температура нагрева электрода является оптимальной для формирования качественного сварного шва?
6. Что такое погонная энергия сварки и на что она влияет?

7. Формирование и кристаллизация металла шва, строение зоны термического влияния

Дуга в процессе сварки оказывает давление на сварочную ванну. Это приводит к тому, что жидкий металл из-под основания дуги вытесняется, дуга несколько погружается. При ручной сварке толстопокрытыми электродами глубина погружения дуги составляет 3—4 мм, при сварке под флюсами – 8—10 мм. По мере продвижения дуги в хвостовой части зоны плавления металла происходит интенсивный отвод тепла в массу холодного металла. Кристаллиты растут в направлении, перпендикулярном к поверхности теплоотвода. Кристаллизация металла шва, т. е. переход из жидкого состояния в твердое, протекает с остановками. После охлаждения первого слоя происходит некоторая задержка кристаллизации из-за ухудшения теплоотвода и выделения скрытой теплоты кристаллизации первого слоя. После некоторой задержки вследствие непрекращающегося теплоотвода в глубь основного металла начинает кристаллизоваться второй слой и т. д. Таким образом, периодически происходит кристаллизация по всему продольному и поперечному сечению металла шва. Толщина кристаллизационных слоев может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Закристаллизовавшийся металл однопроходного шва имеет столбчатое строение, это обусловлено тем, что в направлении отвода теплоты (перпендикулярно границе плавления) кристаллиты растут быстрее, чем в других направлениях. Наибольшая толщина кристаллизационных слоев наблюдается в металле шва при электрошлаковой сварке. Ось каждого кристаллита обычно не прямая, она несколько изогнута в направлении вершины шва (рис. 17).

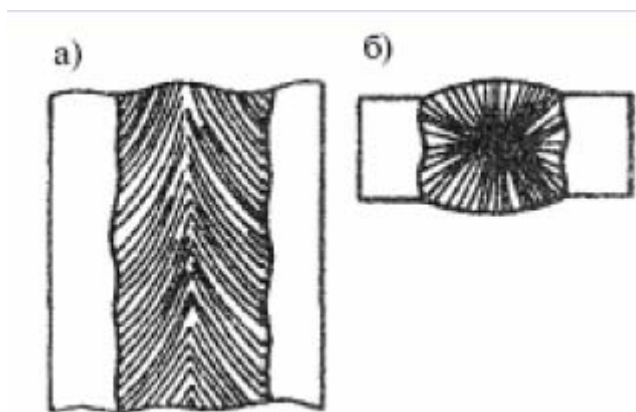


Рис. 17. Направление столбчатых кристаллитов в швах, выполненных электрошлаковой сваркой: а – разрез вдоль шва; б – разрез поперек шва

При сварке под флюсом уменьшается скорость охлаждения шва, это создает благоприятные условия для удаления газов из металла шва и всплывания шлаковых включений, но размер кристаллитов резко увеличивается, что ухудшает прочностные свойства металла шва. Чтобы избежать ухудшения свойств, необходимо измельчить структуру шва. Для этого в жидкий металл вводятся добавки (модификаторы) – алюминий, титан или ванадий. В процессе кристаллизации металла шва возникает неравномерное распределение составляющих сплава. Это в металловедении называют ликвацией. Ликвация – это прежде всего неоднородность по химическому составу. Ликвация зональная характеризуется различием химического состава периферийной зоны и центральной части металла шва. Дендритная (внутрикристаллическая) ликвация характеризуется неоднородностью химического состава отдельных кристаллов. Центральная часть дендритов состоит, как правило, из чистого твердого раствора, а граница между дендритами наиболее загрязнена вредными примесями, поэтому разрушение металла шва чаще всего происходит по границам зерен. Чтобы избежать вредного влияния ликвации (особенно при сварке легированных сталей) необходимо производить термическую обработку для выравнивания химического состава металла. На свойства сварного соединения наряду с химическим составом металла шва значительное влияние оказывает и структура металла шва, а также структура зоны термического влияния

околошовной зоны. В процессе сварки нагревается основной металл и в нем происходят структурные изменения под воздействием высоких температур. Область нагрева называют зоной термического влияния. В дальнейшем применяется сокращенное название ЗТВ. Температура, до которой нагреваются отдельные участки ЗТВ, изменяется от температуры плавления до окружающей температуры. Рассмотрим структуры ЗТВ для сталей, наиболее распространенных при сварке конструкций (до 0,20 % углерода) (рис. 18).

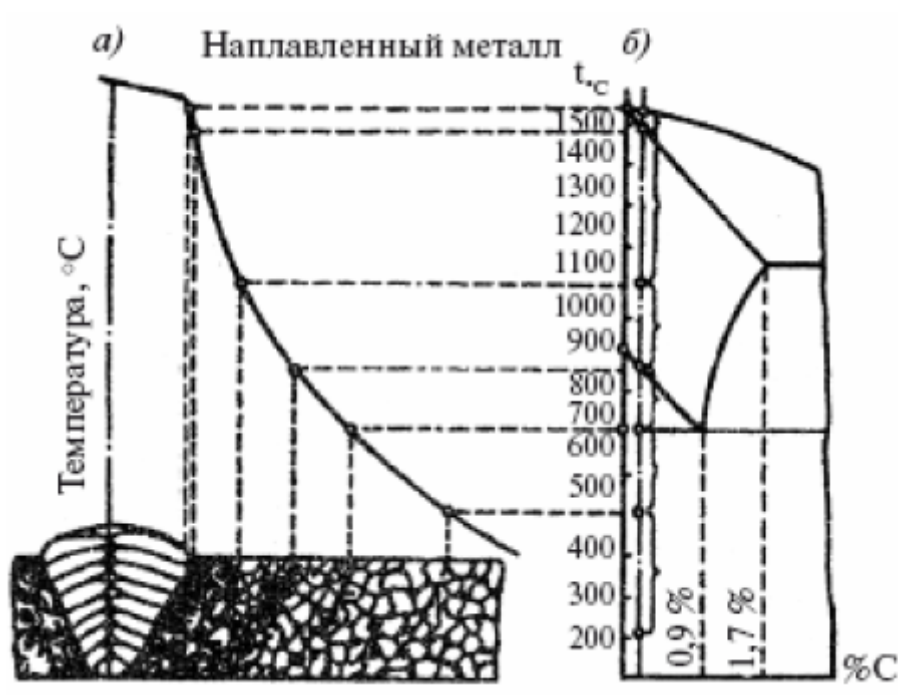


Рис. 18. Схема изменения структур околошовной зоны однопроходного шва: а – температурные границы участков околошовной зоны; б – часть диаграммы состояния сплавов Fe-C

В зависимости от температуры нагрева, структурных и физико-механических изменений в ЗТВ различают следующие участки: 1) неполного расплавления; 2) перегрева; 3) нормализации; 4) неполной перекристаллизации; 5) рекристаллизации; 6) синеломкости. Участок неполного расплавления является переходным от наплавленного металла к основному, его часто называют переходной зоной. В процессе сварки этот участок находится в твердожидком состоянии, и поэтому переходная зона отличается по химическому составу как от основного, так и от наплавленного металла. Свойства этого участка оказывают в большинстве случаев решающее влияние на работоспособность сварной

конструкции. Участок перегрева определяется температурными границами: от температуры участка неполного расплавления до температуры около 1100 °С. В некоторых случаях при ручной сварке в зоне перегрева сталей с повышенным содержанием углерода образуется крупнозернистая структура, которая заметно снижает пластичность металла и увеличивает его хрупкость. Ударная вязкость снижается на 25 % и более. Участок нормализации охватывает металл, нагреваемый в процессе сварки от температуры несколько выше линии критических превращений до температуры ниже 1000 °С. На этом участке происходит образование мелкозернистой вторичной структуры. Механические свойства металла на участке нормализации обычно выше свойств основного металла в его исходном состоянии. Участок неполной перекристаллизации для низкоуглеродистой стали определяется температурным диапазоном от 725 до 850 °С. Металл на этом участке подвергается только частичной перекристаллизации. Наряду с зернами, образовавшимися в результате перекристаллизации, присутствуют зерна исходного металла. Участок рекристаллизации наблюдается при сварке стали, подвергшейся пластической деформации (прокат). На этом участке в интервале температур 450—700 °С наблюдается некоторое измельчение зерен, что не изменяет механических свойств ЗТВ металла. Участок синеломкости охватывает температурный диапазон от 200 до 400 °С. На этом участке наблюдаются синие цвета побежалости на поверхности металла. При сварке низкоуглеродистых сталей на участке наблюдается резкое падение ударной вязкости из-за снижения пластичности. Это происходит в тех случаях, когда в сталях содержится кислород, азот и водород в несколько избыточном количестве. Размеры отдельных участков ЗТВ и общая ширина ее зависят от условий нагрева, охлаждения и способов сварки.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о формировании и структуре шва в момент перехода металла из жидкого состояния в твердое.

2. Чем вызвано направление роста кристаллов в процессе охлаждения?
3. Каково влияние скорости охлаждения на структуру шва?
4. Каково влияние химического состава на структуру шва?
5. Что такое зона термического влияния и ее основные участки?
6. Дайте краткую характеристику участков зоны термического влияния.

8. Старение и коррозия металла сварных соединений

Старением металла называют процесс изменения структуры и, как следствие, механических свойств металла со временем. Он проявляется в повышении твердости и хрупкости металла. Если процесс старения происходит при комнатной температуре, то он называется естественным старением. Если процесс старения происходит при нагреве до заданной температуры с последующим охлаждением – искусственным старением. Искусственному старению подвергают в основном сплавы титана и алюминия для повышения прочности этих сплавов. Повышение прочности при искусственном старении оценивается при испытании на ударную вязкость металла шва. Коррозией называется процесс физико-химического разрушения металла под влиянием внешней среды. Коррозионная стойкость сварных соединений в различных средах и при различных температурах имеет большое значение, так как сварные швы и соединения часто работают в средах, способных вызвать разрушающую коррозию, таких как атмосферная влага, морская вода, растворы кислот и щелочей; совместное действие этих факторов. По характеру процесса различают химическую и электрохимическую коррозию. Химическая коррозия есть процесс окисления металла при непосредственном воздействии окружающей среды без присутствия электрического тока. Окисление железа и его сплавов происходит на воздухе, в дистиллированной воде, в концентрированных агрессивных средах и т. д. Электрохимическая коррозия характеризуется тем, что она протекает в электролитах (растворах солей, кислот, щелочей) и

сопровождается появлением электрического тока. Стойкость против коррозии зависит от химического состава, структуры, состояния поверхности, напряженного состояния металла, а также от химического состава, концентрации, температуры и скорости перемещения агрессивной среды по поверхности металла. При ремонте корпусов речных и морских судов, например, установлено, что наружная поверхность подводной части корпуса имеет участки корродированного металла. Анализ причин коррозии показывает, что окалина, не удаленная с поверхности металла корпуса, обладает более высоким потенциалом и является катодом. Участки корпуса, где отсутствует окалина, являются анодом и поэтому металл подвергается усиленному коррозионному разрушению. Для защиты сварных конструкций от воздействия коррозии их окрашивают специальными грунтовыми красками. Для повышения коррозионной стойкости сварных швов на конструкциях из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, предназначенных для эксплуатации в морской воде или подобной среде, рекомендуется при ручной сварке вводить в металл шва 0,55 % никеля. Для этого применяют электроды марки Э-138/Н-50, имеющие основное покрытие и содержащее 0,7—1,1 % никеля. Автоматическая сварка под флюсом производится сварочной проволокой Св-08ГНА, содержащей 0,9—1,2 % никеля.

Контрольные вопросы:

1. Что называется старением металла?
2. Какие виды старения вы знаете?
3. Каковы причины возникновения коррозии?
4. В чем отличие химических видов коррозии от электрохимических видов?
5. Какие меры применяются для повышения коррозионной стойкости металлов и сварных швов?

9. Классификация напряжений и деформаций

Сварка, как и другие процессы обработки металлов (штамповка, литье, прокатка, волочение, прессование, термическая обработка), вызывает в изделиях собственные напряжения. Собственными называются такие напряжения, которые возникают без приложения внешних сил. В зависимости от причины возникновения различают следующие напряжения: тепловые, возникающие из-за неравномерного распределения температуры при сварке; структурные, появляющиеся вследствие структурных превращений, сходных с закалкой. В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций их подразделяют на временные и остаточные. Временные напряжения и деформации существуют в конструкции только в какой-то момент времени. Если возникшее напряжение не превышает предела упругости, то временные напряжения и деформации исчезают (снимаются) после охлаждения изделия. Остаточные – остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей. Эти напряжения и деформации также возникают вследствие неравномерного нагрева, но они слишком велики и могут привести к появлению трещин или разрушению сварного соединения. В некоторых случаях разрушения не происходит, но большие деформации выводят сваренную конструкцию из заданных размеров (рис. 19).

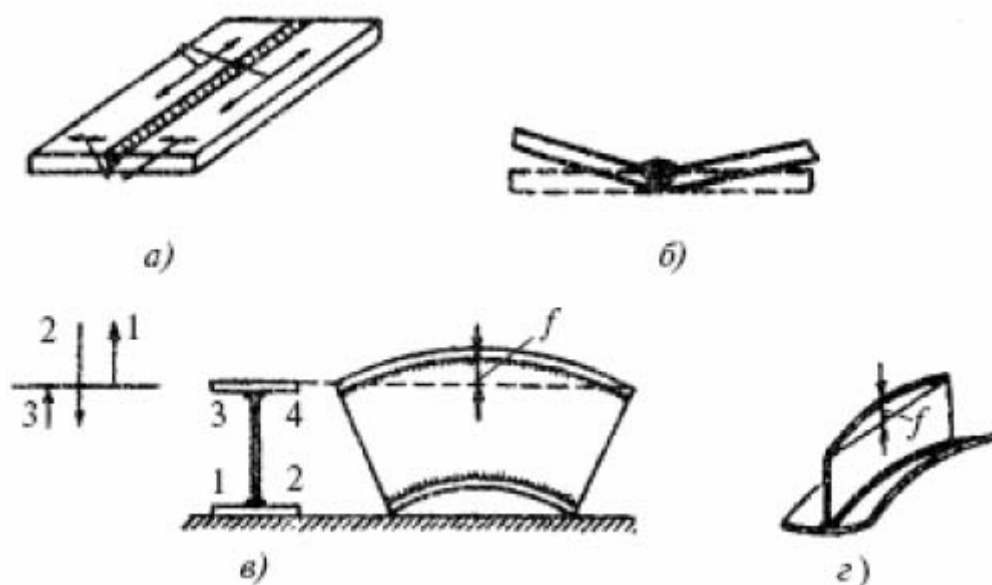


Рис. 19. Основные виды деформаций сварных соединений: а – направление действия продольных и поперечных напряжений; б – деформация стыкового соединения; в – деформация сварной двутавровой балки (цифрами указан порядок наложения сварных швов, стрелками – направления действующих напряжений); г – вид деформированного сварного тавра; f – стрела прогиба

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно рассматривать по двум группам: мероприятия, предотвращающие возникновение напряжений и деформаций или уменьшающие их влияние; мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие остаточных напряжений. К первой группе можно отнести такие меры, как выбор правильной последовательности сварки изделия, жесткое закрепление изделия, предварительный обратный выгиб, сопутствующий подогрев, интенсивное охлаждение в процессе сварки, уменьшение количества сварных швов, симметричное расположение ребер жесткости, применение гнутых профилей. Ко второй группе относится местная проковка металла шва или ЗТВ, правка под действием статической нагрузки, местный нагрев и механическая правка, термическая обработка. Все перечисленные мероприятия заранее просчитываются конструкторами и технологами, уточняются в процессе изготовления образцов, и только после этого окончательно вносятся в технологические карты. Окончательно невозможно избавиться от напряжений и деформаций. Удастся только снизить их до приемлемых требований технологических документов. Только после многочисленных испытаний (для ответственных конструкций) и обобщающих выводов представляется возможным гарантировать надежность работы сварного узла или конструкции по установленным показателям, например, тележка вагона метро имеет гарантийный срок безаварийного пробега 350 000 км.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются основные виды напряжений и деформаций?
2. Какие меры применяются по борьбе с деформациями и напряжениями?
3. Каково значение мероприятий по снижению остаточных напряжений и деформаций?

Глава 2

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

1. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки

Рабочее место сварщика – это сварочный пост (рис. 20), который оснащен необходимым инструментом и оборудованием для выполнения работ. Сварочные посты могут быть оборудованы как в производственном помещении, так и на открытой производственной площадке (строительно-монтажные условия работы). В зависимости от условий работы сварочные посты могут быть стационарными или передвижными. Сварочные посты необходимо размещать в специальных сварочных кабинах. В кабинах в качестве источников питания размещаются наиболее распространенные однопостовые сварочные трансформаторы типа ТДМ для сварки на переменном токе, или сварочные выпрямители типа ВД или ВДУ для сварки на постоянном токе. Применяются также и многопостовые источники питания на несколько независимых постов.



Рис. 20. Сварочный пост для ручной сварки: 1 – сеть электрического питания; 2 – рубильник или магнитный пускатель; 3 – источник питания; 4 – сварочные провода; 5 – электрододержатель; 6 – зонд местной вытяжки воздуха

Кабина сварочного поста должна иметь размеры: 2(1,5) или 2(2) м и высоту не менее 2 м. В кабине устанавливается металлический стол, к верхней части кабины подводится зонд местной вытяжки воздуха от вентиляционной системы. В столе предусматриваются выдвижные ящики для хранения необходимого инструмента и приспособлений. Сварочный пост комплектуется источником питания, электрододержателем, сварочными проводами, зажимами для токонепроводящего провода, сварочным щитком с защитными светофильтрами, различными зачистными и мерительными инструментами. Сварщики обеспечиваются средствами личной защиты, спецодеждой. Электрододержатель – приспособление для закрепления электрода и подвода к нему тока (рис. 21). Среди всего многообразия применяемых электрододержателей наиболее безопасными являются пружинные, изготавливаемые в соответствии с существующими стандартами: I типа – для тока до 125 А; II типа – для тока 125–315 А; III типа – для тока 315–500 А. Эти электрододержатели выдерживают без ремонта 8 000–10 000 зажимов. Время замены электрода не превышает 3–4 с. По конструкции различаются винтовые, пластинчатые, вилочные и пружинные электрододержатели.

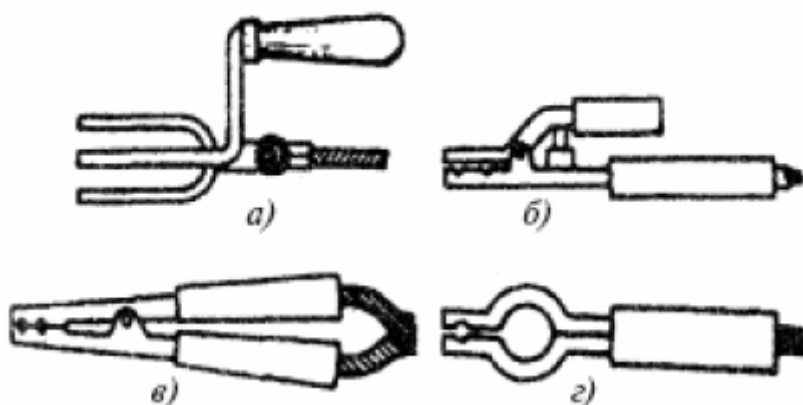


Рис. 21. Типы электрододержателей: а – вилочный; б – винтовой; в – завода «Электрик»; г – с пружинящим кольцом

Щитки сварочные изготавливаются двух типов: ручные и головные из легких негорючих материалов. Масса щитка не должна превышать 0,50 кг. Защитные светофильтры (затемненные стекла),

предназначенные для защиты глаз от излучения дуги, брызг металла и шлака, изготавливаются 13 классов или номеров. Номер светофильтра

подбирается в первую очередь в зависимости от индивидуальных особенностей зрения сварщика. Однако следует учитывать некоторые объективные факторы: величину сварочного тока, состав свариваемого металла, вид дуговой сварки, защиту сварочной ванны от воздействия газов воздуха. Размер светофильтра 52x102 мм. При сварке покрытыми электродами следует ориентироваться на применение светофильтров различных номеров в зависимости от величины сварочного тока: 100 А–№С5; 200 А–№С6; 300 А–№С7; 400 А–№С8; 500 А –№С9 ит. д. При сварке плавящимся электродом тяжелых металлов в инертном газе следует пользоваться светофильтром на номер меньше, а легких металлов – на номер больше по сравнению со светофильтром при сварке покрытыми электродами. При сварке в среде CO₂ применяют следующие светофильтры: до 100 А–№С1; 100–150 А–№С2; 150–250 А – № С3; 250–300 А –№С4; 300–400 А–№С5 ит. д. Светофильтры вставляются в рамку щитка, а снаружи светофильтр защищают обычным стеклом от брызг металла и шлака. Прозрачное стекло периодически заменяют. Кабели и сварочные провода необходимы для подвода тока от источника питания к электрододержателю и изделию. Кабели изготавливают многожильными (гибкими) по установленным нормативам для электротехнических установок согласно ПУЭ (Правила устройства и эксплуатации электроустановок) из расчета плотности тока до 5 А/мм² при токах до 300 А. Электрододержатели присоединяются к гибкому (многожильному) медному кабелю марки ПРГД или ПРГДО. Кабель сплетен из большого числа отожженных медных проволочек диаметром 0,18– 0,20 мм. Применять провод длиной более 30 м не рекомендуется, так как это вызывает значительное падение напряжения в сварочной цепи. Рекомендуемые сечения сварочных проводов для подвода тока от сварочной машины или источника питания к электрододержателю и свариваемому изделию приведены в (табл. 2).

Площадь поперечного сечения сварочных проводов

Сила тока, А	Площадь сечения провода, мм ²	
	одинарного	двойного
125	25	–
315	50	2×16
500	70	2×25

Токоподводящий провод соединяется с изделием через специальные зажимы. В сварочном поворотном приспособлении должны быть предусмотрены специальные клеммы. Закрепление провода должно быть надежным. Самодельные удлинители токоподводящего провода в виде кусков или обрезков металла не допускаются. Некоторые виды зажимов приведены на рис 22.

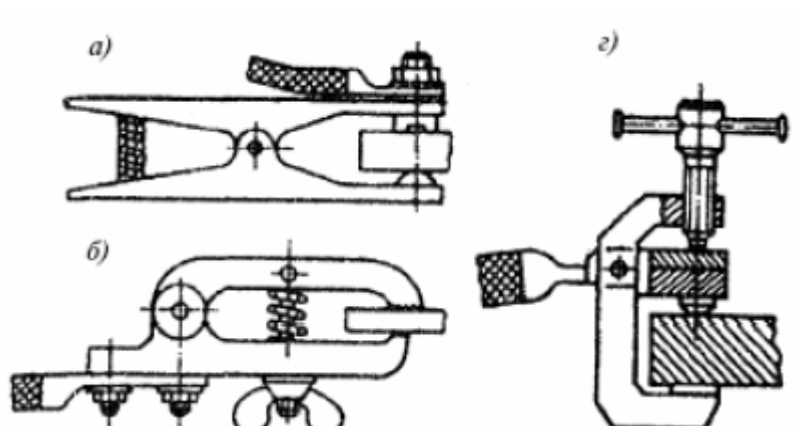


Рис. 22. Токопроводящие зажимы: а – быстродействующий с пружинным зажимом; б – с винтовым зажимом; в – с винтовой струбциной

Одежда сварщика изготавливается из различных тканей, которые должны удовлетворять двум основным требованиям: наружная поверхность одежды должна быть огнестойкой и термостойкой; внутренняя (изнаночная) поверхность одежды должна быть влагопоглощающей. Исходя из этих требований одежду для сварщиков – куртку и брюки – шьют из брезента, сукна, замши; иногда комбинируют ткани. Ассортимент тканей и самой спецодежды постоянно расширяется.

Зарубежные и отечественные фирмы изготавливают универсальную спецодежду, применяемую сварщиками, автогонщиками, работниками аварийно-спасательной службы. Наиболее совершенные костюмы для сварщиков изготавливает отечественная фирма «Авто-химэкс». Куртка и брюки изготовлены из двухлицевой ткани, у которой внешняя сторона – из нити типа кевлар, а внутренняя – из хлопчатобумажной пряжи. Ткань обладает повышенной прочностью, малым удлинением, что обеспечивает сохранение формы костюма (куртка, полукombineзон или комбинезон). Температура, при которой рабочий чувствует себя комфортно длительное время, составляет 200—250 °С. Все сварщики должны пользоваться защитными рукавицами. При выполнении сварочных работ внутри котлов, емкостей, резервуаров и т. д. сварщики должны обеспечиваться резиновыми ковриками, ботами, галошами, особыми наколенниками и подлокотниками, деревянными подложками и др. При выполнении сварочных работ сварщик пользуется традиционным инструментом: металлической щеткой для зачистки кромок перед сваркой и удаления остатков шлака после сварки; молотком-шлакоотделителем для удаления шлаковой корки; зубилом, шаблонами для проверки размеров швов, личным клеймом, рулеткой металлической, угольником, чертилкой и т. д. (рис. 23).

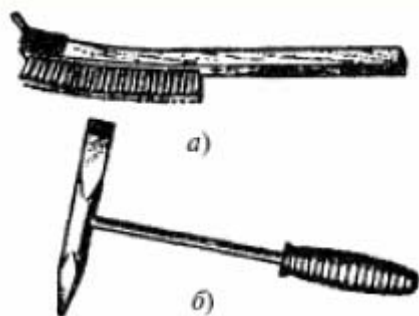


Рис. 23. Инструмент для зачистки сварного шва и свариваемых кромок: а – металлическая щетка; б – молоток-шлакоотделитель

Контрольные вопросы:

1. Что называется сварочным постом, где могут быть оборудованы сварочные посты в зависимости от условий работы?

2. Какие источники питания применяются для оснащения сварочного поста?

3. Что вы знаете об устройстве кабины для сварочного поста и ее оснащении?

4. Что представляет собой электрододержатель?

5. Расскажите о назначении сварочных щитков и применяемых светофильтров.

6. Какие кабели и сварочные провода применяются при оснащении сварочных постов?

7. Для чего применяются токоподводящие зажимы?

8. Какие основные требования предъявляются к одежде сварщика?

9. Какими инструментами пользуется сварщик при выполнении сварочных работ?

2. Основные требования безопасности труда при ручной дуговой сварке

При выполнении сварочных работ существуют опасности для здоровья рабочего: поражение электрическим током; поражение глаз и открытых поверхностей кожи лучами дуги; отравление вредными газами и пылью; ожоги от разбрызгивания электродного расплавленного металла и шлака; ушибы и порезы в процессе подготовки изделий под сварку и во время сварки. Поэтому, прежде чем приступить к сварочным работам, необходимо изучить на рабочем месте инструкцию по безопасным приемам обращения со сварочным оборудованием и расписаться в регистрационном журнале. После этого необходимо ознакомиться с порядком включения и выключения питающей сети высокого напряжения, убедиться в наличии актов обязательной ежегодной проверки заземления и сопротивления изоляции коммутационных проводов и электрододержателей. Во время сварки необходимо работать только в спецодежде. Куртка должна быть надета поверх брюк и застегнута, брюки должны закрывать обувь. Запрещается пользоваться неисправными сварочными щитками, разбитыми защитными светофильтрами. Нельзя производить сварочные работы при

отключенной или неисправной системе вентиляции. После окончания работы электрододержатель должен находиться в таком положении, при котором исключался бы его контакт с токоведущими частями сварочного поста. Сварочное оборудование в процессе эксплуатации требует внимательного ухода и обслуживания. Сварщику необходимо принимать следующие меры: перед включением источника питания очистить его от пыли, грязи, случайно попавших огарков электродов или кусков сварочной проволоки; проверить надежность изоляции сварочных проводов и их соединения, при необходимости подтянуть крепление, изолировать место повреждения сварочного кабеля; убедиться в наличии заземления. Эти меры гарантируют длительную, надежную и безопасную работу источника питания. При включении источника питания могут быть обнаружены его дефекты или неисправности. В этом случае необходимо отключить источник питания и сообщить об этом мастеру, наладчику или электромонтеру для устранения неисправностей источника питания.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите об обязанностях обучающихся перед проведением сварочных работ.
2. Каковы правила пользования спецодеждой и сварочными щитками? Расскажите об обязанностях сварщиков по обслуживанию сварочного оборудования.

3. Общие сведения об источниках питания

Традиционным источником переменного тока является сварочный трансформатор. Источником постоянного тока является выпрямитель, который сконструирован на базе трансформатора и полупроводникового выпрямителя. Широкое распространение получили также инверторные источники тока, которые применяются для сварки как на переменном, так и на постоянном токе. Промежуточное положение между традиционными выпрямителями и инверторами занимают источники, в состав которых входит простейший 50-Гц сварочный выпрямитель;

регулировка тока осуществляется полупроводниковым ключевым регулятором, работающим на повышенной частоте. Области применения источников переменного и постоянного тока являются: ручная дуговая сварка штучными электродами, автоматическая сварка под слоем флюса, ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легких сплавов в среде инертных газов. Технологические возможности источников питания определяются внешними вольтамперными характеристиками. Статическая характеристика источника питания представляет собой зависимость выходного напряжения от тока нагрузки при постоянном значении напряжения питающей сети в установившемся режиме. По виду статических внешних характеристик источники тока можно подразделить на источники с падающими (ПВХ) «крутыми» и «пологими» или жесткими (ЖВХ) внешними характеристиками. Источники с внешними характеристиками двух видов называются универсальными. Требования к виду внешних характеристик определяются такими показателями сварочного процесса, как тип электрода (плавящийся, неплавящийся); характер среды, в которой происходит сварка (открытая дуга, дуга под флюсом, в защитных газах); степень механизации (ручная, механизированная, автоматическая сварка); способ регулирования режима горения дуги (саморегулирование, автоматическое регулирование напряжения дуги). Например, для ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами, аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, сварки под слоем флюса на автоматах с регулированием скорости подачи электродной проволоки в зависимости от напряжения дуги используются источники с ПВХ. При ПВХ источник питания работает в режиме регулятора сварочного тока. Сварочный ток может регулироваться в заданном диапазоне плавно или ступенчато. По технологическим условиям часто используют плавно-ступенчатое регулирование, когда две или более ступени регулирования сочетаются с плавным регулированием внутри каждой ступени. Регулирование сварочного тока при ПВХ выполняется при приблизительном постоянстве напряжения холостого хода. Каждому виду сварки соответствует определенная

крутизна наклона ПВХ, например, более крутые характеристики используются для аргодуговой сварки, более пологие для сварки под флюсом. Длина дуги в процессе сварки при ПВХ регулируется вручную или системой регулирования в сварочном автомате. При механизированной сварке в среде CO₂ и при автоматической сварке под флюсом при постоянной скорости подачи электродной проволоки применяют источники питания с ПВХ. В этом случае источник питания работает как регулятор рабочего напряжения, которое регулируется в заданных пределах при условии заданной величины силы сварочного тока. Регулирование напряжения при ЖВХ может быть плавным, ступенчатым и смешанным. Величина неварочного тока определяется скоростью подачи электродной проволоки, а источник питания задает напряжение дуге и обеспечивает саморегулирование длины дуги. Продолжительность работы источников питания не должна быть длительной во избежание недопустимого перегрева изоляции силовой части. Источники питания для ручной дуговой сварки работают в продолжительном режиме при номинальной нагрузке (ПН). Этот режим определяется отношением времени сварки $t_{св}$ к сумме времени сварки и времени холостого хода $t_{ХХ}$ и выражается в %: $ПН = t_{св} / (t_{св} + t_{ХХ}) \cdot 100$ %. ПН источников питания для ручной дуговой сварки обычно составляет 60 %. Если вместо холостого хода в перерывах происходит отключение силовой цепи источника питания от сети, то такой режим работы называют повторно-кратковременным (ПВ). Эти режимы определяются аналогичным отношением времени сварки $t_{св}$ к сумме времени сварки и времени паузы $t_{п}$ выражаются в %: $ПВ = t_{св} / (t_{св} + t_{п}) \cdot 100$ %, где $t_{п}$ – время паузы, при котором отсутствуют потери энергии, имеющиеся при холостом ходе. Повторно-кратковременный режим используют при работе со сварочными полуавтоматами. При работе многопостовых источников питания $ПВ = 100$ %. Источники питания в соответствии с существующими стандартами изготавливают в разных климатических исполнениях: У – для районов с умеренным климатом, УХЛ – для районов с умеренно-холодным климатом, Т – для районов с тропическим климатом. Условия размещения сварочного оборудования

при эксплуатации подразделяют на следующие категории: 1 – на открытом воздухе; 2 – защищенные от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков; 3 – в закрытых помещениях без регулируемых климатических условий; 4 – в отапливаемых и вентилируемых помещениях. Трансформаторы для ручной дуговой сварки обычно работают при естественном охлаждении, остальные источники нуждаются в принудительной воздушной вентиляции. Каждому источнику присваивается условное обозначение, которое состоит из буквенной и цифровой частей. Первая буква означает вид источника питания (Т– трансформатор, В – выпрямитель, У – установка), вторая – вид сварки (Д– дуговая), третья – способ сварки (Ф – под флюсом, Г – в защитных газах). Отсутствие буквы означает ручную дуговую сварку. Четвертая буква дает дальнейшее пояснение по исполнению источников питания (Ж или П – с жесткими или падающими внешними характеристиками, М или Э – с механическим или электрическим регулированием, Ч – со звеном повышенной частоты, т. е. инвертором). Затем через тире указывается сила минимального сварочного тока (округленно в десятках ампер); следующая цифра обозначает регистрационный номер источника питания, затем через тире указывается номер модификации источника питания. Последние буква и цифра обозначают соответственно климатическое исполнение и категорию размещения. Например, наименование изделия ТДМ-317-1У2 означает: трансформатор на ток 315 А, регистрационный номер – 7, модификация – 1 (с ограничителем напряжения холостого хода), исполнение У, категория размещения – 2.

4. Трансформаторы для ручной дуговой сварки

Трансформаторы выпускаются в соответствии с соответствующими стандартами на номинальные силы тока 160; 250; 315; 400 и 500 А. Конструктивно трансформаторы серии ТДМ относятся к группе трансформаторов стержневого типа. Для них характерны малый расход активных материалов, простота конструкции, высокие сварочные и энергетические показатели, широкие пределы регулирования тока.

Одним из распространенных трансформаторов является ТДМ-317. В нижней части сердечника трансформатора размещается первичная обмотка, состоящая из двух катушек, расположенных на двух стержнях. Катушки обмотки закреплены неподвижно. Вторичная обмотка расположена на значительном расстоянии от первичной, катушки обмоток соединены параллельно. Вторичная обмотка перемещается по сердечнику с помощью винта и рукоятки. Сварочный ток регулируется изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками (рис. 24).

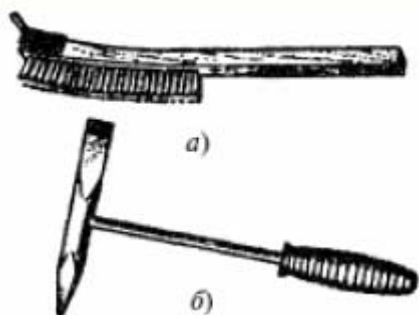


Рис. 24. Внешний вид передвижного сварочного трансформатора типа ТДМ-317: 1 – металлический кожух; 2 – ручка для перемещения; 3 – крышка; 4 – рукоятка для плавного изменения сварочного тока; 5 – переключатель диапазонов сварочного тока; 6—рым-болты для подъема и разгрузки; 7 – токоуказатель

Трансформаторы ТДМ-165, ТДМ-254 выпускаются в переносном исполнении с ПН = 25 % и предназначены для ремонтных и монтажных работ; трансформаторы ТДМ-317, ТДМ-401 и ТДМ-401-1, ТДМ-503-1 снабжены устройством снижения напряжения холостого хода, которое предназначено для повышения электробезопасности при сварочных работах во время обрыва дуги (холостой ход). ТДМ-503-2 снабжены косинусным конденсатором, ТДМ-503-3 имеют устройство снижения напряжения холостого хода и косинусный конденсатор, в состав ТДМ-503-4 входит возбудитель – стабилизатор горения дуги, позволяющий сваривать стали электродами с основным покрытием и неответственные соединения алюминиевых сплавов. Технические данные трансформаторов ТДМ приведены в табл. 3. Конструкции

трансформаторов серии ТДМ весьма разнообразны. В зависимости от способа регулирования тока эти трансформаторы можно подразделить на две группы – с механическим и электрическим регулированием. В первую группу входят устройства, связанные с применением подвижных обмоток и секций магнитопроводов. Во вторую – устройства, связанные с подмагничиванием магнитопроводов постоянным током и тиристорным регулированием. Трансформаторы для автоматической сварки под флюсом выпускаются в соответствии с стандартами на номинальные токи 1000 и 2000 А. Они выпускаются в стационарном исполнении, рассчитаны на продолжительный режим работы, имеют два варианта климатического исполнения – УЗ и Т4.

Таблица 3

Технические данные трансформаторов ТДМ

Параметр	ТДФ-165	ТДФ-254	ТДФ-317	ТДФ-317-1	ТДФ-401	ТДФ-401-1	ТДФ-503	ТДФ-503-1	ТДФ-503-2	ТДФ-503-3	ТДФ-503-4
Номинальный сварочный ток, А	160	250	315	315	400	400	500	500	500	500	500
Номинальное рабочее напряжение, В	26	30	33	33	36	36	40	40	40	40	40
Пределы регулирования тока, А	55–170	85–250	60–370	60–370	80–460	80–460	90–560	90–560	90–560	90–560	90–560
КПД, %	68	76	86	86	86	86	88	88	88	88	88
Коэффициент мощности	0,54	0,56	0,56	0,56	0,6	0,6	0,65	0,65	0,85	0,85	0,65
Напряжение холостого хода, В, ≤	62	62	80	12	80	12	80	12	80	12	80
Продолжительность нагрузки ПН, %	25	25	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Первичная мощность, кВА	10	16	20	20	26	26	34	34	34	34	34
Климатическое исполнение	У2, Т2	У2, Т2	У2, Т5	У2	У2, Т2	У2	У2, Т2	У2	У2	У2	У3
Габариты, мм. длина	440	440	555	760	555	555	555	760	660	820	690
ширина	282	282	585	585	585	585	585	585	585	585	585
высота	502	502	818	818	848	848	888	888	888	888	888
Масса, кг	37	50	126	140	145	155	170	175	180	195	180

Трансформаторы имеют ЖВХ и предназначены для сварки на автоматах с постоянной скоростью подачи электродной проволоки. Они имеют тиристорное регулирование и работают в режиме прерывистого тока. В трансформаторах применена система импульсной стабилизации повторного возбуждения дуги. Трансформатор ТДФЖ-1002 имеет две ступени регулирования сварочного тока, а ТДФЖ-2002 – три ступени.

В основе построения трансформаторов заложена стержневая конструкция с разнесенными и жестко закрепленными катушками, параметры работы трансформаторов для автоматической сварки под флюсом приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры работы трансформаторов для автоматической сварки под флюсом

Параметры	ТДФЖ-1002	ТДФЖ-2002
Номинальный сварочный ток, кА	1,0	2,0
Номинальное рабочее напряжение, В	56	76
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	30–56	32–76
Пределы регулирования сварочного тока, кА	0,3–1,2	0,6–2,2
КПД, %	86	88
Масса, кг	550	850

5. Сварочные выпрямители

Отечественные сварочные выпрямители имеют, как правило, трехфазное питание, выполняются как на диодах, так и на тиристорах. В выпрямителях используются трехфазная мостовая, двойная трехфазная схема с уравнивающим дросселем и кольцевая схема выпрямления. В выпрямителях большой мощности диодное выпрямление во вторичном контуре сочетается с тиристорным регулированием по первичной стороне. В зависимости от числа сварочных постов, которые могут быть одновременно подключены к источнику, выпрямители подразделяются на однопостовые и многопостовые. Выпрямители для ручной дуговой сварки выпускаются в соответствии с существующими стандартами на токи 200; 315; 400 А при ПН = 60 % и имеют крутопадающие характеристики (табл. 5, 6). Общий вид широко применяемого выпрямителя ВД-306 представлен на рис. 25.

Технические данные выпрямителей серии ВД

Выпрямители	ВД-201	ВД-306	ВД-401
Номинальный сварочный ток, А	200	315	400
Номинальное рабочее напряжение, В	28	33	36
Пределы регулирования тока, А	30–200	45–315	50–450
КПД, %	60	72	69
Первичная мощность, кВА	15	21	28
Габариты, мм	716×622×775	785×780×795	772×770×785
Масса, кг	120	164	200

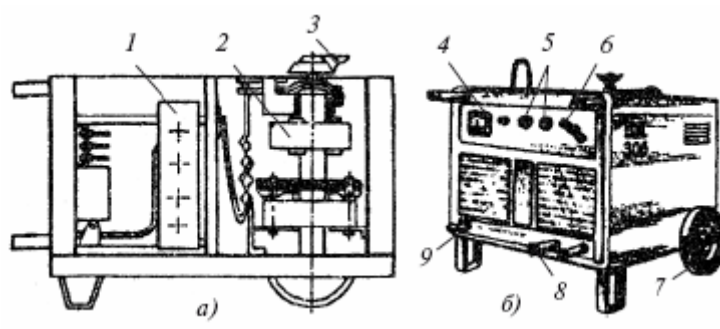


Рис. 25. Выпрямитель ВД-306: а – вид сбоку со снятым кожухом; б – общий вид; 1 – выпрямительный блок с вентилятором; 2 – трехфазный понижающий трансформатор; 3 – рукоятка плавного регулирования сварочного тока; 4 – амперметр; 5 – кнопки «Пуск» и «Стоп»; 6 – переключатель диапазонов сварочного тока; 7 – колеса; 8 – разъемы для подключения (+) и (–); 9 – разъем для подключения выпрямителя к сети

Выпрямители выполнены по трехфазной мостовой схеме на кремниевых диодах. Основу выпрямителя составляет трансформатор с подвижными обмотками. Одновременное переключение первичных и вторичных обмоток трансформатора с «треугольника» на «звезду» позволяет получить две ступени регулирования тока. Выпрямители для механизированной сварки выпускаются на токи 315 и 630 А, ПВ = 60 % и имеют пологопадающие внешние характеристики. Выпрямители

выполнены по трехфазной мостовой схеме на кремниевых диодах. Регулирование напряжения в выпрямителях ВДГ и ВСЖ плавно-ступенчатое. Плавное регулирование внутри ступени в ВДГ осуществляется дросселем насыщения, а в выпрямителе ВСЖ – трансформатором с магнитной коммутацией. В выпрямителях ВС регулирование ступенчатое – переключением витков обмоток. Универсальные сварочные выпрямители типа ВДУ выпускаются на токи 500; 630 и 1250 А. Выпрямители имеют два вида внешних характеристик: пологопадающие и крутопадающие. Технические данные приведены в табл. 7. Выпрямители ВДУ-505, ВДУ-506, ВДУ-601 выполнены на тиристорах по двойной трехфазной схеме выпрямления с уравнивающим дросселем, а выпрямители ВДУ-1202 – по шестифазной схеме выпрямления с тиристорным регулированием по первичной стороне трансформатора. Выпрямители обеспечивают высокий уровень стабилизации напряжения и тока, имеют дистанционное регулирование, простой переход с одного вида внешних характеристик на другой.

Таблица 7

Универсальные источники питания для дуговой сварки

Параметр	ВДУ-505		ВДУ-506		ВДУ-601		ВДУ-1202	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Номинальный сварочный ток, А	500	500	500	500	630	630	1250	
Номинальное рабочее напряжение, В	46	50	46	50	52	56	56	
Пределы регулирования тока, А	50–500	60–500	50–500	60–500	50–630	65–630	250–1250	
Пределы регулирования напряжения, В	22–46	18–50	22–46	18–50	22–52	18–56	24–56	
КПД, %	82	82	79	79	75	75	83	
Первичная мощность, кВА	40	40	40	40	60	60	120	
Габариты, мм	790×670×880		820×620×1100		860×690×1100		1150×700×950	
Масса, кг	300	300	300	300	320	320	596	

Выпрямитель для импульсно-дуговой сварки (ВДГИ) обеспечивает питание сварочной дуги пульсирующим однополярным током, т. е. постоянным базовым током, на который периодически с частотой 50 или 100 Гц накладываются кратковременные импульсы тока. Выпрямитель

входит в комплект полуавтомата ПДИ-304 для механизированной импульсно-дуговой сварки алюминия и нержавеющей сталей в среде аргона. Выпрямитель ВДГИ-302 имеет следующие технические характеристики: номинальный сварочный ток – 315 А; номинальное рабочее напряжение – 35 В; пределы регулирования тока 40—325 А; пределы регулирования напряжения – 10— 35 В; длительность импульса тока – 1,5—5,0 мс; КПД – 74 %; первичная мощность – 17,3 кВА; габариты – 720x593x938 мм; масса – 300 кг. Регулирование напряжения и тока – тиристорное. Внешние характеристики по импульсному току жесткие, а по базовому току изменяются от крутопадающих до жестких по мере увеличения сварочного тока. В случае, когда целесообразно по условиям работы использовать один источник питания для нескольких потребителей, применяются многопостовые сварочные системы. В этих системах один многопостовый выпрямитель снабжает энергией несколько сварочных постов. Выпрямители серии ВДМ с реостатным регулированием выполняются на кремниевых диодах и имеют жесткую внешнюю характеристику, что обеспечивает независимую работу отдельных сварочных постов. Для получения падающих характеристик и регулирования тока на каждом сварочном посту используют ступенчатый балластный реостат (табл. 8).

Таблица 8

Технические данные выпрямителей серии ВДМ

Выпрямители	ВДМ-6301	ВДМ-1201	ВДМ-4301
Номинальный сварочный ток, А	630	1 250	–
Продолжительность нагрузки ПН, %	100	100	–
Номинальное рабочее напряжение, В	60	60	–
КПД, %	86	89	65
Первичная мощность, кВА	47	95	126
Габариты, мм	700×600×600	1050×700×950	1400×785×1220
Масса, кг	200	380	710
Количество сварочных постов, шт.	4	8	4
Номинальный ток поста, А	315	315	315
Продолжительность нагрузки ПН, %	60	60	60
Пределы регулирования тока поста, А	15–315	15–315	60–315

Преимущества многопостовых систем связаны с относительно небольшой стоимостью сварочного оборудования, простотой обслуживания, высокой загрузкой и высокой экономичностью многопостовых выпрямителей. Однако КПД сварочных постов снижается из-за значительных потерь электроэнергии в балластных реостатах. Многопостовые выпрямители ВДМ-4х301 с тиристорным регулированием имеют единый трансформатор и самостоятельные тиристорные блоки с устройством фазового управления для каждого поста. Тиристорные блоки выполнены по двойной трехфазной схеме уравнивающим дросселем в катодных цепях тиристорного блока. Автономное тиристорное регулирование позволяет обеспечить стабилизацию режима поста при колебаниях напряжения в сети, местное и дистанционное включение поста и плавное регулирование тока. Технические данные многопостовых выпрямителей приведены выше.

6. Источники со звеном повышенной частоты

Освоение производства источников питания со звеном повышенной частоты является перспективным и интенсивным направлением совершенствования оборудования для дуговой сварки. Ниже приводятся сведения об инверторных источниках тока ВДУЧ-301 и ВДЧИ-251 (табл. 9).

Таблица 9

Технические характеристики инверторных источников питания

Параметр	ВДУЧ-301		ВДЧИ-251
	I	II	III
Номинальный сварочный ток, А	315	315	250
Номинальное напряжение, В	36	33	35
Пределы регулирования тока, А	60–315	60–315	30–250
Пределы регулирования напряжения, В	16–36	22–33	21–35
КПД, %	75	75	75
Продолжительность включения ПВ, %	60	60	60
Первичная мощность, кВА	15,5	15,5	12,0
Габариты, мм	400×640×575	400×640×575	335×660×450
Масса, кг	70	70	50

Включение высокочастотного звена в структуру источников сварочного тока позволяет существенно снизить их массу и габаритные размеры, повысить КПД и коэффициент мощности, обеспечив широкие пределы регулирования и хорошие сварочные технологические свойства. Инверторный тиристорный источник ВДУЧ-301 с плогопадающими и крутопадающими внешними характеристиками является универсальным выпрямителем для механизированной сварки в среде защитных газов и для ручной дуговой сварки. Инверторный транзисторный источник ВДЧИ-251 предназначен для ручной дуговой сварки штучными электродами на постоянном токе в непрерывном и импульсном режимах. Выпрямитель имеет падающие внешние характеристики. Сравнительные технические характеристики некоторых зарубежных инверторных источников приведены в табл. 10.

Таблица 10

Технические характеристики зарубежных инверторных источников
питания

Показатель	Коврак-400 (Австрия)	ЛНН-400 (Швеция)	Hilarc-250 (Финляндия)
Номинальная мощность, кВА	19,1	–	7,4
Пределы регулирования сварочного тока, А	30–400	30–400	10–250
Напряжение холостого хода, В	80	65–75	80
Сварочное напряжение (максимальное при плавном регулировании), В	36	36	30
Габариты, мм	490×450×260	520×420×285	585×415×275
Масса, кг	35	45	45

Глава 3 СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

1. Общие сведения о сварочных аппаратах

В данной главе рассмотрены сварочные аппараты для механизированной и автоматической дуговой сварки и их отдельные узлы: подающие механизмы, сварочные горелки, флюсовая и газовая аппаратура. Аппарат для механизированной дуговой сварки, включающий сварочную горелку и механизм подачи электродной проволоки с ручным перемещением горелки, называют полуавтоматом. Аппарат для автоматической дуговой сварки, включающий сварочную головку, механизм для перемещения аппарата, подающий механизм с электродной проволокой и необходимые средства автоматизации, называют сварочным автоматом. Сварочные автоматы могут быть подвесными или тракторного типа. Сварочные автоматы устанавливаются на самоходных тележках, которые перемещаются вдоль свариваемых кромок по направляющим. Сварочные установки комплектуют из источника питания, сварочного аппарата или машины для сварки и механизмов относительного перемещения сварочной аппаратуры или изделия. Сварочные полуавтоматы и автоматы разрабатывают с использованием унифицированных (взаимозаменяемых) узлов. Это позволяет с наименьшими затратами быстро настроить аппарат при изменении технологического процесса сварки, улучшить ремонтоспособность. Унифицированными узлами аппаратов являются подающие механизмы, прижимные и направляющие устройства, механизмы подъема и перемещения тележек, сварочные горелки и механизмы их перемещения, а также приводы механизмов подачи электродной проволоки и т.д. Развитие сварочных полуавтоматов и автоматов направлено на совершенствование унификации их узлов, снижение массы и расширение технологических возможностей с целью обеспечения высокого качества сварных изделий. Принята единая система обозначения аппаратов для дуговой сварки, состоящая из буквенно-цифровых индексов. Первые две буквы обозначают наименование изделия и способ сварки: ПД – полуавтомат для дуговой

сварки; АД – автомат для дуговой сварки; УД – установка для дуговой сварки. Третья буква обозначает вид защиты сварочной дуги; Ф – флюсовый; Г – газовый; ФГ – флюсогазовый.

Так как полуавтоматы для дуговой сварки применяют в основном для сварки в среде защитных газов, то третья буква в их обозначении иногда опускается. Первая цифра, следующая за буквенными индексами, указывает сварочный ток в сотнях ампер. Вторая и третья цифры обозначают модификацию полуавтомата или автомата. Буквенный индекс, следующий за третьей цифрой, указывает на климатическое исполнение. Последний цифровой индекс указывает на категорию размещения.

Примеры обозначений:

ПДГ-516УЗ – полуавтомат для дуговой сварки, газовая защита сварочной дуги, номинальный сварочный ток 500 А; шестнадцатая модификация (модель), эксплуатация в районах с умеренным климатом, в помещениях с естественной вентиляцией и отоплением; АДГФ-501УХЛ4 – автомат для дуговой сварки, защита сварочной дуги как флюсом, так и газом; номинальный сварочный ток 500 А первая модификация, эксплуатация в районах с умеренным и холодным климатом, в помещениях с принудительной вентиляцией и отоплением; УДГ-301УХЛ4 – установка для дуговой сварки на переменном токе, газовая защита сварочной дуги, сварочный номинальный ток 315 А; первая модификация, эксплуатация в районах с умеренным и холодным климатом, в помещениях с принудительной вентиляцией и отоплением. Сварочные аппараты для других видов электрической сварки плавлением имеют свою систему обозначения: А – аппарат; У – установка. Цифры показывают регистрационный номер изделия, например: У579 – установка для электронно-лучевой сварки; У875 – установка для электрошлаковой сварки; А1734 – аппарат (автомат) для электрошлаковой сварки плавящимся мундштуком.

2. Полуавтоматы для дуговой сварки и их основные узлы

В настоящее время широко применяется механизированная сварка. Это объясняется высокой маневренностью полуавтоматов, возможностью производить сварку в труднодоступных местах. Механизированная сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительномонтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д. Полуавтоматы для дуговой сварки плавящимся электродом классифицируют по нескольким признакам в соответствии со стандартом. По способу защиты сварочной дуги принята следующая классификация полуавтоматов: в активных защитных газах (Г); в инертных газах (И); под флюсом (Ф); открытой дугой (О). По способу регулирования скорости подачи электродной проволоки выпускаются полуавтоматы с плавным, ступенчатым и комбинированным регулированием. Полуавтоматы различают также по способу подачи электродной проволоки: толкающему, тянущему, универсальному. По способу охлаждения горелки выпускают полуавтоматы с естественным охлаждением горелки (до 300 А) и с принудительным охлаждением (500 А). Срок службы сварочных полуавтоматов – 5 лет со сменой сварочной горелки через каждые полгода. В полуавтоматах механизирована только подача электродной проволоки, которая подается в зону горения дуги через гибкий пустотелый шланг, поэтому такие полуавтоматы называют шланговыми. Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей плавящимся электродом в среде углекислого газа во всех пространственных положениях, кроме потолочного, широко применяются полуавтоматы серии ПДГ. Стабилизация выходных параметров источника питания совместно со стабилизацией скорости подачи электродной проволоки позволяет получать сварные соединения высокого качества. Полуавтоматы этой серии состоят из подающего механизма, источника питания постоянного тока или импульсного источника питания, сварочной горелки, газовой аппаратуры и соединительных гибких шлангов. В комплект полуавтомата входит сварочная горелка типа ГДПГ.

Управление полуавтоматом осуществляется специальным блоком БУСП-2 (блок управления сварочными полуавтоматами) (рис. 26).

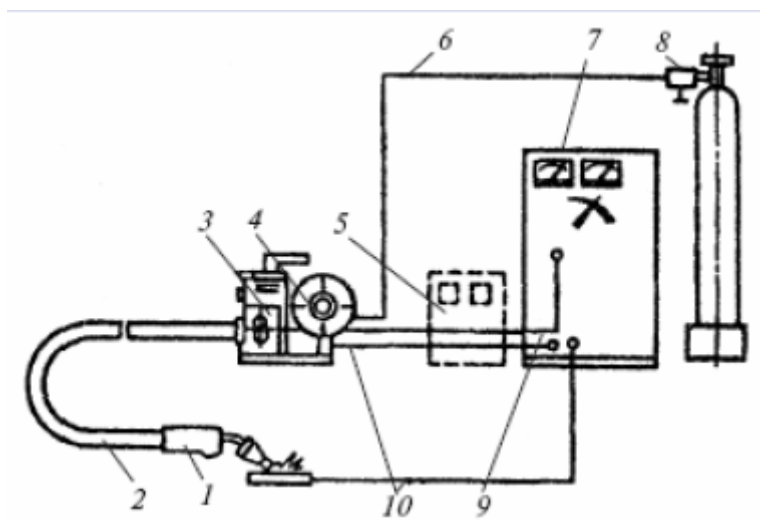


Рис. 26. Полуавтомат ПДГ в комплекте с основными узлами: 1 – сменная газовая горелка; 2 – шланг для подачи электродной проволоки; 3 – подающий механизм; 4 – кассета для электродной проволоки; 5 – блок управления БУСП-2; 6 – газовый шланг; 7 – источник питания; 8 – газовая аппаратура; 9 – провода цепи управления; 10 – сварочный кабель

В режиме наладки блок управления обеспечивает выполнение следующих операций: включение подачи газа для настройки его расхода или дозировки; установка заданной скорости подачи проволоки; выбор рабочего цикла для сварки длинными, короткими и точечными швами. В режиме сварки блок управления обеспечивает выполнение команд начала и окончания сварки. При поступлении команды начала сварки включается подача газа, затем источник питания и через 0,5 с включается подача проволоки. При поступлении команды о прекращении сварки выключается электродвигатель подающего механизма и производится его торможение, отключается источник питания и подача защитного газа; блок управления возвращает схему в исходное положение. Полуавтоматы типа ПДИ обеспечивают сварку в импульсном режиме.

Полуавтоматом ПДГ-516 (ПШ-13) можно сваривать как сплошной стальной, так и порошковой проволоками. Для сварки в различных пространственных положениях некоторые типы полуавтоматов серии

ПДГ комплектуются консольно-поворотным устройством. Такие устройства позволяют увеличивать производительность сварочных работ как на стационарных установках (рис. 27), так и передвижных. Технические характеристики некоторых полуавтоматов приведены в табл. 11. В связи с унификацией основных узлов полуавтоматов более широкое распространение получают универсальные полуавтоматы (быстро переналаживаемые). Одним из таких полуавтоматов является ПШ-112. Полуавтомат предназначен для сварки самозащитной и порошковой проволокой, но легко и быстро переналаживается на сварку в углекислом газе сплошной проволокой.

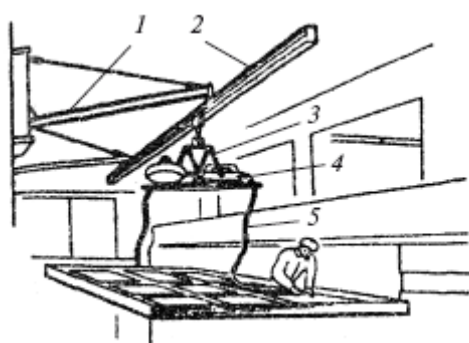


Рис. 27. Стационарная установка для механизированной сварки крупногабаритных изделий:

1 – консоль; 2 – монорельс; 3 – тележка; 4 – сварочный полуавтомат; 5 – гибкий шланг

Таблица 11

Технические данные полуавтоматов

Тип, марка	Условия сварки	ПВ, %	$I_{св.ном}$	$d_{э}$, мм	Уп. п., м/ч	Тип сварочного выпрямителя	Масса механизма подачи, кг
ПДГ-312 УЗ	В CO_2 изделий из малоуглеродистых сталей	60	315	1,0–1,4	75–960	ВДГ-303	13
ПДФ-502 УХЛ2	Под флюсом соединений арматуры железобетонных конструкций	60	500	1,6–2,5* 2,0–3,0**	120–1000	ВДУ-506	20
ПДГ-508	В CO_2 малоуглеродистых и конструкционных сталей	60	500	1,2–2,0	108–972	ВДУ-506	26

ПДГ-515УЗ	В СО ₂ малоуглеродистых и низколегированных сталей протяженными и прерывистыми швами	60	500	1,2–2,0	75–960	ВДУ-505	13
ПДГ-516УЗ	В СО ₂ стальных металлоконструкций	60	500	1,2–2,0	100–960	ВДУ-506	16
ПДО-517УЗ (А-765УЗ)	Порошковой проволокой открытой дугой постоянным током	60	500	2,0–3,0	100–750	ВДУ-506	29
ПДГ-603	Сплошной и порошковой проволокой в СО ₂ стальных металлоконструкций	60	630	1,2–2,5** 2,0–3,0***	98–1012	ВДУ-601	16
ПДИ-304УЗ	Для НДС алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей в аргоне	60	315	1,2–2,0**** 1,4–1,4*****	80–960	ВДГИ-302	13

* Номинальный. ** Сплошного сечения. *** Порошковая. **** Алюминиевая. ***** Стальная.

В этих полуавтоматах с помощью специального блока управления обеспечивается запрограммированная зависимость сварочного тока от марки электродной проволоки, ее диаметра, режима сварки. Это упрощает настройку полуавтомата. Режим сварки можно задавать изменением положения ручки регулятора напряжения источника питания. Кассетное устройство и блок управления расположены на шасси облегченной конструкции. Полуавтомат комплектуется четырехроликовым подающим механизмом типа «Изаплан». Технические характеристики некоторых универсальных полуавтоматов приведены в табл. 12.

Технические характеристики универсальных полуавтоматов

Параметр	ПШ-112	А-1197	А-1234	А-765	А-1660
Номинальный сварочный ток, А	500	500	200	450	400
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6–3,2	1,6–3,5	0,8–1,2	1,6–3	1,6–2
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	75–750	90–900	90–350	115–750	100–1000
Длина гибкого шланга, м	3	3; 4	1,5; 2,5	3; 4	3
Габаритные размеры подающего механизма, мм	1135× ×495×360	360×660× ×5680	364×290× ×130	760×500× ×550	530×330× ×350
Масса подающего устройства, кг	23	35	10	52	42

Примечания :

1. Для А-1660 габаритные размеры и масса указаны с учетом погружаемого контейнера для сварки под водой.

2. Полуавтоматы А-1197 производят сварку под флюсом и в среде защитного газа; полуавтомат ПШ-112 – в среде защитного газа и порошковой проволокой, остальные – порошковой проволокой.

Полуавтомат А-1197 применяется для сварки в углекислом газе сплошной или порошковой проволокой, а также для сварки под флюсом. Этот полуавтомат является аналогом полуавтомата ПШ-112. При технологической необходимости переналадки схема сборки одинакова. Вместо газовой аппаратуры устанавливают флюсовую. Полуавтомат А-1197 имеет две модификации: А-1197 с подающим механизмом, у которого электродная проволока подается с плавным регулированием электродвигателя постоянного тока; А-1197С с подающим механизмом, который работает от асинхронного электродвигателя. В этом случае регулирование скорости подачи проволоки осуществляется ступенями путем смены зубчатых колес (шестерен). Для работы в среде защитного газа в комплект полуавтомата входит сварочная горелка ГДПГ, а для

работы под флюсом – сварочная горелка А-1231-5-Ф2 или аналогичные ей.

Рабочим инструментом сварочного полуавтомата является сварочная горелка. Она предназначена для направления в зону сварочной дуги электродной проволоки, защитного газа или флюса. Конструкции сварочных горелок, применяемых в полуавтоматах, унифицированы в соответствии с технологическими требованиями.

Рукоятка сварочной горелки должна быть прочной и удобной в работе. С этой целью ее изготавливают из изоляционного материала в форме, наиболее удобной для руки сварщика. На рукоятке установлены предохранительный щиток и пусковая кнопка, которые должны быть размещены так, чтобы обеспечить защиту от ожогов руки сварщика и удобство управления пусковой кнопкой.

Наиболее ответственными элементами сварочной горелки являются сопло и токоподводящий наконечник.

Сопло горелки во время работы находится в зоне высокой температуры, расплавленный металл налипает на поверхность сопла при разбрызгивании. В целях уменьшения налипания брызг расплавленного металла поверхность сопла горелки следует хромировать и полировать или изготавливать из специальной керамики, или применять специальные аэрозоли. Для неохлаждаемых горелок применяется одно сменное сопло, которое изготавливается, как правило, из меди. Для водоохлаждаемых горелок применяются два сопла – одно водоохлаждаемое несъемное, другое съемное для периодической зачистки от налипших брызг.

Наиболее широкое применение получили медные наконечники со сроком службы 5–10 ч непрерывной работы. Применяют также медно-графитовые и медно-вольфрамовые наконечники. Для надежной защиты зоны сварочной дуги от влияния окружающего воздуха необходимо, чтобы поток защитного газа был спокойным, без завихрений, равномерным (ламинарным).

Для подачи газа в сварочные горелки разработаны различные схемы, представленные на рис. 28.

Технические характеристики некоторых сварочных горелок приведены в табл. 13 и 14.

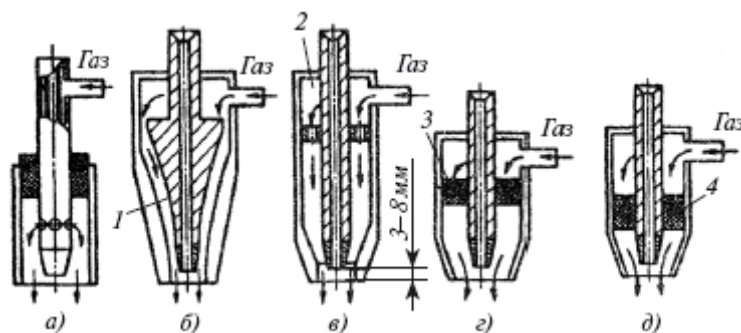


Рис. 28. Схемы питания сварочных горелок защитным газом: а – с кольцевым подводом газа; б – с отражателями (1); в – с успокоительными камерами (2); г – с сеточными вставками (3); д – с металлокерамическими вставками (4)

Таблица 24

Техническая характеристика горелок для механизированной сварки плавящимся электродом

Тип горелки	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Габарит, мм	Масса, кг
А-547УМУЗ	250	1–1,2	290×28×128	2,9
А-1231-4-Г2УЗ	400	1,6–2	284×110×160	5,4
А-1231-5-Г2УЗ	500	1,2–2		5,4
А-1231-5-Г3УЗ	500	2–3		5,6
А-1231-5-02УЗ	400	1,2–2	239×110×120	5,4
А-1231-5-02УЗ	500	1,6–2		5
А-1231-5-03УЗ	500	2–3		5
ИГД-401УЗ	400	1,2–1,6	326×90×137	4,7
ИГД-402УЗ	400	1,2–1,6		4,2
ИГД-501УЗ	500	1,4–2		4,7
ИГД-502УЗ	500	1,4–2		4,2

Примечание. Длина рукава горелки А-547УМУЗ – 2,5 м, остальных – 3 м.

Таблица 14

Техническая характеристика унифицированных горелок типа ГДПГ для механизированной сварки плавящимся электродом

Тип горелки	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Длина рукава, мм	Габарит, мм	Масса (без рукава), кг
ДПГ-101-8УЗ	160	0,8–1,2	2	254×60×113	0,45
ГДПГ-101-9УЗ	160	0,8–1,2	1		
ГДПГ-101-10УЗ	160	0,8–1,2	2		
ГДПГ-102УЗ	160	1,2–1,6	2	266×50×125	0,6
ГДПГ-301-6У4	315	1,2–1,4	3		
ГДПГ-301-7У4	315	0,8–1,4	1		
ГДПГ-301-8У4	315	1,2–1,4	3		
ГДПГ-302У4	315	1,6–2	2	268×90×125	0,7
ГДПГ-501-4У4	500	1,6–2	3		
ГДПГ-603У4	630	1,6–2,5	3		

Основным параметром сварочных горелок является номинальный сварочный ток, который должен соответствовать стандартному ряду: 125; 160; 220; 250; 315; 400; 500; 630 А.

Сварочные горелки ГДПГ-302 и ГДПГ-502 аналогичны по конструкции горелке ГДПГ-501-4 и имеют водяное охлаждение.

Горелки ГДПГ-101-10, ГДПГ-102, ГДПГ-301-8 рассчитаны на малые токи и поэтому не имеют водяного охлаждения. Соответственно у них отсутствуют водоохлаждаемое сопло и водоподводящие шланги.

При механизированной сварке под флюсом применяют сварочные горелки с бункером для флюса и по мере необходимости – водоохлаждающим соплом. При сварке неплавящимся электродом токоподводящий наконечник заменяется специальным зажимом (цангой).

Для подачи электродной проволоки от полуавтомата к сварочной горелке используют гибкие шланги. Для сварочных горелок, работающих на токах до 315 А включительно, в гибком шланге проложены провода цепей управления и сварочного тока, а по направляющему каналу проходит электродная проволока. При высоких значениях тока в гибком шланге по направляющему каналу проходит только электродная проволока.

Для подвода цепей управления и сварочного тока имеется специальный шланг. Защитный газ подается в сварочную горелку по специальным шлангам. Завод-изготовитель обычно комплектует сварочные горелки и гибкие шланги к ним.

В зависимости от материала и диаметра электродной проволоки гибкие шланги изготавливают длиной 2,0—3,0 м.

При движении электродной проволоки по направляющему каналу гибкого шланга происходит засорение или повреждение канала, поэтому направляющие каналы должны быть сменными. При работе с обедненной стальной электродной проволокой срок службы направляющих каналов и самих шлангов увеличивается почти в 2 раза. Диаметр канала и диаметр проволоки должны быть строго согласованы. Конструкции некоторых типов гибких шлангов приведены на рис. 29.

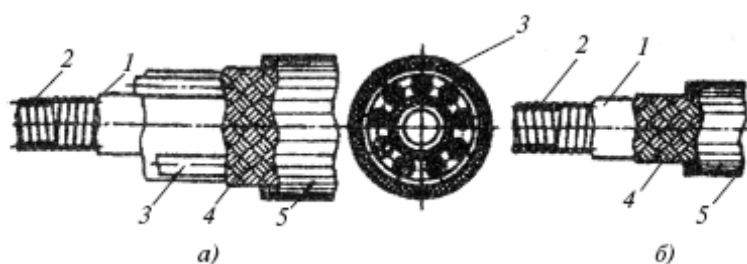


Рис. 29. Конструкции гибких шлангов: а – типа КШПЭ; б – КМ; 1 – защитный слой; 2 – направляющий канал; 3 – провода цели управления; 4 – внутренняя защитная оболочка; 5 – наружный защитный слой

Электродная проволока перемещается от полуавтомата через гибкий шланг к сварочной горелке с помощью подающего механизма. Существуют различные схемы подающих механизмов. В схеме толкающего типа электродвигатель подающего механизма имеет жесткую характеристику. Такая схема применяется при сварке стальной электродной проволокой. В схеме тянущего типа подающий механизм размещается непосредственно с горелкой. Такое расположение подающего механизма снижает сопротивление проталкивания сварочной проволоки и поэтому можно увеличить длину гибкого шланга. Однако это приводит к увеличению массы горелки и снижению ее маневренности. Применяют комбинированные варианты подающих механизмов, работающих по схеме «тяги-толкай». В этом случае требуется установка дополнительного электродвигателя с направляющими роликами.

Для синхронизации процесса «тяги-толкай» необходимо установить два электродвигателя: толкающий и тянущий.

Электродвигатель тянущего механизма, натянув электродную проволоку, автоматически снижает свои обороты. Толкающий электродвигатель имеет постоянные обороты. При включении электродвигателей от пусковой кнопки одновременно подается напряжение на конец сварочной проволоки. При касании проволоки свариваемого изделия зажигается дуга, и начинается процесс сварки. Подающие механизмы, перечисленные выше, являются редукторными.

Применяют три модификации редукторных подающих механизмов: ПМЗ-1 – подающий механизм закрытого типа с кассетой для стальной проволоки массой 5 кг; ПМО-1 – подающий механизм открытого типа с кассетой стальной проволоки массой 12 и 20 кг; ПМТ-1 – подающий механизм с тележкой с бухтой стальной проволоки массой до 50 кг.

Выпускают новые конструкции безредукторных подающих механизмов: планетарные «Изаплан» и импульсные «Интермигмаг» (с пульсирующей подачей проволоки). Основными элементами механизма «Изаплан» (рис. 30) являются планетарные подающие ролики (1), корпус (2) с коническим отверстием, основание головки (3), электропривод (4).

Безредукторный подающий механизм «Интермигмаг» применяют при импульсно-дуговой сварке.

Планетарная подающая головка «Изаплан» укреплена на полом вала электродвигателя постоянного тока.

Электродная проволока проходит через полый валик и поступает на планетарные ролики подающей головки.

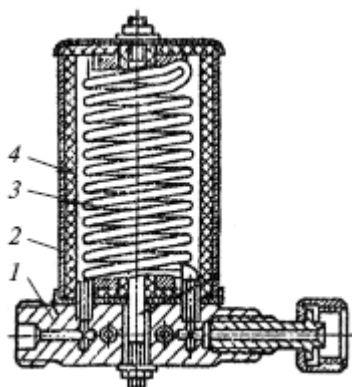


Рис. 31. Подогреватель углекислого газа: 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – трубка-змеевик; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – нагревательный элемент; 6 – накидная гайка

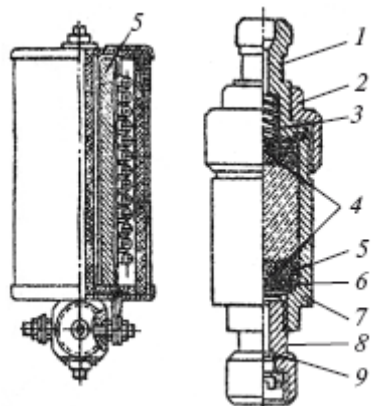


Рис. 32. Осушитель углекислого газа: 1 – втулка; 2 – накидная гайка; 3 – пружина; 4 – сетки; 5 – фильтр; 6 – сетчатая шайба; 7 – корпус; 8 – штуцер; 9 – сетка

Редуктор предназначен для снижения давления защитного газа после баллона. При использовании углекислого газа применяют стандартные баллонные редукторы для кислорода – ДКД-8-65 или специальные для CO₂ – У-30.

При сварке в инертных газах применяются редукторы давления: АР-10, АР-40 и АР-150.

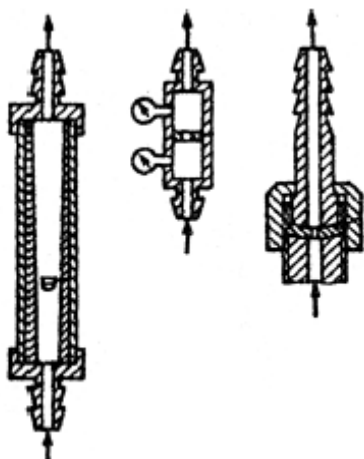


Рис. 33. Расходомеры: а – с конусной стеклянной трубкой (ротаметр): 1 – стеклянная трубка; 2 – поплавок; 3 – корпус; б – с дросселирующей диафрагмой (P₁—P₂ – перепад давления); 1 – диафрагма; в – с калиброванной диафрагмой; 1 – диафрагма

Расходомеры предназначены для измерения расхода газа, благодаря чему можно поддерживать дозировку защитного газа. Различают несколько разновидностей расходомеров: поплавковый (ротаметр), дроссельный (с калиброванным отверстием в диафрагме) и их разновидности (рис. 33).

В комплект аппаратуры сварочного поста входит и отсекающий газ. Отсекающий газ – это электромагнитный клапан, который предназначен для автоматического управления подачей газа. Включение электромагнитного клапана заблокировано с пусковой кнопкой полуавтомата, что обеспечивает продувку газовых каналов и подготовку защитной среды перед зажиганием сварочной дуги, а также сохранение защитной среды после гашения дуги до полного остывания металла.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки?
2. Почему применяют унифицированные узлы на полуавтоматах и автоматах?
3. Расскажите о системе обозначения аппаратов для дуговой сварки.
4. Расшифруйте марку ПДГ-516УЗ.
5. Каковы достоинства полуавтоматов?
6. По каким признакам классифицируются полуавтоматы?
7. Из каких основных элементов состоит горелка?
8. Расскажите о назначении гибких шлангов.
9. Какие типы подающих механизмов вы знаете?
10. Расскажите о достоинствах подающего механизма «Изаплан».
11. Что входит в комплект сварочного поста для сварки в среде защитных газов?
12. Какие типы расходомеров вы знаете? Расскажите об их устройстве.
13. Какие операции обеспечивает блок управления БУСП-2?

14. Для каких целей комплектуют полуавтоматы ПДГ консольно-поворотным устройством?

15. Расскажите о применении полуавтомата ПШ-112 и его достоинствах.

16. Расскажите об особенностях полуавтомата А-1197.

3. Автоматы для сварки плавящимся электродом

Автоматы тракторного типа АДФ и АДГ предназначены для дуговой сварки под флюсом и в среде защитного

газа стыковых и угловых соединений типа «тавр» или «лодочка» электродной проволокой сплошного сечения.

Сварку можно выполнять как внутри колеи, так и вне ее на расстоянии до 200 мм. Размер колеи не должен

превышать 295 мм. Положение дуги (электрода) контролируется с помощью светуказателя. Все элементы

управления сварочным процессом и перемещением трактора расположены на пульте управления.

Для сварки под флюсом на переменном токе автоматы АДФ комплектуют сварочными трансформаторами ТДФ-

1002, ТДФ-1601, ГДФЖ-2002.

Для сварки под флюсом и в среде защитного газа на постоянном токе автоматы АДФ и АДГ

комплектуют универсальными выпрямителями ВДУ-505 или ВДУ-1201.

Технические характеристики автоматов указаны в табл. 15.

Технические характеристики автоматов транспортного типа

Тип, марка	Назначение	ПВ, %	Номинальный сварочный ток, кА	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Источник питания	Масса автомата, кг	Изготовитель
АДГ-602, УХЛ4	В CO ₂ низкоуглеродистых и низколегированных сталей	60	0,63	1,2–3,0	120–960	ВДУ-601У3	60	З-д «Электрик»
АДФ-1002, У2	Под флюсом	100	1,0	3,0–5,0	60–360	ТДФЖ-1002	45	З-д «Искра»
АДФ-1202, У3	Под флюсом	100	1,25	2,0–6,0	60–360	ВДУ-1201	78	З-д «Электрик»
А-1406, УХЛ4	Для комплектации наплавочных станков У-653, У-654 (подвесная)	100	1,0	2,0–5,0* 2,0–3,0**	17–553	ВДУ-1202	215	КЗЭСО
А-1412, УХЛ4	Для сварки под флюсом на переменном токе	100	2×16	2×(2–5)	17–553	ТДФЖ-2002	–	КЗЭСО
А-1416	Под флюсом на постоянном токе	100	1,0	2,0–5,0	49–509	ВДУ-1202	365	КЗЭСО
АДФ-2001, УХЛ4	Под флюсом соединений стержней арматурной стали	60	2,0	8–40***	54***	ТДФЖ-2002	385	ТЗЭСО

* Сплошная. ** Порошковая. *** Стержни.

Для дуговой сварки изделий с различными формами и размерами сварных швов таких, как криволинейные швы, швы с переменным сечением, применяют автоматы подвесного типа. В большинстве случаев автоматы подвесного типа самоходные. Их перемещение осуществляется по направляющему монорельсу с помощью самоходной тележки. Автоматы комплектуют источником питания переменного или постоянного тока, которые обеспечивают номинальный сварочный ток и имеют необходимую внешнюю характеристику.

Промышленность выпускает автоматы серии А-1400. Для сварки под флюсом углеродистых сталей применяют автоматы А-1401, А-1410.

Для дуговой сварки в среде углекислого газа углеродистых сталей – автоматы А-1417; для дуговой сварки в среде инертного газа изделий из алюминия и его сплавов применяют автоматы А-1431 и т. д. Сварочные автоматы серии А-1400 рассчитаны на длительную работу и могут применяться как самостоятельно, так и входить в комплект автоматических линий. Отличительной особенностью этих автоматов является их пригодность для дуговой сварки различных типов швов. Они обеспечивают широкий диапазон регулирования режимов сварки, а

также возможность быстрой переналадки при изменении сварочной технологии.

Технические характеристики некоторых автоматов серии А-1400 приведены в табл. 16.

Таблица 16

Технические характеристики самоходных автоматов подвешного типа

Тип, марка	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость, м/ч		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
			подачи электродной проволоки	сварки		
А-1406	1000	2–5	13–133	12–120	1010×890×1725	215
А-1410	2000	2–5	53–532	24–240	1070×845×1820	325
А-1411П	1000	2–4	53–530	12–120	890×960×1650	350
А-1416	1000	2–5	17–558	12–120	1820×815×930	365
А-1417	1000	2–5	53–532	12–120	1070×770×1650	240
А-1431	750	1,4–4	80–800	12–120	1070×770×1650	240
АД-П1	315	1,4	–	10–70	515×405×1480	80
ГДФ-1001	100	3–5	55–558	–	1845×1050×1680	298
АД-143	1200	3–4	60–600	3–30	1400×610×1265	297

Примечания:

1. Автоматы А-1410, А-1416 и ГДФ-1001 применяют для сварки под флюсом; автомат А-1406 – под флюсом и в среде углекислого газа; автомат А-1417 – в среде углекислого газа; автомат А-141117 – в среде углекислого и инертного (аргон) газов; автоматы А-1431 и АД-143 – в среде аргона; автомат АД-Ш – в среде аргоно-кислородной смеси.

2. Для автоматов АД-111 режим работы ПВ = 60 %, для остальных автоматов ПВ = 100 %.

3. Для автомата АД-143 диаметр неплавящегося электрода 8–12 мм, скорость его перемещения 14–21 м/ч.

Одним из направлений повышения производительности сварочного процесса является увеличение скорости сварки. Однако скорость перемещения серийных сварочных автоматов, выпускаемых для различных способов дуговой сварки, доведена до предельного значения.

Поэтому большое значение имеет концентрация операций при одновременной сварке в нескольких местах одного или нескольких изделий. Для этого выпускают и применяют многодуговые сварочные автоматы.

Основными преимуществами многодуговой сварки по сравнению с однодуговой при прочих равных условиях является уменьшение сварочных деформаций, увеличение объема продукции с единицы производственной площади и более компактное размещение источников питания.

На базе однодугового автомата унифицированной серии А-1400 создан двухдуговой автомат А-1412 подвесного типа, который предназначен для дуговой сварки под флюсом изделий из углеродистых сталей с различной формой свариваемых кромок.

Технические характеристики некоторых многодуговых автоматов приведены в табл. 17.

Таблица 17

Техническая характеристика многодуговых автоматов

Тип, марка	Номинальный сварочный ток, А	Число электродов, шт.	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость, м/ч		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
				подачи электродной проволоки	сварки		
А-1412	2×1600	2	2–5	53–532	24–240	1388×845×1820	390
А-171Э	1500	3	3–5	100–400	80–300	–	1340
А-1599	1800	2	3–5	125–560	80–250	–	680
А-1373	1800	3	3–5	100–500	45–270	1650×1620×2370	850
АД-132	300	5 и 2	1–2	5–50	5–50	310×350×305	10
ДТС-38	2×1600	2	2–5	58–580	16–160	900×410×930	85

Примечания:

1. Автомат АД-132 применяют для сварки в среде аргона или гелия, остальные – для сварки под флюсом.

2. Для автоматов А-1412 и А-1373 режим работы ПВ = 100 %; для автоматов А-1713 и А-1599 ПВ = 80 %, для автомата ДТС-38 ПВ = 65 % и для автомата АД-132 ПВ не более 30 %.

3. Габаритные размеры для автоматов А-1713 и А-1599 соответственно, мм.

Контрольные вопросы:

1. Для каких видов сварки предназначены автоматы тракторного типа АДФ и АДГ?

2. Какими источниками питания могут комплектоваться автоматы типа АДФ и АДГ?

3. Для чего выпускаются и применяются автоматы подвесного типа?

4. В чем различие однодуговых и двухдуговых автоматов?

Глава 4

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Электродные материалы

При электрической сварке плавлением применяются следующие сварочные материалы: сварочная проволока, неплавящиеся и плавящиеся электродные стержни, покрытые электроды. Стальная сварочная проволока, предназначенная для сварки и наплавки, регламентируется стандартами. Она классифицируется по группам и маркам стали: низкоуглеродистая – 6 марок, легированная – 30, высоколегированная – 39 марок. Обозначение марок проволоки составляется из сочетания букв и цифр. Первые две буквы «Св» означают – сварочная проволока. Следующие за ними первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента. Далее следуют буквенные обозначения элементов, входящих в состав проволоки. При содержании легирующих элементов в проволоке до 1 % ставится только буква этого элемента, если содержание легирующих элементов превышает 1 %, то после буквы указывается процентное содержание этого элемента в целых единицах. Условные обозначения легирующих элементов в проволоке приведены в табл. 1. Например, Св-08ГС расшифровывается следующим образом: Св – сварочная; 0,8 % углерода; до 1 % марганца; до 1 % кремния. Более точные составы сварочных проволок указаны в табл. 18.

Некоторые марки сварочной проволоки

Марка проволоки	Массовое содержание элементов, %										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	Ti	V	S и P не более	Прочие элементы
Низкоуглеродистая проволока											
Св-08	≤ 0,10	≤ 0,03	0,35–0,60	≤ 0,15	≤ 0,30	–	–	–	–	0,04 0,04	≤ 0,01 Al
Св-08А	≤ 0,10	≤ 0,03	0,35–0,60	≤ 0,10	≤ 0,25	–	–	–	–	0,03 0,03	–
Св-08ГА	≤ 0,10	≤ 0,03	0,8–1,1	≤ 0,10	≤ 0,25	–	–	–	–	0,03 0,03	–
Легированная проволока											
Св-08 Г2С	0,05–0,11	0,70–0,95	1,8–2,1	≤ 0,20	≤ 0,25	–	–	–	–	≤ 0,025 0,03	–
Св-08 ГСМТ	0,06–0,11	0,40–0,70	1,00–1,30	≤ 0,30	≤ 0,30	0,20–0,40	–	0,05–0,12	–	0,026 0,03	–
Св-18 ХГС	0,15–0,22	0,90–1,20	0,80–1,10	0,80–1,10	≤ 0,30	–	–	–	–	0,025 0,03	–
Св-18 ХМА	0,15–0,22	0,12–0,35	0,40–0,70	0,80–1,10	≤ 0,30	0,15–0,30	–	–	–	0,025 0,025	–
Св-08 ХНМ	≤ 0,10	0,12–0,35	0,50–0,80	0,70–0,90	0,80–1,20	0,25–0,45	–	–	–	0,025 0,03	–
Св-08 ХЗГ2СМ	≤ 0,10	0,45–0,75	2,0–2,5	2,00–3,00	< 0,30	0,30–0,50	–	–	–	0,03 0,03	–
Св-10 Х5М	≤ 0,12	0,12–0,35	0,40–0,70	4,00–5,50	≤ 0,30	0,40–0,60	–	–	–	0,25 0,03	–
Св-08 МНФБА	0,06–0,10	0,12–0,30	0,35–0,50	1,10–1,40	0,65–0,90	0,80–1,00	–	–	0,20–0,3	0,25 0,25	0,10–0,23 Nb

Для плавящихся электродов наиболее распространенным материалом является холоднотянутая калиброванная проволока диаметром 0,3–12,0 мм, а также горячекатаная или порошковая проволока, электродные ленты и электродные пластины. Если в конце марки проволоки стоит буква А, то эта проволока изготовлена из более высококачественной стали (с меньшим содержанием вредных примесей – серы и фосфора). Проволоку поставляют в мотках, намотанную на катушки, или в кассетах. Поверхность проволоки должна быть чистой, без окалины, ржавчины, грязи и масла. Низкоуглеродистая и легированная проволоки подразделяются на неомедненную и омедненную. Омедненная проволока находит все большее применение. По особым требованиям проволоку изготавливают из стали, выплавленной электрошлаковым, вакуум-дуговым или вакуум-индукционным методом.

Различные виды проволоки имели свое условное обозначение: Э – для изготовления электродов; О – омедненная; Ш – полученная из стали, выплавленной электрошлаковым переплавом; ВД – полученная из

стали, выплавленной вакуум-дуговым переплавом; ВИ – полученная из стали, выплавленной в вакуум-индукционной печи. К каждому мотку проволоки должна быть прикреплена бирка, в которой указывается завод-изготовитель, марка стали, диаметр проволоки, стандарт. К каждой партии проволоки прилагается документ (сертификат), удостоверяющий соответствие проволоки требованиям стандартов. Стальная сварочная проволока применяется для изготовления покрытых штучных электродов, для сварки под флюсом и в среде защитных газов.

Если сварочная проволока не обеспечивает требуемого химического состава наплавленного металла, то применяют порошковую проволоку. Эта проволока представляет собой низкоуглеродистую стальную оболочку, внутри которой запрессован порошок. Этот порошок состоит из ферросплавов, за счет которых осуществляется легирование металла шва или железный порошок для увеличения наполнения шва. Порошковую проволоку изготавливают сворачиванием ленты в трубку при протяжке ее через калиброванное отверстие (фильеру). В практике находят применение трубчатые и другие конструкции порошковой проволоки, некоторые из них приведены на рис. 34.

Более сложные конструкции порошковой проволоки приводят к увеличению глубины противления, уменьшению выгорания полезных примесей (марганца и кремния), снижению содержания кислорода и азота в наплавленном металле, более равномерному плавлению сердечника. По составу сердечника порошковая проволока делится на пять типов: ПП-АН1; ПП-АН7; ПП-2ДСК; ПП-АН10 и ПП-АН9. Из них первые три типа используют для сварки без дополнительной защиты, а два последних – для сварки в углекислом газе. В табл. 19 приведены характеристики некоторых типов самозащитных порошковых проволок.



Рис. 34. Некоторые виды конструкций порошковой проволоки: 1 – трубчатая; 2 – с нахлестом; 3, 4 – с загибом в оболочке; 5 – двухслойная

Характеристика некоторых типов самозащитных порошковых проволок

Марка проволоки	Диаметр, мм	Режим сварки		Производительность, кг/ч	Металл шва					
		I, А	U, В		Массовое содержание, %			Механические свойства		
					С	Mn	Si	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²
ПП-2Н1	2,8	200–350	24–28	2–5	0,06–0,10	0,6–0,8	0,07–0,15	500–560	18–24	80–120
ПП-АНЗ	3,0	300–500	25–30	5–9	0,07–0,12	0,2–0,45	0,20–0,45	500–560	24–30	140–180
ПП-2ДСК	2,3	340–450	25–32	6–8	0,09–0,13	0,13–0,40	0,13–0,40	480–520	22–30	140–170

В качестве плавящихся электродов для автоматической наплавки под слоем флюса поверхностей больших размеров и для получения небольшого провара основного металла применяют электродную ленту. Электродная лента изготавливается различного химического состава в зависимости от назначения. Толщина готовой ленты 0,2–1,0 мм и ширина 15–100 мм. Для легирования наплавляемого металла изготавливают порошковую ленту (рис. 35).

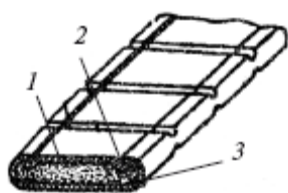


Рис. 35. Порошковая лента: 1 – нижняя лента; 2 – верхняя лента; 3 – шихта

Неплавящиеся электродные стержни изготавливают из электротехнического угля или синтетического графита, а также из вольфрама. Угольные и графитовые электроды имеют форму цилиндрических стержней диаметром 5–25 мм и длиной 200–300 мм. Конец электродов затачивается на конус.

Графитовые электроды более электропроводны и обладают большей стойкостью против окисления на воздухе при высоких температурах. Это позволяет применять повышенную плотность тока и сократить расход электродов.

Наиболее широкое применение имеют вольфрамовые электроды. Они изготавливаются из чистого вольфрама или с различными присадками следующих марок: ЭВЧ, ЭВЛ, ЭВИ-1, ЭВИ-2. Наличие

присадок (1—3 %) обеспечивает улучшенное зажигание дуги, повышает стойкость электрода при повышенной плотности тока. Электроды из вольфрама с активизирующими присадками применяют для сварки переменным и постоянным током прямой и обратной полярности.

Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой металлический стержень, на поверхность которого методом окунания или опрессовкой под давлением наносится покрытие (обмазка) определенного состава и толщины.

Покрытие должно обеспечить устойчивое горение дуги, получение металла шва требуемого химического состава и свойств и др. Эти требования обеспечиваются материалами электродного стержня и покрытия, в состав которых входят стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и другие вещества.

Стабилизирующие вещества предназначены для обеспечения устойчивого горения дуги. Этого достигают введением в покрытие материалов, содержащих соединения щелочных и щелочноземельных металлов: калия (K), натрия (Na), кальция (Ca), которые обладают низким потенциалом ионизации, что обеспечивает устойчивое зажигание и горение дуги. Такими материалами являются поташ, кальцинированная сода, полевой шпат, мел, мрамор и другие известняки.

Шлакообразующие вещества при расплавлении образуют шлак, который защищает капли электродного металла и сварочную ванну от атмосферных газов. К ним относятся: марганцевая руда, гематит, гранит, мрамор, магнезит, кремнезем, полевой шпат, плавиковый шпат и др.

Раскисляющие вещества восстанавливают часть металла, находящегося в расплавленном состоянии в виде окислов.

Достигается это за счет элементов и компонентов, имеющих большее, чем железо, сродство к кислороду и другим элементам, окислы которых необходимо удалить (вывести) из металла шва. С этой целью в покрытие вводятся ферромарганец, ферросилиций, ферротитан.

Легирующие вещества дополняют металл шва такими элементами, которые придают ему повышенную прочность, износоустойчивость, коррозионную стойкость и т. д. В основном в качестве легирующих

Типы электродов для ручной дуговой сварки углеродистых, низколегированных, конструкционных и других сталей обозначаются буквой Э, затем следуют цифры, указывающие прочностную характеристику наплавленного металла.

Например, обозначение Э-42 означает, что электроды этого типа обеспечивают минимальное временное сопротивление 420 МПа.

Если в обозначении после цифр стоит буква А, это означает, что этот тип электрода обеспечивает более высокие пластические свойства наплавленного металла. Для сварки вышеуказанных сталей предусмотрены 14 типов электродов (табл. 21), в которых определены основные механические свойства и содержание вредных примесей (серы и фосфора).

Таблица 21

Типы электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, химический состав наплавленного металла и механические свойства выполненного ими металла шва, наплавленного металла и сварного соединения

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание в наплавленном металле, % (по массе)	
	металла шва или наплавленного металла			сварочного соединения при $d_s < 3$ мм		S	P
	σ , МПа	δ_5 , %	KCU, мДж/м ²	σ_s , МПа	α загиба, рад (град)		
	не менее					не более	
Э38	380	14	0,3	380	1,0(60)	0,040	0,045
Э42	420	18	0,8	420	2,6(150)		
Э46	460	18	0,8	460	2,6(150)		
Э50	500	16	0,7	500	2,0(120)		
Э42А	420	22	1,5	420	3,0(180)		
Э46А	460	22	1,4	460	3,0(180)		
Э50А	500	20	1,3	500	2,6(150)	0,030	0,035
Э55	550	20	1,2	550	2,6(150)		
Э60	600	18	1,0	600	2,0(120)		
Э70	700	14	0,6	–	–		
Э85	850	12	0,5	–	–		
Э100	1000	10	0,5	–	–		
Э125	1250	8	0,4	–	–		
Э150	1500	6	0,4	–	–		

Примечания:

1. Для электродов типов Э38, Э42, Э46, Э50, Э42А, Э46А, Э50А, Э55 и Э60 приведенные значения механических свойств установлены в

состоянии после сварки, без ТО (термической обработки). После ТО механические свойства для электродов перечисленных типов должны соответствовать требованиям стандартов.

2. Для электродов типов Э70, Э85, Э100, Э125 и Э150 приведенные значения механических свойств установлены для металла шва и наплавленного металла после ТО по режимам, регламентированным стандартами или ТУ на электроды конкретных марок. Механические свойства металла шва и наплавленного металла в состоянии после сварки для электродов перечисленных типов должны соответствовать требованиям стандартов или ТУ на электроды конкретных марок.

Показатели механических свойств сварных соединений, выполненных электродами типов Э70, Э85, Э100, Э125 и Э150 с $d_3 = 3$ мм, должны соответствовать требованиям стандартов или ТУ на электроды конкретных марок.

Наряду с типами электроды различают по маркам, которые указаны в паспорте. Одному типу электродов могут соответствовать несколько марок, например: электродам типа Э-46 соответствуют марки АНО-4, МР-3 и др.; для электродов типа Э-42А соответствуют марки УОНИ-13/45 и СМ-11 (табл. 22).

Таблица 22

Характеристики наиболее распространенных электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Электрод		Коэф. наплавки $\alpha_{\text{н}}$ г/(А·ч)	Род тока, поляр- ность*	Основное назначение электрода
тип	марка			
Э42	ВСЦ-2	10,5	=	Углеродистая и низколегированная сталь
	ЦМ-7	10,6	=, ~	Малоуглеродистая сталь
	АНО-6	10,0	=, ~	–
Э42А	УОНИ-13/45	8,5	=, ОП	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой, среднеуглеродистой и низколегированной стали
	СМ-11	9,5	=(ОП), ~	То же
Э46	АНО-4	8,5	=, ~	Сварные конструкции из малоуглеродистой стали
	ОЗС-6	10,5	=, ~	То же
	МР-3	7,8	=(ОП), ~	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой стали с $\sigma_s \leq 400$ МПа
	АНО-29М	9,1	=, ~	Сварка сверху вниз ответственных сварных конструкций из малоуглеродистой стали
	АНО-24	8,3		Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой стали
	АНМ-1	9,0		Сварные конструкции из малоуглеродистых сталей, поверхность которых насыщена серой

Электрод		Коэф. наплавки $\alpha_{\text{н}}$ г/(А·ч)	Род тока, полярность*	Основное назначение электрода
тип	марка			
Э46А	Э-138/45Н	8,5	= (ОП)	Малоуглеродистые и низколегированные стали при постройке и ремонте судов
Э50	АНГ-1	12,3	=, ~	Сварка наклонным электродом сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей
	АНО-19	13,5		Сварка в нижнем положении сварных конструкций из тех же сталей
Э50А	АНО-Д	10,2	= (ОП), ~	Ответственные сварные конструкции судо- и энергомашиностроения из малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э50А	АНО-9	9,7	= ОП	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка преимущественно сверху вниз
	АНО-31	9,0	=, ~	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей
	АНО-30	12,5	=, ~	То же, эксплуатация при $T \geq -50$ °С. Сварка в нижнем положении
	АНО-ТМ	10,2	=, ~	Корневые и заполняющие слои, односторонние (без подварки корня шва) трубчатые соединения из углеродистых и низколегированных сталей. Формирование выпуклого обратного валика корневого шва
	АНО-25	9,7	= (ОП), ~	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей, работающих при $T \leq -70$ °С
Э55	УОНИ-13/55У	9,5	= ОП, ~	Сварка ванным способом арматуры и обычная РДС сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э60	ВСФ-65	9,5	= ОП, ~	Ответственные сварные конструкции из низколегированных сталей повышенной прочности, $\sigma_s \leq 650$ МПа
	УОНИ-13/65	9,5	= ОП, ~	Низколегированные хромистые, хромо-молибденовые и хромокремнистомарганцевые стали

Электрод		Коэф. наплавки $\alpha_{\text{н}}$ г/(А·ч)	Род тока, полярность*	Основное назначение электрода
тип	марка			
Э46А	Э-138/45Н	8,5	=(ОП)	Малоуглеродистые и низколегированные стали при постройке и ремонте судов
Э50	АНГ-1	12,3	=, ~	Сварка наклонным электродом сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей
	АНО-19	13,5		Сварка в нижнем положении сварных конструкций из тех же сталей
Э50А	АНО-Д	10,2	=(ОП), ~	Ответственные сварные конструкции судо- и энергомашиностроения из малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э50А	АНО-9	9,7	= ОП	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка преимущественно сверху вниз
	АНО-31	9,0	=, ~	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей
	АНО-30	12,5	=, ~	То же, эксплуатация при $T \geq -50$ °С. Сварка в нижнем положении
	АНО-ТМ	10,2	=, ~	Корневые и заполняющие слои, односторонние (без подварки корня шва) трубчатые соединения из углеродистых и низколегированных сталей. Формирование выпуклого обратного валика корневого шва
	АНО-25	9,7	=(ОП), ~	Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей, работающих при $T \leq -70$ °С
Э55	УОНИ-13/55У	9,5	= ОП, ~	Сварка ванным способом арматуры и обычная РДС сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э60	ВСФ-65	9,5	= ОП, ~	Ответственные сварные конструкции из низколегированных сталей повышенной прочности, $\sigma_s \leq 650$ МПа
	УОНИ-13/65	9,5	= ОП, ~	Низколегированные хромистые, хромо-молибденовые и хромокремнистомарганцевые стали

* ОП – обратная полярность, ток постоянный (=) или переменный (—).

Покрытые электроды для ручной дуговой сварки и наплавки подразделяются по назначению на группы: 1) для сварки углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей обозначаются буквой У; 2) для сварки легированных сталей – Л; 3) для сварки теплоустойчивых

сталей – Т; 4) для сварки высоколегированных сталей – В; 5) для наплавки поверхностных слоев – Н.

Электроды подразделяются по толщине покрытия с обозначением соответствующими буквами: М – с тонким покрытием, С – со средним покрытием, Д – с толстым покрытием, Г – с особо толстым покрытием.

В зависимости от состава покрытия электроды подразделяют по его виду: А (кислое покрытие), Б (основное покрытие), Ц (целлюлозное покрытие), Р (рутиловое) и П (покрытие прочих видов).

Составы покрытий приведены в табл. 23.

Таблица 23

Составы наиболее распространенных видов электродных покрытий

Вид покрытия	Содержание по массе, %								Коэффициент массы покрытия, %
	Двуокись титана	Силикаты	Руды	Карбонаты	Плавиновый шпат	Ферросплавы	Железный порошок	Органика	
Кислый (рудно-кислый)	–	25–35	25–35	0–15	–	20–30		0–5	30–60
Рутиловый	30–50	10–25	0–5	5–20	–	10–15	0–20	2–8	35–50
Основной	0–10	5–20	–	25–50	5–35	5–15	0–20	0–2	35–50
Целлюлозный	15–30	5–15	0–5	0–8	–	10–15	0–10	25–40	15–25
Рутиловый высокопроизводительный	10–30	6–12	10–15	0–10		6–12	40–60	1–3	140–180
Основной высокопроизводительный	0–10	5–8	–	5–20	6–15	7–12	40–60	0–2	120–160

По допустимым пространственным положениям сварочные электроды подразделяют на группы: 1) для всех положений; 2) для всех положений, кроме сварки вертикальной «сверху вниз»; 3) для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального «снизу вверх»; 4) для нижнего и нижнего «в лодочку».

На чертежах и в технологических картах (производственных документах) по соответствующим нормативным документам устанавливаются специальные обозначения, которые сварщик должен уметь читать, понимать и правильно реализовывать в процессе сварки.

Перед сваркой необходимо ознакомиться с надписью на этикетке пачки.

На этикетке упаковочной пачки для электродов должна быть аналогичная надпись, но с более подробными сведениями. Например:

Э42А-УОНИ-13/45-3,0-4Д
Е432(5)-БИО

Эта запись условного обозначения электродов означает следующее: тип электрода Э42А – прочностная характеристика $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа; марка электрода УОНИ-13/45; диаметр электрода 3 мм; назначение электрода У – для сварки углеродистых и низколегированных сталей; толщина покрытия Д – с толстым покрытием; Е432(5) – группа индексов, показывающих характеристики наплавленного металла и металла шва; вид покрытия Б – основное; допустимые пространственные положения при сварке 1 – для всех положений; род тока при сварке = – постоянный, ОП – обратная полярность.

Некоторые ориентировочные данные, характеризующие зависимость обозначения электродов от тока, полярности и номинального напряжения холостого хода источника питания, приведены в табл. 24.

Таблица 24

Обозначение электродов в зависимости от тока, полярности и номинального напряжения холостого хода источника питания

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение
	Номинальное значение	Предельное отклонение	
Обратная	–	–	0*
Любая			1
Прямая	50	±5	2
Обратная			3
Любая			4
Прямая	70	±10	5
Обратная			6
Любая			7
Прямая	90	±5	8
Обратная			9

* Цифрой 0 обозначают электроды для сварки или наплавки только на постоянном токе обратной полярности.

В настоящее время в практике работы сварщиков появляются импортные электроды для ручной дуговой сварки конструкционных сталей. Информация по некоторым маркам электродов приведена в табл. 25, 26, 27, 28, 29.

Таблица 25

Электроды с покрытием основного вида, выпускаемые в Европе, США, Японии

Фирма-изготовитель, страна	Марка электродов	Индекс электродов по стандартам		
		ISO 2560	AWS A5, 1-69	Тип
«ESAB» (Швеция)	OK53 05	E515B21/H/	E7016	Э50А
	OK53 05	E514B56/H/	E7016	Э50А
«Lincoln Electric» (США)	Jetweld LH 70	E515B26	E7016	Э50А
	Jet-LH 72	E515B26	E7016	Э50А
«Oerlicon» (Швейцария)	Tenacito	E515B29	E7018	Э50А
	Supercito	E434B26	E7018	Э50А
	Special	E434B23	E7016	Э46А
	Extra	E514B23	E7016	Э46А
«Phoenix Union» (ФРГ)	400 SH Grun K45	E434B29	E6015	Э46А
	401 SH Grun K50	E434B26	E6015	Э46А
	402 SH Grun K50R	E514B26	E6016	Э50А
	421 SH Grun K70W	E514B23	E7016	Э50А
	420 SH Grun K70	E514B26	E7016	Э50А
«Messer Giesheim» (ФРГ)	Gricon (15) HB 50	E434B20	E7018	Э46А
	Gricon (14)HB50W	E434B26	E7016	Э46А
	Gricon (43) KRONA	E514B26	E7016	Э50А
«Bohlev» (Австрия)	FOX EV Supra	E432B16	E6015	Э46А
	FOX EV 47	E434B29/H/	E7016	Э46А
	FOX EV 50	E514B26/H/	E7018	Э50А
	FOX KDE	E514B16	E7016	Э50А
«Hobart» (США)	Hobart LH-718	E515B16	E7018	Э50А
«Kobe Steel» (Япония)	LB-26	E515B26/H/	E7016	Э50А
	LB-47A	E434B26/H/	-	Э46А
	LB-26V	E515B16/H/	E7048	Э50А
	ZERODE-6V	E515B16/H/	E7048	Э50А
	LB-52	E515B26/H/	E7016	Э50А
	ZERODE-52	E515B26/H/	E7016	Э50А
	LB-52V	E515B16/H/	E7048	Э50А
	LB-52UL	E515B26/H/	E7016	Э50А
	LB-57	E515B26/H/	E7016	Э50А

Таблица 26

Высокопроизводительные электроды с покрытием основного вида, выпускаемые в Европе и Японии

Фирма-изготовитель, страна	Марка электродов	Индекс электродов по стандартам		
		ISO 2560	AWS A5, 1-69	Тип
«ESAB» (Швеция)	OK48.00	E515B12020/H/	E7018	Э50А
	OK48.30	E515B12020/H/	E7018	Э50А
	OK55.00	E515B12026/H/	E7018	Э50А
	OK Femax 38.65	E514B17036/H/	E7028	Э50А
	OK Femax 38.85	E514B22III6/H/	E7028	Э50А
	OK Femax 38.95	E514B25046/H/	E7028	Э50А
«Oerlicon» (Швейцария)	OH blau Kb	E514B15036	E7028	Э50А
«Phoenix Union» (ФРГ)	750 SH Multifer	E514815036 E514B15023 E514B15036	E7028	Э50А
	150 K1		E7018	Э50А
	755 Universal K 150		E7028	Э50А
	771 SH Multifer 210 K			
«Messer Giesheim» (ФРГ)	Gricon (45)	E433B16043	E7028	Э50А
	FERRA 160 K	E514B18046	E7028	Э50А
	Gricon (46)			
FERRA 180 K				
«Bohlev» (Австрия)	FOX HL 180Kb	E433B18036/H/	E7028	Э50А
«Arcum» (Италия)	Arcum 6RB 150	E435B15032	E7028	Э46А
	Arcum 6RB 200	E515B20045	E7028	Э50А
«Kobe Steel» (Япония)	LBI – 52H	E514B12036/H/	E7028	Э50А
	LBF – 52A	E514B12036/H/	E7028	Э50А
	LB – 52 – 58	E514B12036/H/	E7028	Э50А

Таблица 27

Электроды с рутиловым видом покрытия, выпускаемые в Европе, США и Японии

Фирма-изготовитель, страна	Марка электродов	Индекс электродов по стандартам		
		ISO 2560	AWS A5, 1-69	Тип
«ESAB» (Швеция)	OK 43.32	E512 RR 32	E6013	Э50
	OK 46.00	E433 R 12	E6013	Э46
	OK46.16	E433 R 12	E6013	Э46
	OK 46.64	E513 R12	E6013	Э50

«Phoenix Union» (ФРГ)	104 Geld MDS	E432 R 12	E6012	Э46
	106 Blau MD	E432 R 12	E6012	Э46
	301 SH Grun T	E512 RR 22	E6013	Э50
	320 SH Blau	E513 RR 12	E6013	Э50
	330 SH Lila R	E514 AR22	E7013	Э50
	308 SH Gelb S	E434 AR 22	E6013	Э46
«Messer Giesheim» (ФРГ)	Gricon (24) CASCA	E432 R 12	E6012	Э46
	Gricon (37) ARIBA	E433 RP 12	E6012	Э46
	Gricon (38) NoRDA	E512 R 12	E6012	Э50
	Gricon (9) AF	E512 R 22	E6013	Э50
«Bohlev» (Австрия)	FOX UNA	E432 R 12	E6012	Э46
	FOX SUM	E431 RR 12	E60T3	Э46
	FOX DBK	E431 RR 22	E6013	Э46
	FOX SPE	E433 RR 25	E6013	Э46
	FOX SPE Ultra	E433 RR 25	E6013	Э46
	FOX ETI	E512 RR 22	E6013	Э46
	CITOSEPT CYRUTIR 14			Э50
«Commercy Souder» (Франция)	TRICORD	E433 R 22	E6013	Э46
	VERTICORD	E432 R 12	E6013	Э46
«Lincoln Electric» (США)	Fleetweld 37	E431 R 12	E6013	Э46
	Fleetweld 57	E432 R 22	E6013	Э46
	Fleetweld 47	E511 R 22	E7014	Э50
«Hobart Brothers» (США)	Hobart 12	E431 R 11	E6013	Э46
	Hobart 13A	E430 R 11	E6013	Э46
	Hobart 413	E432 R 11	E6013	Э46
«Kobe Steel» (Япония)	B-33	E433 R 21	E6013	Э46
	RB-26	E433 R 11	E6013	Э46
	ZEROD-13	E433 R 21	E6013	Э46
	TB-62	E433 R 12	E6012	Э46

Таблица 28

Высокопроизводительные электроды с рутиловым видом покрытия, выпускаемые в Европе, США и Японии

Фирма-изготовитель, страна	Марка электродов	Индекс электродов по стандартам		
		ISO 2560	AWS A5, 1-69	Тип
«ESAB» (Швеция)	OK Femax 33.65	E513 RR 170 32	E7024	Э50
	OK Femax 33.80	E512 RR19032	E7024	Э50
	OK Femax 39.50	E435 AR 150 35	E7024	Э46
	OK Femax 39.95	E434 AR 210 45	E7024	Э46

«Phoenix Union» (ФРГ)	701 SHMulMer 150	E512 RR 160 32	E6024	Э50
	718 SHMuWer 180	E512 RR 180 32	E6024	Э50
	722 SHMultifer 220	E433 AR 220 32	E6024	Э46
«Messer Giesheim» (ФРГ)	Gricon (17) FERRUM 2T1	E432 R 160 42	E6024	Э46
	Gncon (20) FERRUM 4T1	E432 R 160 42	E6024	Э50
	Gricon (54) FERRA 160T	E512 R 160 42	E7024	Э50
	Gricon (47) RERRA 180T	E512 R 180 42	E7024	Э46
«Bohlev» (Австрия)	FOX HL 130 T1	E432 RR 130 32	E6024	Э46
	FOX HL 150 T1	E432RR 150 32	E6024	Э46
	FOX HL 1 80 T1	E432RR180 32	E6024	Э46
«Commercy Souder» (Франция)	СУМЕТА 6	E433 R 120 21	E7014	Э46
«Arcum» (Италия)	Arcum GR135	E513 R 140 35	E7024	Э50
	Arcum GR150	E513 R 150 35	E7024	Э50
«Kobe Steel» (Япония)	RB-24	E512 RR 160 34	E7024	Э50
	FB-24	E512 RR 130 34	E7024	Э50

Таблица 29

Типичные марки электродов с целлюлозным покрытием и свойства металла шва, которые они обеспечивают

Марка электродов	Фирма-изготовитель, страна	Код по ISO 2560	σ_r , МПа	σ_s , МПа	$\delta_{сr}$, %	KCU, Дж/см ² , ударная вязкость
ВСЦ-4	РСФСР	E430C10	400–470	450–500	22–26	90–120
OK22.45	Швеция «ЭСЛЬ»	E434C11	400	460	25–30	120–140
FOX-CEL	Австрия «Беллер»	E432C11	330–400	440–500	27–32	100–150
Fleetwild 5p	США «Линкольн»	E434C11	370–400	430–500	22–28	110–140
Phoenix-Cel 80	ФРГ «Феникс Юнион»	E514C50	510–540	570–600	20–26	86–110

Контрольные вопросы:

1. Перечислите сварочные материалы, применяемые при сварке.
2. Как маркируется стальная сварочная проволока?
3. Какие существуют виды сварочной проволоки?
4. Охарактеризуйте неплавящиеся электродные стержни.
5. Зачем нужны покрытия для ручных электродов?
6. Что такое тип электрода и марка электрода?

7. Как расшифровываются обозначения электродов марки УОНИ 13/45?

2. Флюсы для дуговой и электрошлаковой сварки

Флюсы, применяемые при электрической сварке плавлением, обеспечивают надежную защиту зоны сварки от атмосферных газов, создают условия устойчивого горения дуги, обеспечивают хорошее формирование шва. Швы получаются плотными и несклонными к кристаллизационным трещинам. После остывания шва шлаковая корка легко удаляется. Флюсы обеспечивают наименьшее выделение пыли и газов, вредных для здоровья сварщика.

Флюсы классифицируют по назначению, химическому составу, структуре, степени легирования шва, способу изготовления, зависимости вязкости шлака от температуры.

По назначению флюсы делят на три группы:

для сварки углеродистых и легированных сталей;

для сварки высоколегированных сталей;

для сварки цветных металлов и сплавов.

По химическому составу различают флюсы оксидные, солевые и солеоксидные (смешанные). Оксидные флюсы состоят из оксидов металлов и могут содержать до 10 % фтористых соединений. Их применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Солевые флюсы состоят из фтористых и хлористых солей металлов и других, не содержащих кислород химических соединений. Они используются для сварки активных металлов и электрошлакового переплава. Солеоксидные флюсы состоят из фторидов и оксидов металлов, применяются для сварки легированных сталей.

По химическим свойствам оксидные флюсы подразделяют на кислые и основные, а также нейтральные. К кислым относятся SiO_2 и TiO_2 ; к основным – CaO , MgO . Фториды и хлориды относятся к химически нейтральным соединениям.

В зависимости от содержания SiO_2 различают высококремнистые, низкокремнистые и бескремнистые флюсы, а в зависимости от содержания MnO различают марганцевые и безмарганцевые флюсы.

По степени легирования металла шва различают флюсы пассивные, т. е. не вступающие во взаимодействие с расплавленным металлом, активные – слабо легирующие металл шва и сильно легирующие, к которым относится большинство керамических флюсов.

По способу изготовления флюсы делят на плавленные и неплавленные (керамические).

По строению крупинок – стекловидные, пемзовидные и цементированные.

По характеру зависимости вязкости шлаков от температуры различают флюсы, образующие шлаки с различными физическими свойствами. Флюсы, у которых вязкость шлаков с понижением температуры возрастает медленно, называют длинными, а флюсы, у которых вязкость шлаков при аналогичных условиях возрастает быстро, – короткими. Зависимость вязкости флюсов от температуры существенно влияет на качество формирования шва.

Преимущественно находят применение флюсы с короткими шлаками (основные флюсы) (табл. 30).

Таблица 30

Состав некоторых марок плавленных флюсов для сварки углеродистых и легированных сталей

Марка флюса	Массовое содержание компонентов, %									
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	K ₂ O, H ₂ O	Fe ₂ O ₃	S	P
Сварка углеродистых сталей										
ОСЦ-45	38,0–44,0	38,0–44,0	6,0–9,0	До 2,5	До 6,5	До 5,0	–	До 2,0	До 0,15	До 0,15
АН-348А	41,0–34,0	34,0–38,0	4,0–5,5	5,0–7,5	До 6,5	До 4,5	–	До 2,0		До 0,12
ОСЦ-45М	38,0–44,0	38,0–44,0	6,0–9,0	До 2,5	До 6,5	До 5,0	–	До 2,0	До 0,15	До 0,10
АН-348АМ	41,0–44,0	34,0–38,0	3,5–4,5	5,0–7,5	До 6,5	До 4,5	–	До 2,0	До 0,15	До 0,12
ФЦ-9	39,5	40,0	2,6	До 1,0		11,0	–	До 0,5	–	–
АН-8	34,5	23,5	16,0	6,0	3,5	13,0	–	До 1,5	До 0,15	До 0,15
Сварка легированных сталей										
АН-22	18,0–21,5	7,0–9,0	20,0–24,0	11,5–15,0	12,0–15,0	19,0–23,0	1,0–2,0	До 1,0	До 0,06	До 0,05
48-ОФ-6	9,0–12,0	–	35,0–45,0	11,0–14,0	До 8,0	28,0–34,0	–	–	До 0,05	До 0,04
АН-17	4,0	0,3	45,0–60,0	3,0	16,0–23,0	20,0–27,0	–	1,5	–	–

При сварке под флюсом состав флюса полностью определяет состав шлака и атмосферу дуги. Взаимодействие жидкого шлака с расплавленным металлом оказывает существенное влияние на химический состав, структуру и свойства наплавленного металла.

Применительно к углеродистым сталям качественный шов можно получить при следующем сочетании флюсов и сварочной проволоки: плавный марганцевый, высококремнистый флюс и низкоуглеродистая или марганцовистая сварочная проволока; плавный безмарганцевый, высококремнистый флюс и низкоуглеродистая марганцовистая сварочная проволока; керамический флюс и низкоуглеродистая сварочная проволока.

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей чаще всего используют углеродистую проволоку марок Св-08 и Св-08А в сочетании с высококремнистым марганцевым флюсом марок ОСЦ-45, АН-348А, ОСЦ-45М, АН-348АМ (мелкий).

Флюсы ОСЦ-45 и АН-348А с зерном 0,35—3,0 мм применяют для автоматической сварки сварочной проволокой диаметром 3 мм и более. Флюсы ОСЦ-45М и АН-348АМ с зерном 0,25—1,6 мм применяют для автоматической и

механизированной сварки сварочной проволокой диаметром менее 3,0 мм.

Флюс ОСЦ-45 малочувствителен к ржавчине, дает весьма плотные швы, стойкие против образования горячих трещин.

Существенным недостатком флюса является большое выделение вредных фтористых газов. Флюс АН-348А более

чувствителен к коррозии, чем ОСЦ-45, но выделяет значительно меньше вредных фтористых газов.

Для сварки низкоуглеродистых сталей проволокой Св-08 и Св-08А применяют и керамические флюсы КВС-19 и К-11.

В тех случаях, когда в металле шва необходимо сохранить элементы, имеющие большое сродство с кислородом,

следует применять бескислородные флюсы, химически инертные к металлу сварочной ванны.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о назначении флюсов.
2. Как разделяются флюсы по химическим свойствам?
3. Расскажите о классификации флюсов по степени легирования.
4. Почему требуется определенное сочетание флюсов и сварочной проволоки?

3. Газы, применяемые при электрической сварке плавлением

Для защиты дуги при электрической сварке плавлением применяют такие газы, как аргон, гелий, углекислый газ, азот, водород, кислород и их смеси.

Аргон и гелий являются одноатомными инертными газами. Они бесцветны, не имеют запаха. Аргон тяжелее воздуха, что обеспечивает хорошую защиту сварочной ванны. Аргон, предназначенный для сварки,

регламентируется нормативными документами и поставляется двух сортов в зависимости от процентного содержания аргона и его назначения. Аргон высшего качества предназначен для сварки ответственных изделий из цветных металлов. Аргон первого сорта предназначен для сварки сталей. Смеси аргона с другими газами в определенных отношениях поставляют по особым ТУ (техническим условиям).

Гелий значительно легче воздуха. Предусматривается два сорта газообразного гелия: гелий высокой чистоты и гелий технический.

Углекислый газ в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с едва ощутимым запахом. Углекислый газ, предназначенный для сварки, должен соответствовать существующим нормативным документам, в зависимости от содержания он выпускается трех марок: сварочный, пищевой и технический. Летом в стандартные баллоны емкостью 40 дм³ (литров) заливается 25 дм³ (литров) углекислоты, при испарении которой образуется 12 600 дм³ газа. Зимой заливается 30 дм³ (литров) углекислоты, при испарении которой образуется 15 120 дм³ газа. Сварочную углекислоту не разрешается заливать в баллоны из-под пищевой и технической углекислоты.

Водород в чистом виде представляет собой газ в 14,5 раза легче воздуха, не имеет запаха и цвета.

Предусматривается три марки технического водорода, водород применяют только в смесях.

Кислород применяется как добавка к аргону или углекислому газу. Предусматривается три сорта кислорода: 1-й, 2-й и 3-й.

В последние годы все большее применение находят смеси таких газов, как CO₂ (углекислый газ), Ar (аргон), O₂ (кислород). При сварке в газовых смесях для точной дозировки газов применяют смесители. В настоящее время применяют смесители: УКП-1-71 для смеси (CO₂+O₂); АКУП-1 для смеси (Ar + CO₂ + O₂); УКР-1-72 для смеси (CO₂ + O₂). Перед смесителем устанавливают осушители для отделения паров или конденсата влаги.

Контрольные вопросы:

1. Какие газы применяют для защиты дуги в процессе сварки?
2. Дайте краткую характеристику защитных газов: аргона, углекислого газа, кислорода.
3. Какие смеси защитных газов применяют при сварочных работах?

4. Условия хранения и транспортировки сварочных материалов

Сварочные материалы, к которым относятся электроды, флюсы, сварочная проволока, могут быть первопричиной брака при сварке, если их хранение не организовано. Поэтому к хранению сварочных материалов предъявляются определенные требования. Электроды, флюсы, сварочная проволока должны храниться в специальных сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже 18 °С и относительной влажности не более 50 %. Сварочные электроды и флюсы, как правило, на месте подвергаются прокалке или просушке по режимам, приведенным в паспортах или ТУ, разработанных заводом-изготовителем, например: электроды марки МР-3 прокаливают при температуре 170 —200 °С в течение 1,5 ч; электроды марки УОНИ 13/45 – при температуре 350—400 °С в течение 1,5 ч; флюсы ОСЦ—45 и АН—348 прокаливают при температуре 300– 400 °С в течение 5 ч. После прокалки или просушки электроды должны быть использованы в течение ближайших 5 сут, а флюсы – в течение 15 сут. Прокалка электродов может быть произведена не более 2 раз, не считая прокалку при изготовлении. В противном случае электроды либо вновь отсыреют, либо в процессе третьей или четвертой прокалки обмазка будет отслаиваться или осыпаться. Сварочная проволока должна храниться в условиях, исключающих ее загрязнение и окисление. Не всегда это удается выполнять в производственных условиях, поэтому в цехах применяют специальные зачистные машины для подготовки сварочной проволоки перед сваркой. Сварочная проволока для сварки алюминиевых сплавов приходит к потребителю протравленной химическим способом, кассеты с проволокой упаковывают в герметически запаянные полиэтиленовые

пакеты, откуда предварительно откачивают воздух. Защитные газы хранят и транспортируют преимущественно в баллонах емкостью 40 —50 дм³ (литров) при давлении 15 МПа, а жидкую углекислоту – до 6 МПа. Для предохранения от коррозии и быстрого опознания баллоны, согласно требованиям существующих нормативных документов, окрашиваются в различные цвета и имеют соответствующие надписи (табл. 31).

Таблица 31

Окраска баллонов для газов и надписи на них

ГОСТ на газ	Окраска баллонов	Цвет надписи	Цвет полосы
ГОСТ 10157–79 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия»	Серая	Зеленый	Зеленый
ГОСТ 20461–75 «Гелий газообразный. Метод определения доли примесей эмиссионным спектральным анализом»	Коричневая	Белый	–
ГОСТ 9293–74 «Азот газообразный и жидкий. Технические условия»	Черная	Желтый	Коричневый
ГОСТ 8050–85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия»	Черная	Желтый	–
ГОСТ 5583–78 «Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия»	Голубая	Черный	–
ГОСТ 3022–80 «Водород технический. Технические условия»	Темно-зеленая	Красный	–

Наряду с баллонным снабжением сварочных постов защитными газами применяют танки-газификаторы для углекислого газа, аргона и кислорода. Газы перекачивают в специальные хранилища, откуда по магистралям газы поступают на рабочие места. Трубопроводы окрашивают в цвета, аналогичные цветам баллонов. Однако там, где не требуется большого расхода газов, применяется традиционная баллонная система питания сварочных постов и для рампового питания небольших цехов или участков. Транспортировка газов производится с соблюдением инструкций, регламентирующих квалификацию спецводителя: ограниченные по времени стоянки; поддержание определенного давления при вынужденных и аварийных остановках и

другие специальные условия, связанные с эксплуатацией специальных автоцистерн.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к условиям хранения электродов, флюсов и электродной проволоки и почему?

2. Какие требования предъявляются к условиям хранения и перевозки защитных газов?

3. В какие цвета окрашиваются баллоны для хранения аргона, углекислоты и кислорода?

Глава 5

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

1. Подготовка металла под сварку

Исходным металлом для производства сварочных работ является прокат, литье, поковки. Чаще всего на машиностроительных предприятиях металл получают от завода-изготовителя в виде проката: лист, лента, полоса, труба, уголок и другой гнутый профиль. После получения металла со склада на заготовительном участке его подвергают первоначальной обработке: зачистке, правке и вырезке заготовок из тяжелых и громоздких кусков листового и профильного проката для облегчения транспортировки заготовок и дальнейших операций по изготовлению деталей. Нарезанные заготовки подвергают предварительной правке и последующей зачистке поверхности от загрязнений, ржавчины и окалины на дробеструйных установках. Правку проката производят, как правило, в холодном состоянии на правильных станках или вручную на правильных плитах. Вырезку заготовок осуществляют в большинстве случаев на отрезных станках по упорам. Наиболее распространенным способом резки низкоуглеродистых сталей является газопламенная (кислородная) резка. Изготовление деталей после предварительной обработки осуществляется рядом последовательных технологических операций: разметка, резка, штамповка, зачистка, правка, подготовка кромок шли отбортовка и гибка деталей. Разметка представляет собой нанесение на металл конфигурации заготовки. Разметку осуществляют с припуском. Припуск – это разность между размером заготовки и чистовым размером детали. Припуск снимают при последующей обработке. Для разметки применяют разметочные столы или плиты необходимых размеров. Разметку осуществляют с помощью различных инструментов: стальной метр, стальная рулетка, металлическая линейка, чертилка, кернер, циркуль, штангенциркуль, рейсмус, угольник и др. Для получения более четкого очертания заготовки поверхность металла предварительно закрашивают белой клеевой краской. При большом количестве заготовок или деталей

разметку производят по плоским шаблонам с припуском на последующую обработку. Чертилкой обводят контур детали, а затем накернивают по всей длине линии обвода с шагом 50—100 мм между кернами. Резка осуществляется кислородными резаками по намеченной линии контура детали вручную или газорезательными машинами специального назначения. Резка на механических станках более производительна и обладает высоким качеством реза. Для механической прямолинейной резки листового металла применяются пресс-ножницы для продольной и поперечной резки. Штамповка заготовок осуществляется в холодном или горячем состоянии. Холодную штамповку применяют для тонколистового металла толщиной 6—8 мм. Для металла толщиной 8—10 мм применяют горячую штамповку (с предварительным подогревом). Зачистка металла осуществляется для удаления заусенцев с кромки деталей после штамповки, а также для удаления с поверхности кромок окалина и шлаков после кислородной резки. Для зачистки мелких деталей используют стационарные установки с наждачными кругами. Для зачистки крупногабаритных деталей применяют переносные пневматические или электрические шлифмашинки. Правка деталей и заготовок осуществляется на листопрямительных вальцах или вручную на плите при возможном искривлении их в процессе кислородной резки или резки на механических ножницах. Правку тонколистового металла производят в холодном состоянии на листо-прямительных вальцах или прессах. Правку толстолистового металла производят в горячем состоянии вручную на прямых плитах. Подготовку кромок деталей из низкоуглеродистой стали большой толщины осуществляют кислородной резкой или обработкой на строгальных или фрезерных станках. Отбортовка кромок применяется для деталей из тонколистового металла для последующего стыкового соединения. Эту операцию производят на кромкогибочных прессах или специальных станках. Непосредственно перед сваркой осуществляется дополнительная очистка деталей механическими или химическими способами. Наиболее прогрессивным способом очистки деталей является травление в растворах кислот или щелочей. Гибка

деталей и заготовок производится на металлогибочных вальцах, как правило, для изготовления различных емкостей цилиндрической формы. Деталь приобретает форму цилиндра и называется обечайка. Гибка деталей для получения других геометрических форм осуществляется на специальных станках или установках. Однако не всегда представляется возможным осуществлять подготовку металла под сварку с применением промышленного оборудования, например, в условиях строительно-монтажных работ, где детали собираются в узлы и подгоняются по месту. Основные приемы технологии подготовки деталей под сварку (правка полосы и листа) приведены на рис. 36. Берется деталь и «на глаз» определяется ее кривизна или выпуклость (рис. 36, а), мелом отмечают границы дефектов. Деталь кладется на правильную плиту (рис. 36, б) и молотками наносятся удары от края к середине выпуклости до полного и плотного прилегания поверхности детали к поверхности плиты (рис. 36, в, г). Правка полосы с изгибом в виде спирали показана на рис. 37. Один конец заготовки (2) зажимается в тиски (1), второй конец – в ручные тисочки (3). Рычагом (4) полоса раскручивается до ее выправления. Гибка деталей из полосового металла показана на рис. 38. Размечается линия гибки, деталь (4) устанавливается в тиски (1) с оправкой (3) и подложкой (2). Ударами молотка деталь загибают на угол 90° (рис. 38, а) или на другой заданный угол (рис. 38, б). Гибка труб в холодном и горячем состояниях показана на рис. 39. Гибочную оправку (1) закрепляют к верстаку (2) скобами (3) с двух сторон (рис. 39, а). Трубу вставляют в желоб оправки и под хомут (4). Плавно нажимая руками, свободный конец трубы сгибают по шаблону. На рис. 39, б показана гибка трубы в приспособлении. Труба (1) вставляется в приспособление между подвижным роликом (2) и роликом-шаблоном (5) так, чтобы конец трубы вошел в хомутик (6). Плавно нажимая рукоятку (3), поворачивают скобу (4) вокруг неподвижного ролика-шаблона (5) до тех пор, пока труба не изогнется на нужный угол. При гибке трубы в нагретом (горячем) состоянии место изгиба трубы размечается мелом по шаблону. Один конец трубы закрывается заглушкой, труба заполняется песком (сухим, просеянным через сито). Второй конец трубы забивается

заглушкой с отверстием для выхода газов. Труба вставляется в приспособление, нагревается пламенем горелки и изгибается по копиру.

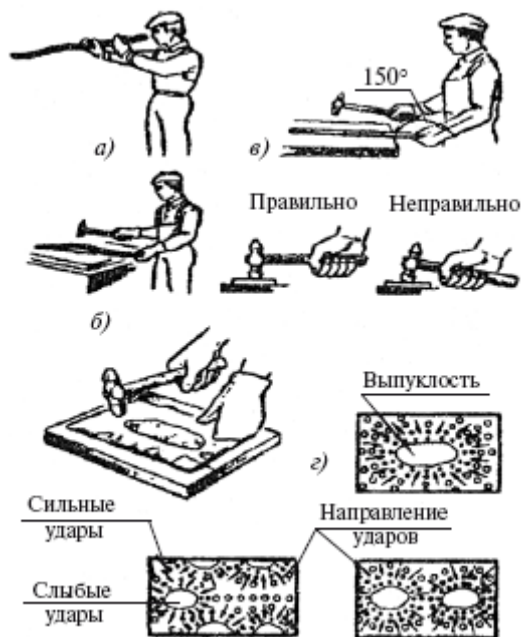


Рис. 36. Правка полосы и листа

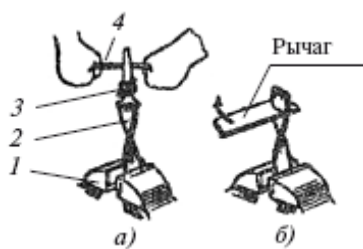


Рис. 37. Правка полосы в виде спирали

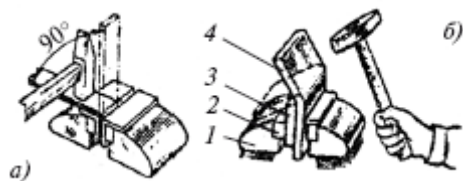


Рис. 38. Гибка деталей из полосового металла

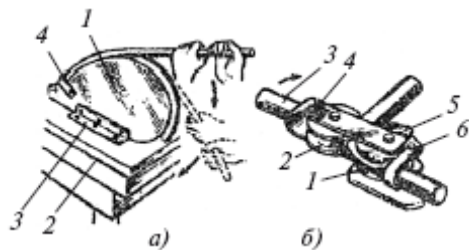


Рис. 39. Гибка труб в холодном состоянии

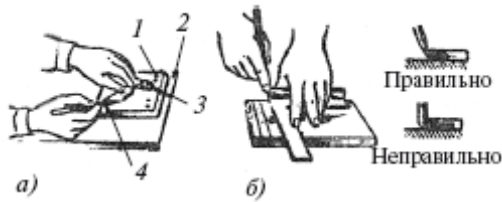


Рис. 40. Разметка по шаблону и угольнику

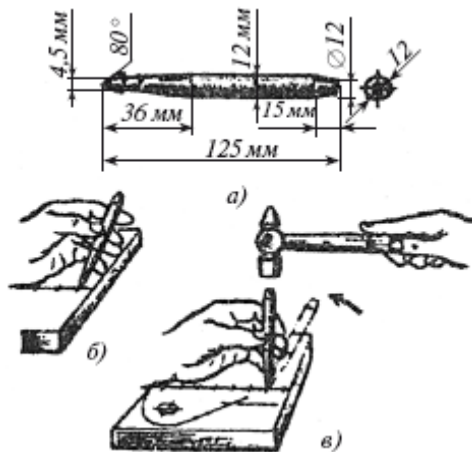


Рис. 41. Кернение

Разметка по шаблону и по угольнику показана на рис. 40. Пластина (1), покрытая меловым раствором, кладется на разметочную плиту (2). На пластину накладывается шаблон (3) (рис. 40, а), чертилкой (4) прочерчивается по контуру шаблона риска. Разметку по угольнику можно производить только тогда, когда одна сторона имеет ровную обработанную поверхность (рис. 40, б). Угольник накладывается на размеченную поверхность детали и чертилкой наносятся риски в соответствии с чертежом детали. Угольник передвигается вдоль обработанной стороны. После нанесения рисок производится накернивание для сохранения очертания профиля заготовки. Кернение показано на рис. 41. Берется кернер (рис. 41, а) и острым концом устанавливается в центр разметочной риски (рис. 41, б). Поставить кернер необходимо вертикально (рис. 41, в) и затем нанести мягкий удар молотком. Резка металла ножовочным полотном показана на рис. 42. Чертилкой или мелом наносятся линии реза. Детали закрепляются в тисках, напильником делается пропил глубиной 1– 1,5 мм. Ножовочный станок устанавливается полотном в пропил и производится резка. При

резке тонколистового металла полотно ножовки устанавливают под углом 90° по отношению к корпусу станка ножовки. Резка трубы труборезом показана на рис. 43. Отмечается мелом место резания по окружности трубы. Трубу (1) устанавливают в прижиме (2) между угловой выемкой основания прижима и сухарем (5), вращая рукоятку (3) с винтом (4). Подводится труборез (8) к месту разрезания. Подвижный ролик (6) подводится до соприкосновения со стенками трубы вращением рукоятки (7) трубореза по часовой стрелке. Труборезом делают один оборот вокруг трубы. Подвинув рукоятку трубореза на $1/4$ оборота по часовой стрелке, вращают труборез и прорезают трубу на пол—оборота. После каждого вращения трубореза на пол— оборота рукоятку трубореза подворачивают на $1/4$ оборота и так до полного отрезания трубы. Место реза смазывают маслом для охлаждения режущих кромок роликов.

Рубка металла по разметке на плите показана на рис. 44.

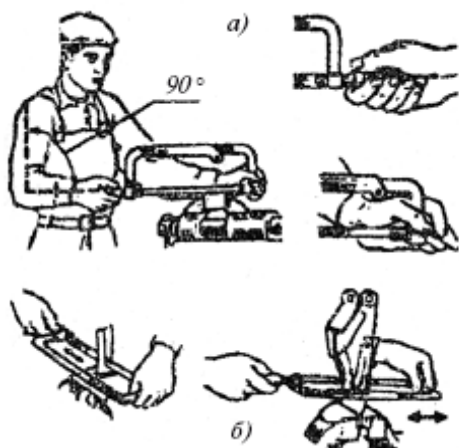


Рис. 42. Резке металла ножочным полотном

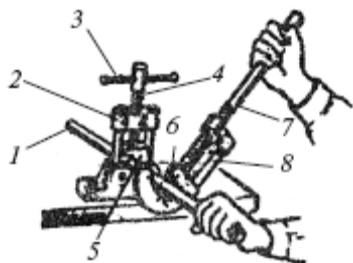


Рис. 43. Резка трубы труборезом

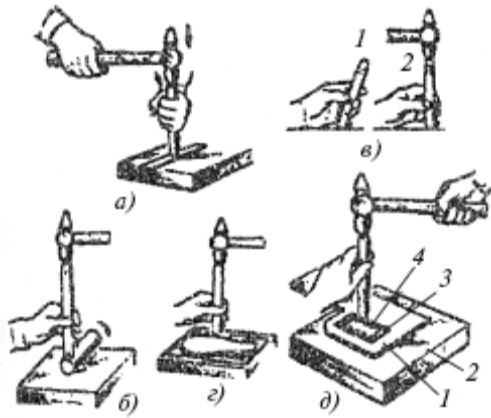


Рис. 44. Рубка металла по разметке на плите: 1 – деталь (заготовка); 2 – плита; 3 –разметочная линия; 4 – отверстия под вырубку заготовки Детали устанавливаются на плите, наковальне и рельсе. Мелом отмечают места рубки. Зубило устанавливают вертикально на риску (рис. 44, в) и разрубают деталь (рис. 44, а). Толстый листовый металл детали подрубают на половину толщины с обеих сторон. При рубке круглой заготовки ее необходимо поворачивать после каждого удара (рис. 44, б). Вырубание заготовок производят по разметке или по перемычкам отверстий заготовки (рис. 44, г, д). Подготовка металла под сварку с отбортовкой кромок показана на рис. 45. Чертилкой намечается линия гибки (рис. 45, а). Деталь устанавливают в тиски так, чтобы разметочная риска выходила за губку тисков (рис. 45, б). Тупо заточенным зубилом подгибают кромку мягкими ударами молотка (рис. 45, в, г, д).

Окончательную гибку завершают молотком по подогнутым кромкам до загиба кромки на угол 90° (рис. 45, е, ж). Подготовка металла под сварку с разделкой кромок показана на рис. 46. Деталь размечают под разделку кромок по заданным размерам (рис. 46, а). Устанавливают в тиски и зубилом срубают кромку по разметке (рис. 46, б, д). Размеры после снятия кромок проверяют шаблоном (рис. 46, в, г). Опиливание напильником кромок при подготовке деталей под сварку показано на рис. 47. Подготовленные детали после обработки кромок зубилом (рис. 47, а) обрабатываются напильником (рис. 47, б). После опиления кромок их размеры проверяются линейкой или шаблоном (рис. 47, в, г).

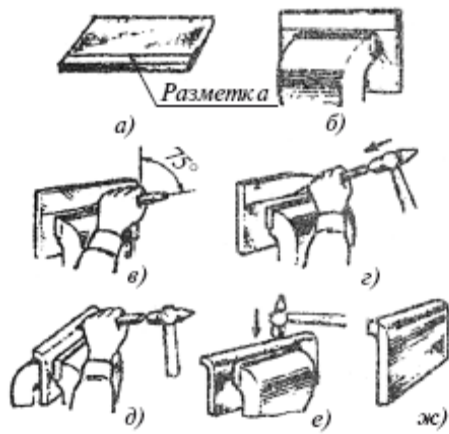


Рис. 45. Подготовка металла под сварку с отбортовкой кромок

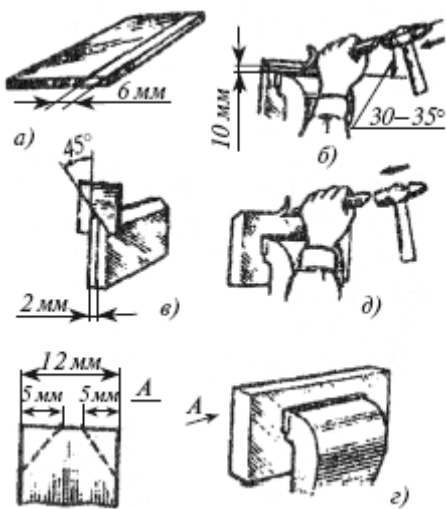


Рис. 46. Подготовка металла под сварку с разделкой кромок

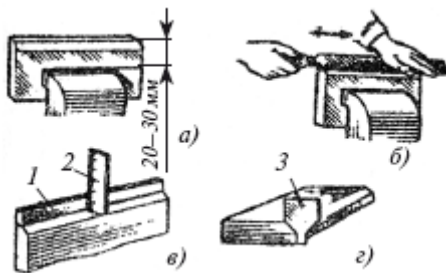


Рис. 47. Опиливание напильником кромок при подготовке деталей под сварку: 1, 2 – линейки; 3 – шаблоны. Очистка кромок деталей перед сваркой показана на рис. 48. Очистка от ржавчины, масла, краски и других загрязнений производится металлической щеткой по ширине кромки (15–20 мм). Деталь размещают в тисках или на верстаке и зачищают кромки до металлического блеска (рис. 48, а, б, в). Очистку кромок пламенем горелки производят для удаления окалины (рис. 48, г), а оставшиеся загрязнения удаляют металлической щеткой. Разделка

участков сварных швов с дефектами под последующую заварку показана на рис. 49, 50, 51 и 52. Размечается участок вокруг трещины для вырубki канавки (рис. 49, а). Просверливаются отверстия по концам трещины на глубину залегания трещины (рис. 49, б). Вырубается канавка крест-мейселем-канавочником (рис. 50, а, б). Форма канавки и исходные очертания трещины показаны на рис. 49, в и 50, в. Сваренную деталь размещают на столе сварщика (рис. 51, а, б). Крейцмейселем снимают наплыв металла шва таким образом, чтобы проверить наличие непровара кромки детали под дефектом (рис. 52, а, б).

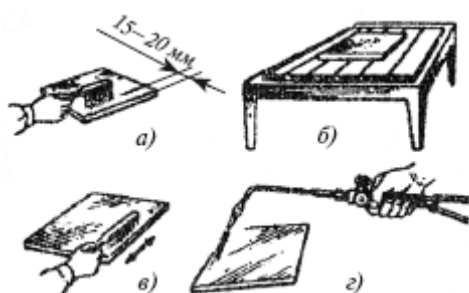


Рис. 48. Очистка кромок деталей перед сваркой

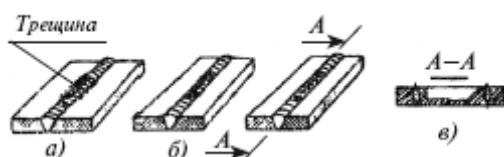


Рис. 49. Разметка участка вокруг трещины и просверливание отверстий по концам трещины

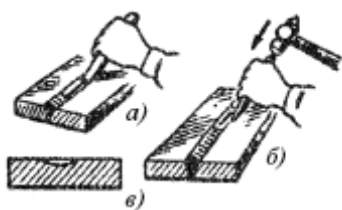


Рис. 50. Вырубка канавки крест-мейселем-канавочником

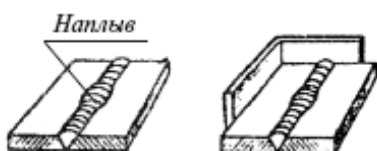


Рис. 51. Размещение детали на столе сварщика для удаления наплыва металла шва

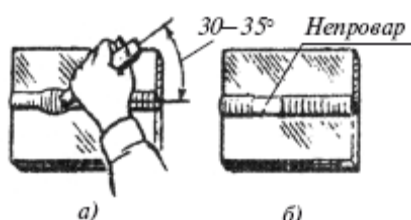


Рис. 52. Удаление наплыва металла крещ-мейселем

2. Сборка изделий под сварку

Для изготовления сварных конструкций требуется правильная сборка деталей свариваемого изделия, т. е. их правильная взаимная установка и закрепление. Сборка может осуществляться прихватками или в специальных сборочно-сварочных приспособлениях. Прихватки представляют собой короткие швы. Количество прихваток и их размер определяются технологическими условиями. Процесс сборки сварного изделия состоит из последовательных операций. Прежде всего, необходимо подать детали к месту сборки. Затем необходимо установить эти детали в сборочном приспособлении в определенном положении.

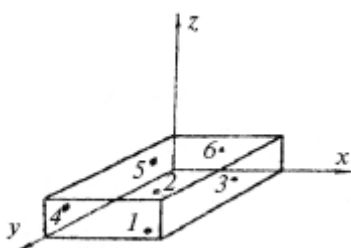


Рис. 53. Базирование призматической детали по плоскости: 1, 2, 3 – точки опоры детали на установочные плоскости (поверхности приспособления); 4, 5 – точки опоры детали на направляющей плоскости; 6 – точка опоры детали на опорной плоскости

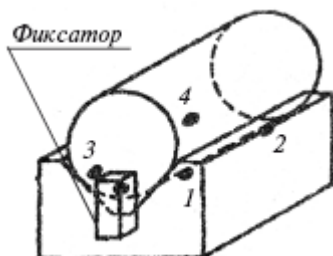


Рис. 54. Базирование цилиндрической детали по призме: 1, 2, 3, 4 – точки опоры на плоскости призмы; 5 – точка фиксирования детали

В этом положении детали должны быть закреплены, после чего их сваривают. Размещение свариваемых деталей в приспособлении осуществляется по правилам базирования. Базирование – это размещение детали в приспособлении таким образом, чтобы поверхности детали (технологические базы) опирались на установочные поверхности приспособления. Рассмотрим основные схемы базирования деталей наиболее распространенной формы. Призматическая деталь должна базироваться на три базы в трехмерной системе координат. На установочной плоскости деталь фиксируется в трех точках (рис. 53). На направляющей плоскости деталь фиксируется по двум точкам. На опорной плоскости деталь фиксируется в одной точке. Таким образом, если зафиксировать деталь во всех шести точках, то она будет находиться в строго определенном положении. Цилиндрические детали обычно базируют по призме. Деталь лишена возможности перемещаться во всех направлениях за исключением вращения вокруг продольной оси. Если зафиксировать цилиндрическую деталь от возможности вращения вокруг продольной оси, то она будет находиться также в строго определенном положении (рис. 54). Детали с цилиндрическими отверстиями базируются, как правило, по пальцам – фиксаторам приспособления, которые входят в это отверстие. Первой базой определяется установочная плоскость основания детали. Второй базой обычно является плоскость детали, перпендикулярная оси отверстия. Примеры базирования деталей с цилиндрическими отверстиями приведены на рис. 55, 56, 57.

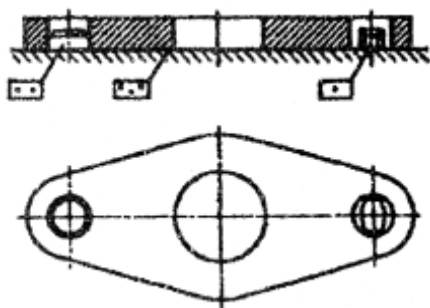


Рис. 55. Базирование по двум пальцам. В вынесенных прямоугольниках указано число опорных точек на соответствующей поверхности

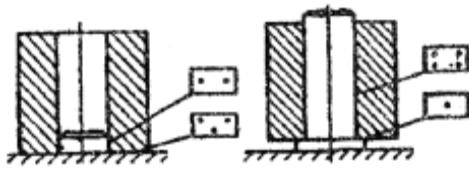


Рис. 56. Базирование по плоскости и цилиндрическому пальцу

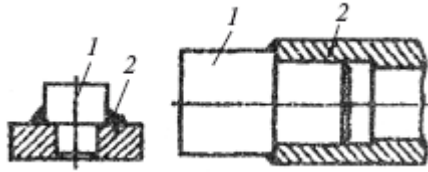


Рис. 57. Примеры базирования деталей без приспособлений: а: 1 – палец; 2 – плоская деталь; б: 1 – палец; 2 – труба

Установочные элементы – упоры – применяются для обеспечения точности установки деталей сварного узла в сборочных приспособлениях. Конструкция упоров должна обеспечить возможность удобной установки деталей в приспособление и не мешать съему изделия после сварки. Место установки упоров должно быть определено так, чтобы обеспечить доступность сварки. Прочность и жесткость упоров должны предотвращать деформацию изделий в процессе сварки. Зажимные элементы, к которым относятся прижимы и зажимы, предназначены для закрепления деталей свариваемого изделия в процессе сборки и сварки. Прижимы и зажимы обеспечивают правильное положение и направление прижимного усилия для закрепления деталей без сдвигов относительно установочных баз. В процессе сборки и сварки прижимы и зажимы обеспечивают надежность закрепления деталей. Конструкции прижимов и зажимов должны обеспечивать быстрое действие и безопасность в работе. Некоторые виды конструкций прижимов приведены на рис. 58, 59, 60. Переносные сборочные приспособления применяют при сборке сварных узлов в том случае, когда невозможно применить для этих целей типовые приспособления. К переносным приспособлениям относятся всевозможные струбцины, стяжки, специальные фиксаторы, распорки, домкраты и др. Наиболее часто применяются струбцины, конструкции которых приведены на рис. 61. Струбцины служат для прижима двух и более деталей друг к другу или

для установки и закрепления деталей в определенном положении, поэтому струбцины подразделяются на прижимные (рис. 61, а) и установочные (рис. 61, б). Установочная струбцина состоит из двух винтовых струбцин и гайки с правой резьбой, которая называется талреп. Детали, закрепленные в струбцинах, устанавливают на заданном расстоянии. В опытном или мелкосерийном производстве для изготовления сварных узлов или конструкций применяют сборно-разборные приспособления. Такие приспособления собирают из типовых блоков-плит, которые имеют пазы для установки прижимных устройств. Блоки-плиты собираются в комплект по размерам сварного изделия. Для сварки мелких деталей и узлов применяют сварочные столы с аналогичными пазами для закрепления деталей перед сваркой. При установке свариваемых узлов в удобное для сварки положение вместо сварочных столов применяют манипуляторы. Манипуляторы позволяют вращать собранный под сварку узел с заданной скоростью при сварке деталей цилиндрической формы, а также изменять угол наклона оси вращения (рис. 62).

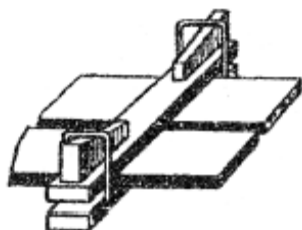


Рис. 58. Прижим клиновый

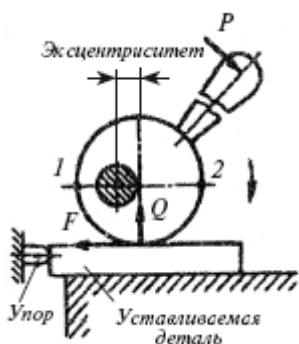


Рис. 59. Прижим эксцентриковый: P – усилие, передаваемое рукой, составляет 10— 15 кгс (100—150 Н); Q – усилие прижимное, составляет 10 P (1,5 кН); F – сила трения; рабочая поверхность эксцентрика от точки 1 до точки 2 в его нижней части

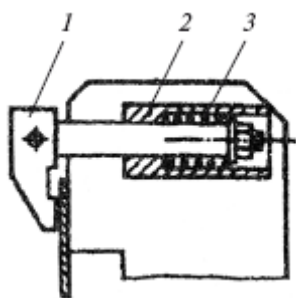


Рис. 60. Прижим пружинный: 1 – головка прижима; 2 – втулка направляющая; 3 – пружина

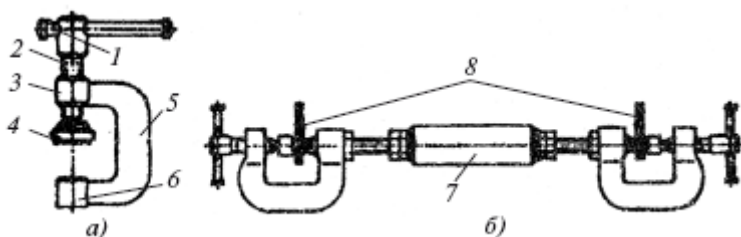


Рис. 61. Струбцина прижимная (а) и установочная (б): 1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – пята; 5 – корпус; 6 – упор; 7 – талреп; 8 – детали, зафиксированные в заданном положении

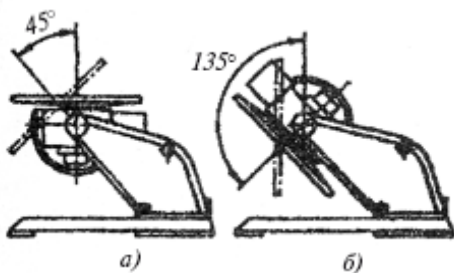


Рис. 62. Манипулятор: а – положение планшайбы (верхней части) манипулятора для сварки узла в горизонтальном положении; б – положение планшайбы манипулятора для сварки «в лодочку» Для сварки крупногабаритных листовых конструкций применяются различные кондукторы, стенды, кантователи, установки и др.

Эти приспособления обеспечивают фиксирование деталей в положении, удобном для выполнения сварки. Некоторые виды кантователей и установок приведены на рис. 63. Контроль собранных под сварку изделий осуществляется в основном по сопрягаемым и габаритным размерам. Проверку размеров осуществляют металлическими рулетками, линейками или шаблонами.

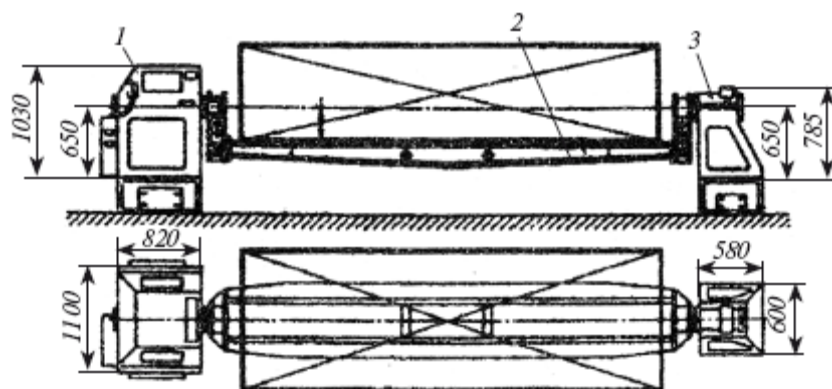


Рис. 63. Кантователь поворотный двухстоечный: 1 – передняя приводная стойка; 2 – поворотная рама; 3 – задняя неприводная стойка; h – изменяемая высота для установки свариваемой конструкции в заданном положении

Контроль изделий после сварки осуществляют по техническим условиям на свариваемое изделие, в котором указаны требования к качеству сварных швов и их размерам.

3. Выбор режимов при ручной дуговой сварке

Качество сварных швов при ручной дуговой сварке зависит от квалификации сварщика. Сварщик должен уметь быстро зажигать дугу, поддерживать необходимую ее длину, равномерно перемещать дугу вдоль кромок свариваемого изделия, выполнять необходимые колебательные движения электродом при сварке и т. д. Наиболее широкое распространение получила ручная дуговая сварка (РДС) покрытыми металлическими плавящимися электродами на постоянном и переменном токе.

При правильно выбранных режимах РДС в нижнем положении можно обеспечить качественный провар металла шва до 3—4 мм. Чтобы избежать непровара металла шва при РДС металла больших толщин и добиться хорошего формирования шва, применяют различную форму разделки кромок деталей.

Формы подготовки кромок в зависимости от толщины свариваемых деталей и различных способов сварки приведены в табл. 32.

Таблица 32

Формы подготовки кромок в зависимости от толщины свариваемых деталей

Вид соединения	Форма подготовки кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемого металла, мм	Способ сварки
			подготовленных кромок	выполненного шва		
Стыковое	С отбортовкой	Односторонний			1-4 1,5-3 1-3	Р А Г
					1-6 2-12 1-6	Р А Г
	без скоса кромок	Двусторонний			3-8 20-60 3-10	Р А Г
	С V-образным скосом кромок	Односторонний			3-60 8-24 8-30	Р А Г
Стыковое	С X-образным скосом кромок	Двусторонний			8-120 20-60 12-120	Р А Г
	С К-образным скосом кромок				8-100 20-30 12-100	Р А Г
	С криволинейным скосом кромок				15-100 30-100	Р А
Угловое	Без скоса кромок	Двусторонний			2-30 6-14 2-30	Р А
	Со скосом одной кромки	Двусторонний			3-60 8-20 8-30	Р А Г
	Без скоса кромок	Двусторонний			2-40 3-40 2-40	Р А Г
	С двумя скосами одной кромки				8-100 16-40 12-100	Р А Г
	Без скоса кромок				2-60 1-20	Р А

Примечание. Р – ручная сварка; А – автоматическая сварка; Г – сварка в среде CO₂. При выборе формы подготовки кромок деталей сварных соединений наряду с необходимостью обеспечения провара учитывают технологические и экономические условия процесса сварки.

Так, стыковые соединения с V-образным скосом кромок рекомендуется применять на металле толщиной 3—26 мм. При большой толщине резко возрастает масса наплавленного металла. При толщине металла до 60 мм применяется X-образный скос кромок. В последнем случае количество наплавленного металла по сравнению с наплавленным металлом при V-образном скосе кромок уменьшается почти в 2 раза. Это также приводит к уменьшению напряжений в шве и уменьшению деформаций сварного соединения. Режимом сварки называют совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, форм и качества. При РДС такими характеристиками являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, скорость сварки, род тока, полярность и др. Примерное соотношение между диаметром электрода и толщиной листов свариваемого изделия приведено ниже:

Толщина свариваемого изделия, мм	1-2	3	4-5	6-12	13 и более
Диаметр электрода, мм	1,5-2,0	3	3-4	4,0-5,0	13 и более

При сварке многопроходных швов стремятся сварку всех проходов выполнять на одних и тех же режимах. Исключением является первый проход. При ручной сварке многопроходных швов первый проход выполняется, как правило, электродами диаметром 3—4 мм, так как применение электродов большего диаметра затрудняет провар корня шва. Для приближенных расчетов силы сварочного тока на практике пользуются формулой: $I_{св} = kd$, где d – диаметр стержня электрода, мм; k – коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра электрода:

d , мм	1-2	3-4	5-6	
k , А/мм		25-30	30-35	45-60

При недостаточном сварочном токе дуга горит неустойчиво, а при чрезмерном токе электрод плавится слишком интенсивно, вследствие чего возрастают потери на разбрызгивание, ухудшается формирование шва. Допустимая плотность тока зависит от диаметра электрода и вида покрытия. Чем больше диаметр электрода, тем меньше допустимая плотность тока, так как ухудшаются условия охлаждения. Вид покрытия оказывает влияние на скорость плавления электрода. Величины

допускаемой плотности тока в электроде в зависимости от диаметра стержня и вида покрытия приведены в табл. 33.

Таблица 33

Допустимая плотность тока (А/мм²) в электроде при ручной дуговой сварке

Вид покрытия	Диаметр стержня электрода, мм			
	3	4	5	6
Кислое, рутиловое	14–20	11,5–16	10–13,5	9,5–12,5
Основное	13–18,5	10–14,5	9–12,5	8,5–12,0

Напряжение дуги при РДС изменяется в пределах 20–36 В и при проектировании технологических процессов ручной сварки не регламентируется. Скорость сварки выбирают с учетом необходимости получения слоя наплавленного металла, с определенной площадью поперечного сечения. Скорость сварки подбирают опытным путем при сварке пробных образцов. Род и полярность сварочного тока зависят в основном от толщины металла и марки электрода. Малоуглеродистые и низколегированные стали средней и большой толщины чаще сваривают на переменном токе. Ориентировочные режимы сварки конструкционных сталей приведены в табл. 34.

Таблица 34

Ориентировочные режимы сварки конструкционных сталей

Толщина металла, мм	Соединения					
	стыковое		тавровое		нахлесточное	
	$I_{св}$, А	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	$d_э$, мм
1,0	25–35	2	30–50	2	30–50	2,5
1,5	35–50	2	40–70	2–2,5	35–75	2,5
2,0	45–70	2,5	50–80	2,5–3	55–85	2,5–3
4,0	120–160	3–4	120–160	3–4	120–160	3–4
5,0	130–180	3–4	130–180	4	130–180	4
10,0	140–220	4–5	150–220	4–5	150–220	4–5
15,0	160–250	4–5	160–250	4–5	160–250	4–5
20,0	160–340	4–6	160–340	4–6	160–340	4–6

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются различные формы разделки кромок?
3. Что понимают под режимом сварки?

4. Каково влияние различных характеристик на режимы сварки?

4. Способы выполнения швов по длине и сечению

Для начинающего сварщика очень важно овладеть навыком зажигания дуги. Зажигание дуги выполняется кратковременным прикосновением конца электрода к изделию или чирканьем концом электрода о поверхность металла (рис. 64). «Ведут» дугу таким образом, чтобы кромки свариваемых деталей проплавились с образованием требуемого количества наплавленного металла и заданной формы шва. Основные, наиболее широко применяемые способы перемещения конца электрода при РДС приведены на рис. 65. Существуют различные способы выполнения швов по длине и сечению. Выбор способа выполнения швов определяется длиной шва и толщиной свариваемого металла. Условно считают швы длиной до 250 мм короткими, длиной 250—1 000 мм – средними, а более 1 000 мм – длинными (рис. 66).

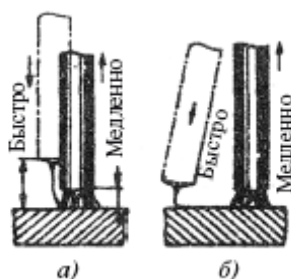


Рис. 64. Способы зажигания дуги плавящимся покрытым электродом: а – прикосновение электрода в точке; б – чирканье концом электрода о поверхность металла

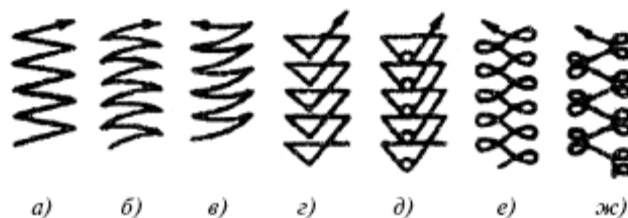


Рис. 65. Основные способы перемещения конца электрода при РДС: а, б, в, г – при обычных швах; д, е, ж – при швах с усиленным прогревом кромок

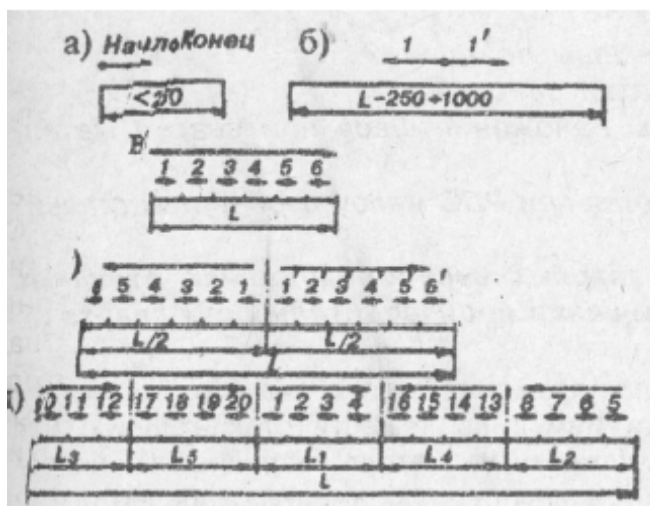


Рис. 66. Способы выполнения шва: а – сварка швов «на проход»; б – сварка швов средней длины; в – сварка швов обратноступенчатым способом; г, д – сварка длинных швов

Короткие швы по длине обычно сваривают «на проход» (рис. 66, а). Швы средней длины сваривают от середины к краям (рис. 66, б) либо обратноступенчатым способом (рис. 66, в). Длинные швы однопроходных стыковых соединений и первый проход многопроходных швов сваривают от середины к концам обратноступенчатым способом (рис. 66, г), а в соединениях с угловыми швами также от середины к концам обратноступенчатым способом (рис. 66, д). Обратноступенчатая сварка является наиболее эффективным методом уменьшения остаточных напряжений и деформаций. Предыдущий шов остывает до температуры 200—300 °С. При охлаждении одновременно с уменьшением ширины шва уменьшается и первоначально расширенный зазор, именно поэтому остаточные деформации становятся минимальными. При сварке стыковых или угловых швов большого сечения шов выполняется несколькими слоями (рис. 67). При этом каждый слой средней и верхней части шва может выполняться как за один проход (рис. 67, а), так и за два и более проходов (рис. 67, б). С точки зрения уменьшения остаточных деформаций сварка за один проход предпочтительнее. Если ширина шва достигает 14—16 мм, то чаще применяется многопроходный способ сварки швов. При сварке металла большой толщины (> 15 мм) выполнение каждого слоя «на проход» является нежелательным. Такой способ приводит к значительным деформациям и образованию трещин в

первых слоях, так как первый слой успевает остыть. Для предотвращения образования трещин заполнение разделки кромок при РДС следует производить каскадным методом или «горкой». В этом случае каждый последующий слой накладывается на еще не успевший остыть предыдущий слой, что позволяет снизить сварочные напряжения и деформации. Схемы заполнения разделки кромок каскадным методом и «горкой» приведены на рис. 68, а, б.

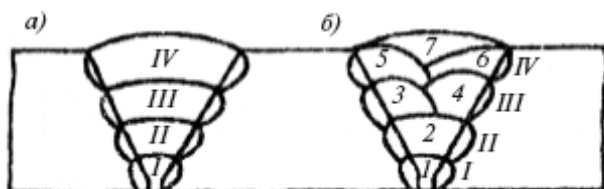


Рис. 67. Многослойные швы: а – сварной многослойный шов, выполненный за один проход; б – многослойный шов, выполненный за несколько проходов; I—IV – количество слоев сварных швов; 1—7 – количество проходов.

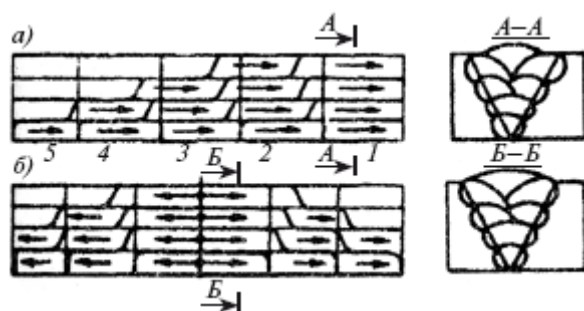


Рис. 68. Схема заполнения разделки кромок при РДС металла большой толщины: а – каскадный метод; б – метод заполнения разделки «горкой»

При каскадном методе заполнения шва весь шов разбивается на короткие участки в 200 мм, и сварка каждого участка производится таким методом. По окончании сварки первого слоя первого участка, не останавливаясь, продолжают выполнение первого слоя на соседнем участке. При этом каждый последующий слой накладывается на неуспевший остыть металл предыдущего слоя. Сварка «горкой» является разновидностью каскадного способа и ведется двумя сварщиками одновременно, от середины к краям. Эти оба метода выполнения шва представляют собой обратноступенчатую сварку не только по длине, но и по сечению шва. Прежде чем приступить к сварке, необходимо

ознакомиться с технической документацией. Процесс изготовления любой конструкции представлен в технологических картах. Кроме технологических карт к технологическому процессу прилагаются чертежи изделия: общий вид и детализация с необходимыми пояснениями и техническими условиями. На общем виде указываются обозначения сварных швов. При РДС малоуглеродистых сталей в зависимости от прочностных показателей металла широко используют электроды с рутиловым покрытием типов Э42 и Э46, например, АНО-6, АНО-4 и др. Для сварки ответственных стальных конструкций применяют электроды с основным покрытием типов Э42АиЭ46А, например: УОНИ-13/45, СМ-11, Э-138/45Н и др.

Контрольные вопросы:

1. Как различаются сварные швы по длине?
2. Что дает обратноступенчатая сварка?
3. Какие существуют методы наложения швов при сварке металла большой толщины?
4. Какие электроды применяются при РДС малоуглеродистых сталей?

5. Особенности выполнения сварных швов в положениях, отличных от нижнего. Способы повышения производительности сварки

Сварка швов в вертикальном положении затруднена, так как металл сварочной ванны под воздействием силы тяжести стекает вниз. Для уменьшения воздействия

силы тяжести на металл сварочной ванны сокращают объем самой сварочной ванны путем снижения сварочного тока на 15—20 %. Диаметр электрода не должен превышать 4—5 мм. Сварка вертикальных швов (рис. 69) выполняется снизу вверх (рис. 69, а) или сверху вниз (рис. 69, б). Наиболее удобной является сварка снизу вверх. При этом дуга возбуждается в самой нижней точке шва. Как только нижняя часть сварочной ванночки начинает кристаллизоваться, образуется площадка,

на которой удерживаются капли металла; электрод отводится чуть вверх и располагается углом вперед. При сварке сверху вниз в начальный момент электрод располагается перпендикулярно к поверхности, и дуга возбуждается в верхней точке шва, после образования капли жидкого металла на детали, электрод наклоняется под углом $10\text{--}15^\circ$ так, чтобы дуга была направлена на расплавленный металл. При сварке сверху вниз глубина проплавления значительно меньше, поэтому она применяется, как правило, при сварке тонкого металла.

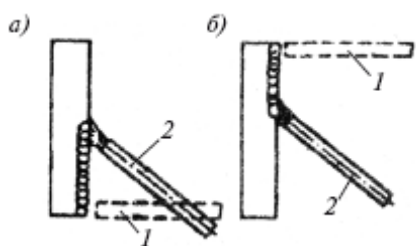


Рис. 69. Сварка вертикальных швов: а – снизу вверх; б – сверху вниз; 1, 2 – положения электрода

Для улучшения формирования шва при сварке вертикальных швов должна поддерживаться короткая дуга. При сварке снизу вверх поперечные колебания не производятся или они должны быть очень незначительными. Сварка горизонтальных швов сложнее, чем сварка вертикальных швов. Она выполняется сварщиками высокой квалификации. Повышение производительности труда при ручной сварке может быть достигнуто за счет организационных и технических мероприятий. При ручной сварке штучными электродами необходимо устройство пунктов питания сварочным током для быстрого переключения сварочных проводов. Не менее важным мероприятием является применение электрододержателей для быстрой смены электродов, а также приспособлений для ускоренного поворота деталей и т. д. Разработка технических мероприятий связана с внедрением новейших способов сварки или усовершенствованием сварочного оборудования и технологии сварки. Вместо V-образной разделки кромок желательнее применять X-образную. Целесообразно применять электроды с большим коэффициентом наплавки, например, электрод МР-3 имеет коэффициент наплавки $8,5 \text{ г}/(\text{Ач})$, а электрод ИТС-1 – $12 \text{ г}/(\text{Ач})$ при

прочих равных характеристиках. Для повышения производительности РДС можно повышать сварочный ток до верхнего предела, рекомендуемого для данного диаметра электрода, можно производить сварку опиранием на чехольчик, трехфазной дугой, наклонным или лежащим электродом. При сварке двухсторонних угловых швов на постоянном токе можно сваривать одновременно с двух сторон методом «дуга в дугу» ит. д. Некоторые способы сварки показаны на схематических рисунках (рис. 70, 71, 72).

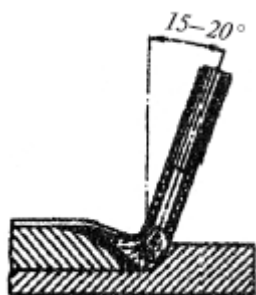


Рис. 70. Сварка наклонным электродом с опиранием на чехольчик

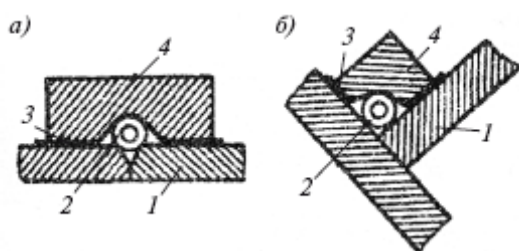


Рис. 71. Сварка лежащим электродом: 1 – свариваемые детали; 2 – лежащий электрод; 3 – бумажная изоляция; 4 —медный брусок

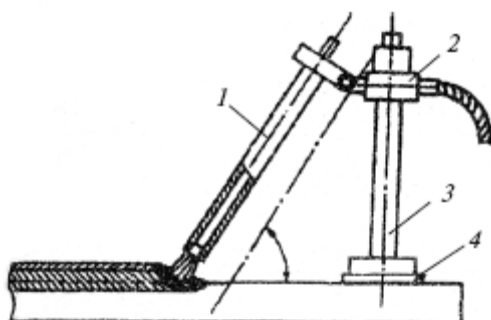


Рис. 72. Схема сварки наклонным электродом: 1 – электрод; 2 – обойма; 3 – штатив; 4 – изолирующая подкладка

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте особенности сварки вертикальных швов.

2. Расскажите о способах повышения производительности труда сварщиков.

6. Наплавка

Большое количество деталей машин и механизмов выходит из строя в процессе эксплуатации вследствие тирания, ударных нагрузок, эрозии и т. д. Современная техника располагает различными методами восстановления и упрочнения деталей для повышения срока их службы. Одним из методов восстановления и упрочнения деталей является наплавка. Наплавка – это нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением. Различают наплавку восстановительную и изготовительную. Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок к составу и механическим свойствам основному металлу. Изготовительная наплавка служит для получения многослойных изделий. Такие изделия состоят из основного металла (основы) и наплавленного рабочего слоя.

Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, термостойкость, коррозионную стойкость и т. д. Таким образом наплавку производят не только при восстановлении изношенных, но и при изготовлении новых деталей машин и механизмов. Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах. Восстановлению подлежат конусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес ит. д. Наплавку можно производить почти всеми известными способами сварки плавлением. Каждый способ набавки имеет свои достоинства и недостатки. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем: минимальное проплавление основного металла; минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки; занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

Однако не все способы наплавки могут обеспечить выполнение предъявляемых требований. Выбор способа наплавки определяется возможностью получения наплавленного слоя требуемого состава и механических свойств, а также характером и допустимой величиной износа. На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры (конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Для примера приведем табл. 35.

Таблица 35

Сравнительные характеристики некоторых способов наплавки:

Способ наплавки	Производительность, кг/ч	Доля основного металла, %	Толщина наплавленного слоя, мм
Аргонодуговая неплавящимся электродом	1,0–1,7	10–30	2,5–5,0
Плавящимся электродом в защитном газе	1,5–9,0	30–60	3,0–5,0
Ручная дуговая покрытыми электродами	0,8–3,0	20–50	2,0–5,0
Дуговая самозащитной проволокой	2,0–9,0	25–50	2,5–5,0
Плазменная порошковым	0,8–6,0	5–15	0,3–6,0

Несмотря на невысокие показатели приведенных характеристик ручная дуговая наплавка штучными электродами является наиболее универсальным способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм, и может выполняться во всех пространственных положениях. Для наплавки используют электроды диаметром 3–6 мм. При толщине наплавленного слоя до 1,5 мм применяются электроды диаметром 3 мм, а при большей толщине – диаметром 4–6 мм. Для обеспечения минимального противления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11 – 12 А/мм². Основными достоинствами ручной дуговой наплавки являются универсальность, возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. Для выполнения ручной дуговой наплавки используется обычное оборудование сварочного поста.

К недостаткам ручной дуговой наплавки можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за

повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла. Для ручной дуговой наплавки применяют как специальные наплавочные электроды, так и обычные сварочные, предназначенные для сварки легированных сталей. Выбор электрода для наплавки определяется составом основного металла. Например, для наплавки слоя низколегированной стали с содержанием углерода менее 0,4 % применяются электроды следующих марок: ОЗН-250У, ОЗН-300У, ОЗН-350У, ОЗН-400У и др. В маркировке буква Н обозначает «наплавочный». Для наплавки слоя низколегированной стали с содержанием углерода более 0,4 % применяются электроды: ЭН60М, ОЗШ-3, 13КН/ЛИВТ и др. При дуговой наплавке неплавящимися электродами применяются литые присадочные прутки: Пр-С1, Пр-С2, Пр-С27, Пр-ВЗК, Пр-ВЗК-Р и др. (Пр – обозначает пруток). Для восстановления размеров изношенных деталей помимо электродов и присадочных прутков применяют наплавочные проволоки: Нп-30, Нп-40, Нп-50 и др. Для наплавки штампов применяют легированные наплавочные проволоки: Нп-45Х4ВЗФ, Нп-45Х2В8Т и др. (Нп – обозначает наплавочная). Для износостойкой наплавки широкое применение находят порошковые проволоки в соответствии с нормативными документами, например, для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками, применяют порошковые проволоки следующих марок: ПП-Нп-200Х12М, ПП-Нп-200Х12ВФ и др. (ПП – обозначает проволока порошковая). Для плазменной наплавки комбинированной дугой вольфрамовым электродом широко применяются наплавочные порошки. Порошки изготавливаются на основе железа, никеля и кобальта. Выпускаются порошки на основе железа типа «сормайт»: ПГ-С1, ЛГ-УС25, ПГ-С27, ПГ-АН1. Порошки на основе никеля выпускаются трех марок: ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4. Порошки на основе кобальта выпускаются также трех марок: ПР-К60Х3ОВС, ПН-АН35, ПГ-ЮК-1. В качестве источников питания плазменной дуги, при наплавочных работах чаще применяются серийные выпрямители: ВД-306, ВД-303,

ВДУ-504, ВДУ-505, ВДУ-506, ИПН-160/100 и др. При электродуговой наплавке в качестве источников питания могут быть использованы и сварочные трансформаторы.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение и расскажите о назначении наплавки.
2. Какие способы наплавки вы знаете? Охарактеризуйте их.
3. Какие важнейшие требования предъявляются к наплавке?
4. Что влияет на выбор способа наплавки?
5. Каковы достоинства ручной дуговой наплавки?
6. Что можно отнести к недостаткам ручной дуговой наплавки?
7. Какие электроды применяются для ручной дуговой наплавки?
8. Какие электродные материалы применяются для наплавки помимо штучных, электродов и присадочных прутков?
9. Какие источники питания можно применять при ручной дуговой наплавке?

Глава 6 ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

1. Некоторые особенности сварки и влияние параметров режима на формирование шва

Сварку под слоем флюса производят электродной проволокой, которую подают в зону горения дуги специальным механизмом, изымаемым сварочной головкой автомата. Металл сварочной проволоки расплавляется дугой и переносится каплями в сварочную ванну. В сварочной ванне металл сварочной проволоки смешивается с расплавленным основным металлом. Токоподвод к проволоке осуществляется через мундштук, изготовляемый из меди или ее сплавов. Малый вылет электрода, отсутствие покрытия, большая скорость подачи электродной проволоки позволяют значительно увеличить силу сварочного тока по сравнению с ручной сваркой электродами тех же диаметров. Это приводит к ускорению процесса плавления сварочной проволоки, увеличению глубины проплавления основного металла и, как следствие, значительному повышению производительности. Коэффициент наплавки достигает в некоторых случаях 90 г/(А·ч). Достаточно толстый слой флюса (до 60 мм) засыпаемый в зону сварки, расплавляется на 30 %. Это делает дугу закрытой (невидимой) и обеспечивает надежную защиту расплавленного металла от окружающего воздуха, стабилизирует сварочный процесс. Существенным достоинством сварки под флюсом являются незначительные потери на угар металла и его разбрызгивание, вследствие увеличения эффективной тепловой мощности дуги может быть расширен диапазон толщин деталей, свариваемых без скоса кромок. Например, при обычных режимах сварки под флюсом деталей встык без скоса кромок можно сваривать металл толщиной 15—20 мм. В этом случае увеличивается проплавление основного металла, и его доля в металле шва составляет 0,5—0,7. При этом значительно снижается расход электродной проволоки. При сварке угловых швов увеличенная глубина провара обеспечивает большее сечение, чем это достигается при ручной сварке с одинаковым катетом шва. Как отмечалось ранее,

флюсы влияют на устойчивость горения дуги, формирование и химический состав металла шва. Флюсы в значительной мере определяют стойкость металла шва против образования пор и кристаллизационных трещин. Требуемые механические свойства, структура металла шва и сварного соединения в целом обеспечиваются применением сочетания флюса и электродной проволоки. Размеры и форма шва при сварке под флюсом характеризуется глубиной провара, шириной шва, высотой выпуклости и т. д. Закономерности изменения формы шва обусловлены главным образом режимом сварки и практически мало зависят от типа сварного соединения. Параметры режима сварки под флюсом условно можно разбить на основные и дополнительные. К основным параметрам относят величину сварочного тока, его род и полярность, напряжение дуги, диаметр электродной проволоки и скорость сварки. При сварке под флюсом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки часто вместо сварочного тока используют термин «скорость подачи электродной проволоки». Чем выше скорость подачи электродной проволоки, тем больше должен быть сварочный ток, чтобы расплавить проволоку, подаваемую в сварочную ванну. К дополнительным параметрам режима сварки под флюсом относят величину вылета электродной проволоки, состав и строение флюса, а также положение изделия и электрода при сварке. Глубина провара и ширина шва зависят от всех параметров режима сварки. С увеличением силы тока глубина провара увеличивается. При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара примерно на 40—50 % больше, чем при сварке постоянным током прямой полярности. При, сварке переменным током глубина провара на 15—20 % ниже, чем при сварке постоянным током обратной полярности. Уменьшение диаметра электродной проволоки приводит к увеличению глубины провара, так как увеличивается плотность тока. При этом ширина шва уменьшается. Данные по влиянию сварочного тока и диаметра электродной проволоки на глубину провара приведены в табл. 36.

Влияние силы сварочного тока, его плотности и диаметра электродной проволоки на глубину провара

Диаметр, мм	Глубина провара					
	3	4	5	6	8	10
2	200 64	500 157	400 57	375 29	53	550 28
3	300 104	600 200	500 71	425 36	800 64	600 31
4	350 127	300 43	625 89	500 40	450 23	725 37
5	400 143	350 50	750 107	550 44	500 26	825 42

Примечание. В первой строке приведены значения сварочного тока (А), а во второй – значения его плотности (А/мм²).

Из приведенных данных следует, что при автоматической сварке под флюсом для получения глубины провара 5 мм при диаметре электродной проволоки 2 мм требуется сварочный ток 350 А, а при диаметре 5 мм – 500 А. На практике больше применяют малые диаметры электродной проволоки. Это позволяет применять меньшие значения сварочного тока в сочетании с высокой производительностью процесса сварки. Напряжение дуги при сварке под флюсом не оказывает существенного влияния на глубину провара. Увеличение напряжения дуги приводит к увеличению ширины шва. При этом снижается выпуклость шва, глубина протравления остается почти постоянной. При необходимости увеличения толщины свариваемого металла для правильного формирования шва необходимо увеличивать силу сварочного тока и напряжение дуги. Зависимость между напряжением дуги и силой сварочного тока на примере сварки под флюсом АН-348А приведена в табл. 37.

Таблица 37

Зависимость между напряжением дуги и силой сварочного тока при сварке под флюсом АН-348Д

Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
2	180–300	32–34
	300–400	34–36
	500–600	36–40
5	600–700	38–40
	700–850	40–42
	850–1 000	41–43

Влияние скорости сварки на глубину провара неоднозначно. При малых скоростях сварки 10–12 м/ч глубина проплавления при прочих равных условиях минимальная. При увеличении скорости сварки ширина шва заметно сокращается, выпуклость шва несколько возрастает, глубина проплавления незначительно увеличивается. При увеличении скорости сварки до 70–80 м/ч глубина проплавления и ширина шва уменьшаются, а при дальнейшем увеличении скорости сварки влияние различных факторов приводит к тому, что образуются краевые непровары – зоны несплавления (рис. 73). На форму и размеры шва влияют не только основные параметры режима сварки, но и дополнительные. Влияние наклона электрода скажется на изменении положения дуг. По положению электрода вдоль шва различают сварку с наклоном электрода углом вперед или углом назад (рис. 74). В первом случае существенно уменьшается глубина провара и увеличивается ширина шва. При наклоне электрода углом назад происходит некоторое увеличение глубины провара и уменьшение ширины шва, поэтому зоны несплавления могут образоваться при меньшей скорости сварки, чем при вертикальном расположении электрода. Этот метод чаще применяется при двухдуговой сварке.

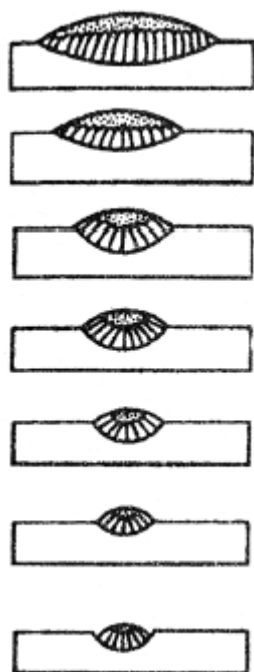


Рис. 73. Влияние скорости сварки на форму шва

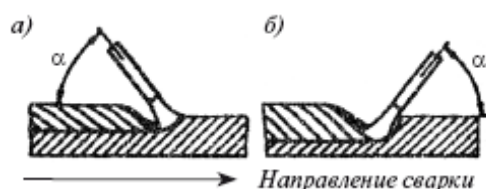


Рис. 74. Влияние угла наклона электрода: а – углом вперед (меньшая глубина проплавления); б – углом назад (большая глубина проплавления) Наклон изделия по отношению к горизонтальной плоскости также оказывает влияние на формирование шва. При сварке подъем увеличивается глубина провара и уменьшается ширина шва. Если угол подъема изделия при сварке под флюсом будет более 6° , то по обе стороны шва могут образоваться подрезы. При варке на спуск глубина провара уменьшается. Изменение вылета электрода и марки флюса приводит к изменению условий выделения теплоты. Увеличение вылета электрода вызывает увеличение напряжения на дуге, уменьшение сварочного тока и глубины провара. Особенно заметно влияние вылета электрода при механизированной сварке проволокой диаметром 1,0—2,5 мм. В этом случае колебания вылета электрода в пределах 8—10 мм могут привести к резкому ухудшению формирования шва. Флюсы отличаются стабилизирующими свойствами, плотностью, газопроницаемостью в жидком состоянии и вязкостью. Повышенные

стабилизирующие свойства флюсов приводят к увеличению длины и напряжения дуги, в результате чего возрастает ширина шва и уменьшается глубина провара. Аналогичный процесс формирования шва происходит при сварке с уменьшением насыпной массы флюса.

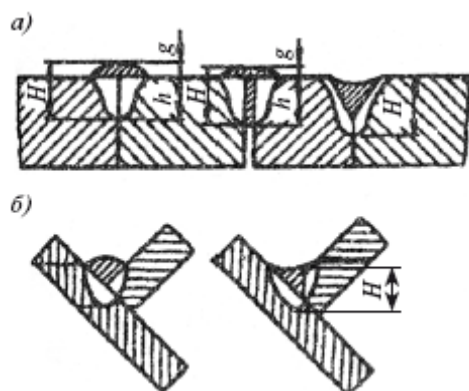


Рис. 75. Влияние зазора и разделки на форму шва: а – при стыковых швах; б – при угловых швах; Н – общая высота шва; h – глубина провара; g – высота выпуклости шва

Зазор между деталями, разделка кромок и вид сварного соединения не оказывают значительного влияния на форму шва. Очертание провара и общая высота шва Н остаются практически постоянными. Чем больше зазор или разделка кромок, тем меньше доля основного металла в металле шва. Из рис. 75 видно, что в зависимости от зазора или разделки кромок шов может быть выпуклым, нормальным или вогнутым, наиболее существенно на форму и качество шва влияет непосредственно зазор между деталями. При сварке вручную сварщик может сам выправить дефект сборки (заплавить увеличенный зазор) обеспечить требуемую форму шва. При автоматической сварке это осуществить невозможно. Плохая сборка не обеспечит заданные зазоры и получение качественного шва.

Контрольные вопросы:

1. Опишите некоторые особенности сварки под флюсом.
2. Каково влияние режимов на формирование шва?
3. Как влияет диаметр сварочной проволоки на формирование шва?
4. Каково влияние скорости сварки на формирование шва?
5. Как влияют род и полярность тока на формирование шва?

6. Каково влияние вылета электрода и марки флюса на формообразование шва?

2. Технология выполнения сварных соединений

При сварке под флюсом наибольшее применение получили стыковые соединения с односторонними и двухсторонними швами с разделкой и без разделки кромок, односторонние и многосторонние. Для получения качественного сварного шва необходимо применять входные и выходные планки. Односторонняя автоматическая сварка без разделки кромок с неполным проваром (сварка на весу) должна выполняться на таком режиме, чтобы непроплавленный слой основного металла мог удерживать сварочную ванну. Если при односторонней сварке требуется обеспечить полный провар, то необходимо принять технологические меры с тем, чтобы жидкий металл не вытекал в зазор. Для предотвращения прожогов сварку производят на остающейся стальной подкладке или в замок. Сварку также можно производить на медной или флюсовой подкладке, на флюсовой подушке. В некоторых случаях предварительно проваривают корень шва механизированной сваркой (рис. 76).

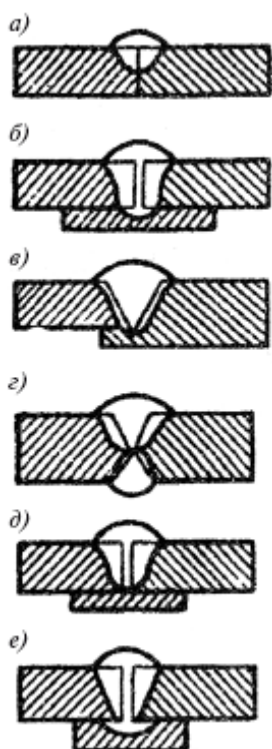


Рис. 76. Способы односторонней автоматической сварки под флюсом: *а* – без разделки кромок с неполным проваром; *б* – сварка на остающейся стальной подкладке; *в* – сварка в замок; *г* – сварка с предварительной подваркой; *д* – сварка на медной подкладке; *е* – сварка на медно-флюсовой подкладке

Двухсторонняя автоматическая сварка является основным методом получения высококачественных швов. В этом случае стыковое соединение сначала проваривают автоматической сваркой с одной стороны на весу так, чтобы глубина проплавления составляла чуть больше половины толщины свариваемых деталей. После кантовки (поворота) изделия сварку производят с противоположной стороны (рис. 77, а, б).

В результате некоторых технологических трудностей не всегда удается выполнить первый проход без нарушений технологии. Для того, чтобы гарантировать качество шва при первом проходе, применяют сварку на флюсо-медных подкладках (рис. 77, в).

Тавровые, угловые и нахлесточные соединения сваривают угловыми швами. Швы в «лодочку» свариваются вертикальным электродом, другие швы нижнего положения – наклонным электродом. Основная трудность при сварке «в лодочку» заключается в том, что жидкий металл протекает в зазоры. В этом случае к сборке под сварку предъявляются более жесткие требования.

Если зазор более 1,0–1,5 мм, то необходимо принимать меры, предупреждающие протекание жидкого металла (так же, как и при сварке стыковых швов). Схема сварки угловых швов приведена на рис. 78.

Ориентировочные режимы сварки под флюсом наиболее распространенных типов сварных швов приведены в табл. 38. Сборку деталей под сварку выполняют согласно существующим нормативным документам.

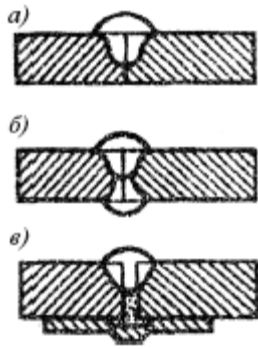


Рис. 77. Выполнение стыкового шва двухсторонней автоматической сваркой: а – сварка первого шва на весу; б – сварка второго шва с перекрытием первого шва на 3—4 мм; в – сварка первого шва на флюсо-медной подкладке

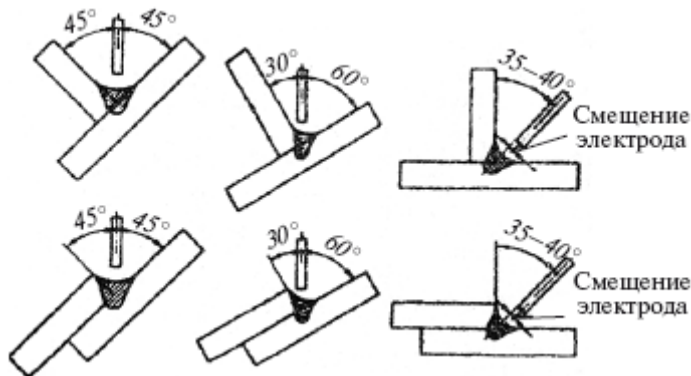


Рис. 78. Схема сварки угловых швов

Таблица 38

Параметры режимов сварки

Эскиз заготовки кромок	Толщины свариваемого металла	Зазор при сборке, мм	Тип шва	$d_{э}$, мм	$I_{ср}$, А	Напряжение, $U_{дуг}^*$, В		$V_{ср}$, м/ч	Применение
						~	= ОП		
	5	0–2	Односторонний	4	575–625	28–30	26–28	48–50	Сварка стыковых швов на флюсовом подушке с обязательным зазором
	8	2–4	То же	5	675–725	32–36	26–28	30–32	
	8	2–4	Двусторонний	5	650–700	34–38	30–32	35–37	
	10	2–4	Односторонний	5	700–750	34–38	30–32	28–30	
	10	1–3	Двусторонний	5	650–700	34–38	30–32	32–34	
	12	4–5	Односторонний	5	750–800	36–40	30–34	25–27	
	>17	–	1-й шов	5	750–800	–	36–38	20,0–22,0	Многослойная сварка стыковых швов
			2-й и последующие швы	5	825–875	–	36–38	20,0–22,0	
	8	–	–	4	575–600	34–36	30–32	52–54	Сварка угловых швов «в лодочку»
	6	–	–	4	575–625	34–36	32–34	30–32	
	10	–	–	5	675–725	34–36	32–34	30–32	
	–	–	–	4	480–500	–	28–30	58–60	Сварка угловых швов «в угол»
	–	–	–	4	675–700	–	32–34	18–50	

* – ОП (обратная полярность).

Контрольные вопросы:

1. Какие особенности существуют при односторонней автоматической сварке под флюсом?

2. Какие достоинства существуют при двухсторонней автоматической сварке?

3. В чем особенности автоматической сварки угловых швов?

Глава 7

ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА

1. Некоторые особенности электрошлаковой сварки

К особенностям электрошлаковой сварки (ЭШС) следует отнести отсутствие дугового разряда, что обеспечивает

более спокойное протекание процесса сварки без разбрызгивания металла и шлака, возможность производить сварку

одновременно несколькими электродами. За один проход можно сварить деталь толщиной до 3000 мм. Расход флюса

в 20—30 раз меньше, чем при сварке под флюсом аналогичных сварных соединений. При электрошлаковой сварке в

качестве электродов служат и электродная проволока, и стержни, и пластины. Легче удаляются легкоплавкие

вредные примеси, шлаки и газы из металла шва. Замедляется скорость охлаждения, уменьшается вероятность

образования пор и уменьшается возможность образования холодных трещин. Этот способ применяется часто и при сварке небольших толщин 20—30 мм. При ЭШС подготовка деталей под сварку имеет свои особенности. Она подразделяется на предварительную и непосредственную. При предварительной подготовке свариваемым кромкам соединяемых деталей придается требуемая геометрическая форма и обеспечивается чистота обработки. Особое внимание уделяется боковым поверхностям, по которым будут перемещаться формирующие шов устройства. При газопламенной резке величина отдельных гребешков не должна превышать 2—3 мм. Если заготовки выполнены из проката, то поверхность деталей под ползуны должна быть зачищена от заусенцев и окалины. Кромки кольцевых швов, как правило, обрабатываются механическим способом. Непосредственно подготовка деталей к ЭШС заключается в сборке деталей под сварку. В зависимости от марки стали, способа ЭШС, ее режима и способов фиксации деталей угол раскрытия зазора по длине между деталями должен составлять 1—2°. Соединяемые детали фиксируются скобами или планками, привариваемыми вдоль стыка через 50—80 см. Для ЭШС деталей из

конструкционных сталей толщиной до 200 мм кромки подготавливают газопламенной резкой. При толщине деталей более 200 мм – механической обработкой. После сварки, до обязательной термической обработки, входной карман и выводные планки срезаются газопламенной резкой.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности электрошлаковой сварки?
2. Расскажите о подготовке деталей под электрошлаковую сварку.

2. Типы сварных соединений и виды сварных швов, характерных для ЭШС

Все конструктивные элементы сварных соединений и швов ЭШС определены в нормативных документах. Электрошлаковой сваркой можно получить практически все виды сварных швов. Типы стыковых сварных соединений приведены на рис. 79.

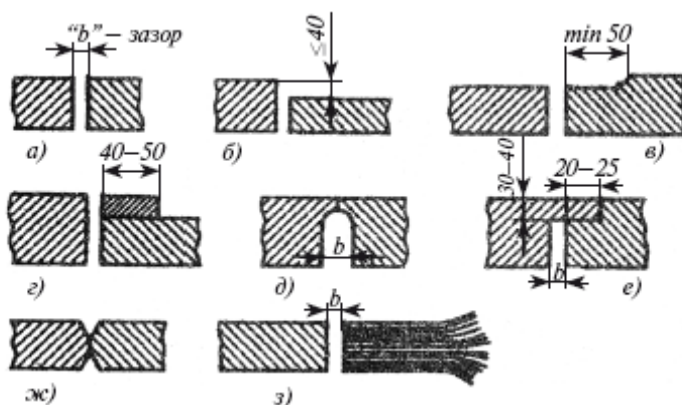


Рис. 79. Стыковые сварные соединения: а, б – с равными и разными толщинами свариваемых кромок; в – с уменьшением одной кромки до размеров сопрягаемой; г – с увеличением толщины более тонкой кромки; д – с фигурной разделкой кромок; е – «замковое» соединение; ж – X-образное соединение; з – соединение монолитной кромки с набором пластин

При сварке стыковых соединений между двумя прямыми кромками предусматривают зазор «в», который является одним из важнейших технологических параметров режима сварки. При ЭШС стыковых соединений с разной толщиной кромок срезают более толстую кромку

или наращивают более тонкую для выравнивания толщин свариваемых деталей. Типы угловых и тавровых соединений показаны на рис. 80.

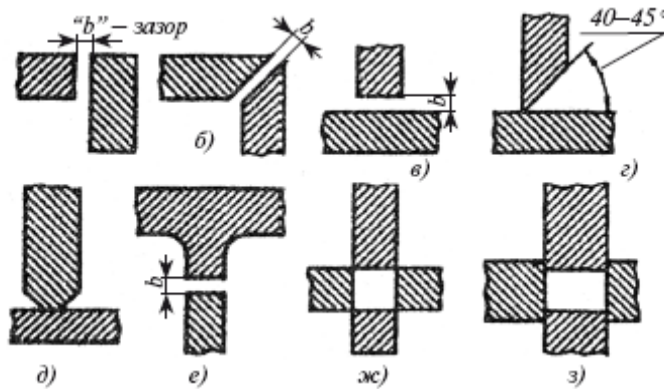


Рис. 80. Угловые и тавровые соединения: а – угловое с прямой разделкой кромок; б – угловое с разделкой кромок на «ус»; в – тавровое без разделки кромок; г, д – тавровое с разделкой примыкающей детали; е – соединение литых деталей; ж, з – крестообразные соединения

Угловые и тавровые соединения, выполняемые ЭШС, встречаются значительно реже стыковых соединений. Наибольшее распространение они получили при изготовлении станин различных прессов из проката. Величины зазоров в зависимости от свариваемых толщин приведены ниже:

Зазор «в», мм	20–21	26–27	28–32	36–40	40–42
Толщина свариваемых деталей (ЭШС), мм	16–30	30–80	80–500	500–1000	1000–2000

Различные виды сварных швов показаны на рис. 81.

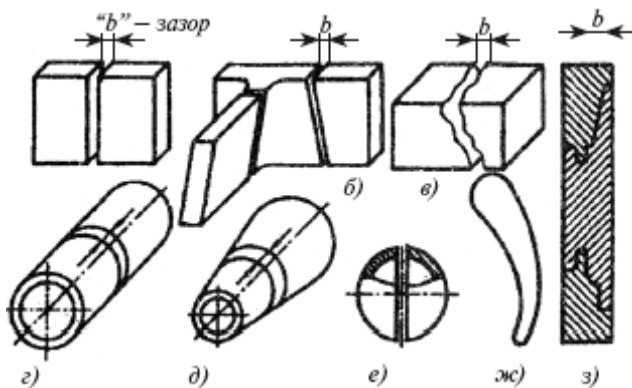


Рис 81. Виды сварных швов: а,б—прямолинейные на вертикальной и наклонной плоскостях; в– участок шва пространственной формы (трещина); г,д,е—кольцевые на цилиндрической, конической и шаровой

поверхностях; ж, з – переменного сечения и с дополнением до прямоугольного

Наиболее распространенные сочетания сварочных проволок и марок свариваемых металлов, которые обеспечивают механические свойства сварных соединений на уровне свойств основного металла приведены в табл. 39. Все данные сочетания можно выполнять с применением флюсов АН-8 и АН-99.

Таблица 39

Свариваемые стали		Марка проволоки	Свариваемые толщины, мм
Класс	Марка		
Конструкционная	Ст. 2, Ст. 3, МСт. 3	Св-08А; Св-08 А	40–300
Котельная	15К, 20К, 22К, 09Г2С	Св-10Г2; Св-10Г2С; Св-10Г2С	40–160 40–160
Низколегированная	12ХМ, 20ГЛС, 25ГСЛ, 08ГДНФ, 16ГНМА	Св-10Х2М, 18ХМА, Св-08Г2С, Св-08ХН2М	40–120 200–1000 100–800

Контрольные вопросы:

1. Какие виды сварных швов можно получить ЭШС?
2. Какие технологические особенности существуют при ЭШС деталей разных толщин при стыковых соединениях?
3. Какая зависимость существует между зазором и толщиной деталей при ЭШС?
4. Для чего необходимо определенное сочетание основного металла и сварочной проволоки при ЭШС?

Глава 8

ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

1. Технологические особенности сварки в среде защитных газов и их смесях

Применение дуговой сварки в среде защитных газов благодаря ее технологическим и экономическим преимуществам все больше возрастает. Технологическими преимуществами являются относительная простота процесса сварки и возможность применения механизированной сварки в различных пространственных положениях. Незначительный объем шлаков позволяет получить высокое качество сварных швов. Сварка в среде защитных газов применяется для соединения как различных сталей, так и цветных металлов. Для сварки в защитных газах кроме источника питания дуги требуются специальные приборы и оснастка (приспособления). Сварочный пост для сварки в среде защитного газа представлен на рис. 82.

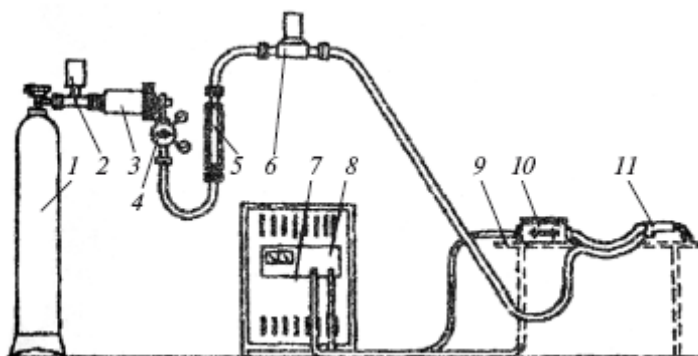


Рис. 82. Пост для сварки в среде защитного газа: 1 – баллон с газом; 2 – подогреватель; 3 – осушитель; 4 – редуктор; 5 – расходомер (ротаметр); 6 – газозащитный клапан; 7 – источник питания; 8 – панель управления; 9 – рабочий стол; 10 – подающий механизм; 11 – горелка

Сварка в защитных газах – это общее название разновидностей дуговой сварки, при которых через сопло горелки в зону горения дуги вдувается струя защитного газа. В качестве защитных газов применяют: аргон, гелий (инертные газы); углекислый газ, кислород, азот, водород (активные газы); смеси газов ($Ar + CO_2 + O_2$; $Ar + O_2$; $Ar + CO_2$ и др.). Смеси защитных газов должны удовлетворять требованиям ТУ.

Аргонокислородную смесь ($\text{Ar} + 1\text{--}5\% \text{O}_2$) применяют при сварке малоуглеродистых и легированных сталей. В процессе сварки капельный перенос металла переходит в струйный, что позволяет увеличить производительность сварки и уменьшить разбрызгивание металла.

Смесь аргона с углекислым газом ($\text{Ar} + 10\text{--}20\% \text{CO}_2$) также применяют при сварке малоуглеродистых и низколегированных сталей. При использовании этой смеси защитных газов устраняется пористость в сварных швах, повышается стабильность горения дуги и улучшается формирование шва.

Тройная смесь ($75\% \text{Ar} + 20\% \text{CO}_2 + 5\% \text{O}_2$) при сварке сталей плавящимся электродом обеспечивает высокую стабильность горения дуги, минимальное разбрызгивание металла, хорошее формирование шва, отсутствие пористости.

На практике используются либо баллоны с готовой смесью газов, либо баллоны с каждым газом отдельно. В последнем случае расход каждого газа регулируется отдельным редуктором и измеряется ротаметром типа РС-3.

При сварке в среде защитных газов различают следующие основные способы: сварка постоянной дугой, импульсной дугой; плавящимся электродом и неплавящимся электродом.

Наиболее широко применяется сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродами.

Сварка неплавящимся электродом в защитных газах – это процесс, в котором в качестве источника теплоты применяется дуга, возбуждаемая между вольфрамовым или угольным (графитовым) электродом и изделием.

Сварка постоянным током прямой полярности позволяет получать максимальное проплавление свариваемого металла.

При сварке на постоянном токе применяются источники питания с крутопадающей вольт-амперной характеристикой:

ВДУ-305, ВДУ-504, ВДУ-505, ВДУ-601, ВСВУ-300.

В комплект сварочной аппаратуры при сварке на постоянном токе входят сварочные горелки, устройства для первоначального

возбуждения сварочной дуги, аппаратура управления сварочным циклом и газовой защиты Техническая характеристика некоторых сварочных горелок для ручной сварки вольфрамовым электродом приведена в табл. 40:

Таблица 40

Горелка	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм
ЭЗР-5	75 – воздушное охлаждение	0,5; 1,0; 1,5
ЭЗГ-3-66	150 – воздушное охлаждение	1,5; 2,0; 3,0
ГР-4	200 – воздушное охлаждение	0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 3,0
ГСН-1	450 – водяное охлаждение	3,0; 4,0; 5,0
ГСН-2	150 – водяное охлаждение	2,0; 2,5; 3,0

Для того, чтобы улучшить процесс зажигания дуги в среде защитных газов, используют специальные устройства первоначального возбуждения дуги. Это связано с тем, что защитные газы, попадая в зону горения дуги, охлаждают дуговой промежуток и дуга плохо возбуждается. Наиболее широко применяются устройства следующих марок: ОСППЗ-3ООМ, УПД-1, ВНР-101, ОСПЗ-2М.

При сварке в среде защитных газов на переменном токе применяют устройство для стабилизации горения дуги, например, стабилизатор – возбудитель дуги ВСД-01.

Сварку можно выполнять как с присадочной проволокой, так и без присадки.

При сварке плавящимся электродом в защитных газах дуга образуется между концом непрерывно расплавляемой проволоки и изделием. Сварочная проволока подается в зону горения дуги подающим механизмом со скоростью, равной средней скорости ее плавления. Расплавленный металл электродной проволоки переходит в сварочную ванну и таким образом формируется сварной шов.

При этом способе сварки существуют определенные преимущества: обеспечивается высокая производительность сварки;

представляется возможность производить сварку при повышенной плотности мощности, при этом обеспечивается более узкая зона термического влияния;

представляется возможность механизировать процесс сварки.

При сварке плавящимся электродом в среде защитных газов различают следующие две основные разновидности процесса: сварка короткой дугой и сварка длинной дугой.

Сварка короткой дугой является естественным импульсным процессом и осуществляется с постоянной скоростью подачи сварочной проволоки. Особенностью этого процесса являются возникающие замыкания дугового промежутка с частотой 150—300 зам/с.

При сварке короткой дугой наблюдается мелкокапельный перенос электродного металла с частотой, равной частоте коротких замыканий. Это дает возможность производить сварку при меньших значениях сварочного тока, повысить стабилизацию процесса сварки и снизить потери металла на разбрызгивание.

Сварка длинной дугой – это процесс с редкими замыканиями дугового промежутка (3—10 зам/с). В зависимости от режима сварки, защитного газа и применяемых сварочных материалов наблюдаются различные способы переноса электродного металла в сварочную ванну: крупнокапельный, мелкокапельный, струйный и др.

Определенным недостатком сварки плавящимся электродом в аргоне и смеси аргона с гелием является сложность поддержания струйного процесса переноса электродного металла.

Для повышения стабильности сварки и улучшения формирования сварного шва к аргону добавляют до 5 % O₂ или до 20 % CO₂.

Контрольные вопросы:

1. Каковы достоинства дуговой сварки в защитных газах?
2. Расскажите о применении двойных и тройных смесей защитных газов на основе аргона.
3. Расскажите о сварке в защитных газах неплавящимся электродом.

4. Что вы знаете о сварке в защитных газах плавящимся электродом и в чем ее преимущества?

5. Что вы знаете о сварке в защитных газах плавящимся электродом короткой дугой?

6. В чем отличие сварки длинной дугой от сварки короткой дугой?

2. Технологические особенности процесса сварки в углекислом газе

Сварку в углекислом газе (CO₂) обычно выполняют на постоянном токе обратной полярности плавящимся электродом. Основными параметрами режима сварки в CO₂ и его смесях являются: полярность и сила тока, напряжение дуги; диаметр, скорость подачи, вылет и наклон электрода; скорость сварки; расход и состав защитного газа. Сварочный ток и диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и расположения шва в пространстве. Стабильный процесс сварки с хорошими технологическими характеристиками можно получить только в определенном диапазоне силы сварочного тока, который зависит от диаметра и состава электродной проволоки и рода защитного газа. Величина сварочного тока определяет глубину проплавления и производительность процесса сварки. Величину сварочного тока регулируют изменением скорости подачи сварочной проволоки. Одним из важных параметров режима сварки в CO₂ является напряжение дуги. С повышением напряжения увеличивается ширина шва и улучшается его формирование. Однако увеличивается и угар полезных элементов кремния и марганца, повышается чувствительность дуги к «магнитному дутью», увеличивается разбрызгивание металла сварочной ванны. При пониженном напряжении дуги ухудшается формирование сварочного шва. Оптимальные значения напряжения дуги зависят от величины сварочного тока, диаметра и состава электродной проволоки, а также от рода защитного газа. Другие параметры режима сварки в CO₂ находятся в сложной зависимости от различных факторов, влияющих на сварочный

процесс. Режим сварки в CO₂ подбирают на основании обобщенных опытных данных, приведенных в табл. 41.

Таблица 41

Режимы сварки в среде CO некоторых видов соединений

Толщина металла, мм	Эскиз подготовленного соединения и выполненного шва	Зазор <i>b</i> , мм	Режим сварки						
			Число проходов	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Объемный расход CO ₂ , дм ³ /мин	
1 2		0 ⁺¹	1	0,8	50–60	17–18	100	8–10	
1			1,0	90–100	19–20	150	8–10		
3			1	1,2	170–180	22–23	215	8–10	
			2	1,2	130–140	21–22	180	8–10	
4		0 ^{+1,5}	1	1,6	220–240	25–27	215	15–16	
			2	1,2	150–160	21–22	220	9–10	
6				1	2,0	300–320	28–30	215	15–16
				2	2,0	280–300	28–30	170	15–16
	1–2	2,0		330–350	28–30	215	15–16		
8 10 12		0 ^{+1,5}	1–2	2,0	360–380	30–32	280	18–20	
1–2			2,0	390–410	30–32	280	18–20		
14 18 20 24				0 ^{+1,5}	1–2	2,0	430–450	32–34	360
1–3	2,0	430–450			32–34	360	24–25		
1–4	2,0	430–450			32–34	360	24–25		
1–5	2,0	430–450			32–34	360	24–25		
2 4		0 ⁺¹	1–2	1,2	100–120	21–22	130	9–10	
			1–2	1,2	160–180	21–22	240	9–10	
8		0 ^{+1,5}	1–2	2,0	330–350	28–30	245	18–20	

Перед началом сварки необходимо отрегулировать расход газа и выждать 20–30 с до полного удаления воздуха из шлангов. Перед зажиганием дуги необходимо следить, чтобы вылет электрода из мундштука не превышал 20–25 мм.

Движение горелки должно осуществляться без задержки дуги на сварочной ванне, так как эта задержка вызывает усиленное разбрызгивание металла. Сварка в нижнем положении производится с наклоном горелки под углом 5–15° вперед или назад. Предпочтительнее вести сварку углом назад, так как при этом обеспечивается более надежная защита сварочной ванны. При механизированной сварке металла малой толщины 1–2 мм поперечных колебательных движений не производят. Сварку ведут на максимальной длине дуги, с максимальной скоростью. При достаточной газовой защите избегают прожогов и обеспечивают нормальное формирование шва. Горелку ведут углом назад, при этом угол наклона составляет 30–45°.

Стыковые соединения при толщине металла 1,5—3 мм сваривают на весу. Более тонкий металл сваривают в вертикальном положении на спуск (сверху вниз), провар достигается за один проход. Сварку соединений внахлестку при толщине металла 0,8—2,0 мм чаще производят на весу и реже – на медной подкладке. При качественной сборке нахлесточных соединений представляется возможным значительно увеличить скорость сварки. Колебательные движения горелкой при сварке больших толщин те же, что и при ручной сварке. При сварке с перекрытием для уменьшения пор применяются продольные колебания горелки вдоль оси шва, что обеспечивает более полное удаление водорода из сварочной ванны.

Сварка в среде CO₂ является высокопроизводительным процессом. В массовом и крупносерийном производстве работают слесари-сборщики, которые освобождают сварщика от сборочных операций. Сварочный пост в этом случае оборудуется кроме сварочной аппаратуры специальными приспособлениями для обеспечения высокой производительности сварочных работ при гарантированном качестве сварных узлов. На рис. 83 показан сварочный пост на одного сварщика и одного слесаря-сборщика. Требования к качеству сборки и подготовки деталей под сварку в CO₂ сварочной проволокой (0,8—2,5 мм) должны соответствовать существующим нормативным документам.

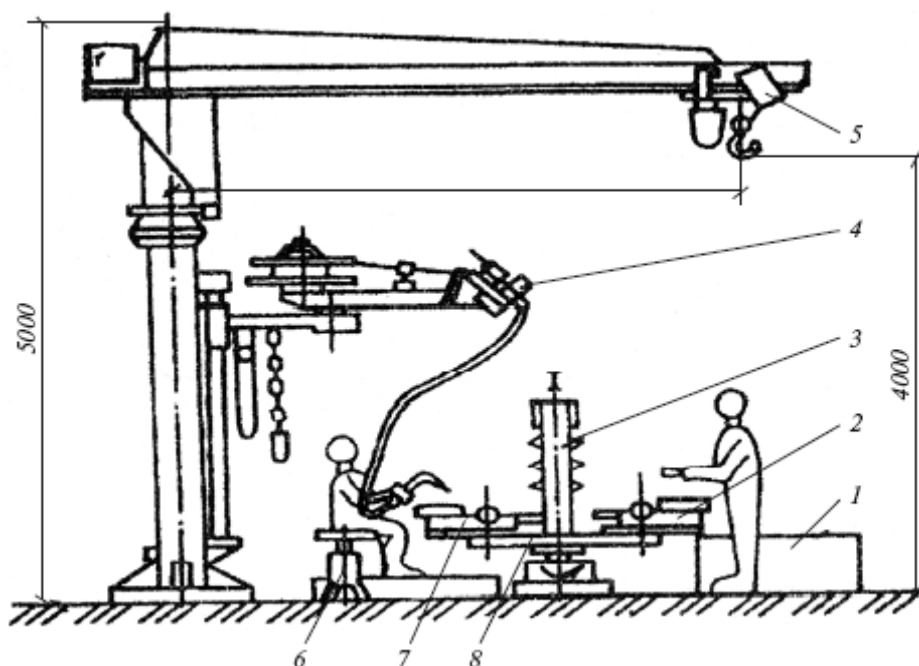


Рис. 83. Сварочный пост для оборонно-сварочных работ (сварщик, слесарь-сборщик): 1 – складочное место для заготовок; 2, 7 – сборочно-сварочные приспособления; 3 – ширма с встроенной вентиляцией; 4 – полуавтомат с консолью; 5 – кран консольно-поворотный; 6 – стул поворотный; 8 – стол двухпозиционный поворотный

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные параметры режима сварки в углекислом газе.
2. В зависимости от чего выбирают величину сварочного тока?
3. От чего зависит глубина проплавления?
4. Что происходит с формированием сварного шва при увеличении и снижении напряжения дуги?

3. Сварка цветных металлов

Техническая медь маркируется в зависимости от содержания в ней примесей. Сплавы на основе меди в зависимости от состава легирующих элементов относят к латуням, бронзам и медно-никелевым сплавам. При сварке технической меди и ее сплавов необходимо учитывать их специфические физико-химические свойства: высокую теплопроводность, высокий коэффициент термического расширения, высокую чувствительность к водороду, низкую стойкость швов и околшовной зоны к возникновению горячих трещин, повышенную текучесть и др.

Перед сваркой меди или ее сплавов разделку кромок и основной металл около них на ширине не менее 20 мм очищают от масла, грязи и оксидной пленки, обезжиривают растворителем или бензином. Сварочную проволоку и присадочный металл очищают травлением в водном растворе азотной, серной и соляной кислот с последующей промывкой в воде и щелочи и просушкой горячим воздухом. Для предупреждения пористости кромок детали покрывают специальными флюс—пастами (АНМ15А). Медь хорошо сваривается в аргоне, гелии и азоте, а также в их смеси. Чаще применяют смесь в составе (70—80 %)Ar + (30—20 %)N₂. Азот способствует увеличению проплавления меди. Из-

за высокой теплопроводности меди трудно получить надежный провар. Поэтому перед сваркой кромки деталей подогревают до температуры 200—500 °С. При сварке в аргоне подогрев необходим для деталей толщиной более 4 мм, а при сварке в азоте – более 8 мм. Величину сварочного тока выбирают исходя из диаметра вольфрамового электрода, состава защитного газа (или смеси) и рода тока. Сварку можно производить как на переменном, так и на постоянном токе обратной полярности. При сварке латуней, бронз и медно-никелевых сплавов предпочтительнее использовать вольфрамовые электроды. В этом случае испарение цинка и олова из сплавов будет значительно меньше, чем при сварке плавящимися электродами. Некоторые режимы сварки стыковых соединений меди в нижнем положении приведены в табл. 42.

Таблица 42

Режимы сварки меди плавящимся электродом

Толщина металла, мм	d_s , мм	Защитный газ	$I_{св}$, А	U_s , В	$V_{св}$, м/ч	V_g , дм ³ /мин
1,0	0,8–1,20	Аргон, азот	80–110	18–20	30–45	7–9
2–3	0,8–1,6	Аргон	140–210	19–23	25–35	8–10
	0,8–1,2	Азот	140–200	20–35	25–35	8–10
5–6	1,0–1,6	Аргон	250–300	23–26	20–25	10–12
	1,0–1,4	Азот	250–300	24–27	20–25	10–12
8,0	2,0–3,0	Аргон	350–550	32–37	18–22	14–18
	1,6–3,0	Гелий	300–500	32–38	18–22	30–40
12	2,0–4,0	Аргон	350–650	32–38	–	14–18
		Гелий	350–620	3442	18	30–45
		Аргон	300–500	28–36	16–18	14–18
12–14	1,5–3,0	Гелий	270–500	3238	18–22	30–40
		Азот	280–500	32–39	18–22	–

Следует учесть, что сварка вольфрамовыми электродами током обратной полярности затруднена из-за сильного нагрева электрода и очень малых допустимых токов. При сварке алюминиевых и магниевых сплавов имеются специфические трудности. Они заключаются в том, что поверхность этих сплавов покрыта тугоплавкой оксидной пленкой, которая препятствует сплавлению металла сварочной ванны с основным металлом. В процессе сварки не всегда удается полностью удалить ее из сварного шва, где она остается в виде неметаллических включений. При

сварке на токе обратной полярности происходит катодная очистка свариваемых поверхностей в зоне горения дуги. Однако действием сварочного тока разрушается лишь сравнительно тонкая оксидная пленка. Толстую пленку оксида алюминия (Al_2O_3) перед сваркой необходимо удалять механическим или химическим путем. Очень важно удалить оксидную пленку с поверхности электродной проволоки малого диаметра из алюминиевых и магниевых сплавов. Подготовка под сварку должна осуществляться особенно тщательно, так как на поверхности оксидной пленки хорошо задерживается атмосферная влага. В процессе сварки влага разлагается и приводит к насыщению металла шва водородом и увеличению пористости металла. Термически упрочняемые сплавы марок АВ, АК6, АКВ обладают повышенной склонностью к образованию горячих трещин. Для уменьшения склонности к горячим трещинам этих сплавов применяют в качестве присадочного металла сварочную проволоку с содержанием (4—6 %) Si. Влияние на качество сварных соединений оказывает и выбор конструктивных элементов разделки кромок, которые определены требованиями существующих нормативных документов. Свариваемые детали собирают так, чтобы были обеспечены минимально возможные зазоры. Если сварку приходится производить без сборочно-сварочных приспособлений, то детали фиксируют с помощью прихваток. Прихватки выполняют той же проволокой, что и сварку. Некоторые марки проволок приведены в табл. 43.

Таблица 43

Марки проволок, обеспечивающие требуемые свойства соединений из алюминия и его сплавов

Свариваемый металл	Универсальная проволока, обеспечивающая удовлетворительные характеристики соединений	Проволока, обеспечивающая соединениям			
		повышенную стойкость против горячих трещин	высокое сопротивление разрыву	высокое относительное удлинение	повышенную коррозионную стойкость
АДО, АД1 АМц АМг2, АМг3 АМг5 АВ, АД31 1915 1201 (Д20)	СвА1 СвАМц СвАМг3 СвАМг5 СвАК5 Св1557 Св1201	СвА1 СвАМц СвАМг55 СвАМг63 СвАК5 СвАМг5 Св1201	СвА1 СвАМц СвАМг5 СвАМг6 Св1557 СвАМг6 Св1201	СвАВОО СвАМц АВ СвАМг5 Св1557 СвАМг6 Св1201	СвА85Т СвАМц АВ Св1557 АВ Св1557 Св1201

Наилучшие механические свойства сварных швов обеспечиваются при сварке неплавящимся электродом в среде Ar. Основным достоинством этого способа является высокая устойчивость горения дуги. Питание дуги осуществляется переменным током от источников с падающими внешними характеристиками. Режимы сварки в аргоне вольфрамовым электродом алюминия и его сплавов приведены в табл. 44.

Таблица 44

Режимы сварки в аргоне вольфрамовым электродом алюминия и его сплавов

Тип соединения	h , мм	$d_э$, мм	$d_{на}$, мм	$I_{св}$, А	V_r , дм ³ /мин	n	Примечание
Ручная сварка							
Отбортовка кромок	1,0	1,0	–	40–50	4–5	1	–
	2,0	2,0	–	80–90	7–8	1	–
Встык, без разделки, одностороннее	3,0	3,0–4,0	2,0–3,0	100–130	8–10	1	–
Встык, без разделки, двустороннее	5,0	4,0–5,0	3,0–4,0	200–240	8–10	2	–
Автоматическая сварка							
Встык, без разделки	3,0	4,0	2,5	180–200	14–16	1	$V_{св} = 18–20$ м/ч
	6,0	5,0	2,5	250–290	16–18	1	$V_{св} = 95–100$ м/ч

Примечание. h – толщина свариваемого металла; $(dЭ)$ – диаметр электрода; $dп.п$ – диаметр присадочной проволоки; $I_{св}$ – сварочный ток; Vr – расход газа; n – число проходов.

При сварке плавящимся электродом питание дуги осуществляется от источников постоянного тока с жесткой ввольт-амперной характеристикой. С целью надежного разрушения оксидной пленки сварку ведут на токе обратной полярности. Сварку выполняют либо в аргоне, либо в смеси аргона с гелием (30 % Ar + 70 % He).

Режимы сварки в аргоне алюминиевых сплавов плавящимся электродом приведены в табл. 45.

Таблица 45

Режимы сварки в аргоне алюминиевых сплавов плавящимся электродом

h , мм	Тип раз- делки	n	$d_{э}$, мм	Первый проход			Последующие проходы		
				$I_{св}$, А	U , В	$V_{св}$, м/ч	$I_{св}$, А	U , В	$V_{св}$, м/ч
10	Без раз- делки	2	2,0 2,0	250– 300	22– 24 24– 26	20–25	370–390	28–30	20
15 25	V-об- разный	4 8	2,5	400– 440	26– 28	40–45	400–450	27–29	15–20
40	X	20	2,0	280	25– 27	35	370–390	27–29	27

Контрольные вопросы:

1. Какие специфические свойства меди определяют трудности при ее сварке?
2. В чем заключается подготовка металла деталей и присадочной проволоки перед сваркой?
3. В каких защитных газах или их смесях сваривают медь?
4. В чем заключается трудность сварки алюминия и его сплавов?
5. Расскажите о подготовке металла деталей и присадочной проволоки при сварке алюминия и его сплавов.
6. Чем добиваются уменьшения склонности некоторых сплавов алюминия к образованию горячих трещин?
7. Какими способами сварки можно сваривать сплавы алюминия?

Глава 9

СВАРКА ЧУГУНА

1. Технология сварки чугуна и ее особенности

Чугунами называются железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода свыше 2,0 %.

Обычный чугун представляет собой железоуглеродистокремниевый сплав, содержащий углерода от 2,5 до 4 %, кремния от 1 до 5 % в сочетании с различными количествами марганца, серы и фосфора; иногда при этом имеются один или несколько специальных легирующих элементов вроде никеля, хрома, молибдена, ванадия, титана и пр.

Чугун является дешевым, обладающим хорошими литейными свойствами сплавом, который благодаря ряду других особых свойств нашел широкое применение в народном хозяйстве, особенно в машиностроении.

В зависимости от состояния углерода в сплаве различают два основных вида чугуна: белый и серый чугун.

Серые чугуны получили большое распространение; с их сваркой приходится встречаться главным образом при исправлении брака чугунного литья и при ремонте.

Структура чугуна, его физические и механические свойства зависят от скорости охлаждения и химического состава чугуна. При одинаковом химическом составе и прочих равных условиях высокая скорость охлаждения способствует образованию в чугуне цемента, т.е. получению белого чугуна. Замедленное охлаждение, напротив, вызывает выделение углерода в состоянии графита с получением серого чугуна.

Промежуточные скорости охлаждения дают различные переходные структуры металлической части: цементно-перлитную, перлитную, перлитно-ферритную, ферритную.

Все смеси чугуна по своему влиянию на цементит делят на две группы: графитообразующие, способствующие образованию графита, и карбидообразующие, задерживающие образование графита. Рассмотрим влияние некоторых примесей. Кремний является после углерода наиболее важной примесью чугуна и относится к графитообразующим

примесям. При содержании кремния выше 4,5 % практически весь углерод выпадает в виде графита. Сера образует легкоплавкие эвтектики и является активным карбидообразователем, что увеличивает хрупкость чугуна. Поэтому содержание серы в чугуне строго ограничивается (не более 0,15 %). Марганец, как и в стали, снижает содержание серы в чугуне; при содержании в чугуне до 0,8 % действует как графитизатор, выше 1 % – как слабый карбидообразователь; дальнейшее увеличение содержания марганца усиливает его карбидообразующее действие. Фосфор придает расплавленному чугуну жидкотекучесть и образует сложную фосфидную эвтектику, повышающую твердость и хрупкость чугуна. Твердость является важной характеристикой чугуна; она зависит от структуры, легирующих примесей и размера графитных включений. Наименьшую твердость имеют ферритные чугуны, в которых почти весь углерод находится в свободном состоянии; перлитный чугун с пластинчатым графитом имеет 220—240 НВ, а структура цементита 750 НА. Чем больше размеры графитных включений, тем меньше твердость чугуна. При выборе способа сварки чугуна необходимо учитывать, что: высокая его хрупкость при неравномерном нагреве и охлаждении может привести к появлению трещин в процессе сварки; ускоренное охлаждение приводит к образованию отбеленной прослойки в околошовной зоне и затрудняет его дальнейшую механическую обработку; сильное газообразование в жидкой ванне может привести к пористости сварных швов; высокая жидкотекучесть чугуна вызывает необходимость в ряде случаев к подформовке. Чугунные детали, работающие длительное время при высоких температурах, почти не поддаются сварке. Это происходит в результате того, что под действием высоких температур (300—400 °С и выше) углерод и кремний окисляются, и чугун становится очень хрупким. Чугун с окисленным углеродом и кремнием называют горелым. Так же плохо свариваются чугунные детали, работающие длительное время в соприкосновении с маслом и керосином. В таких случаях поверхность чугуна как бы пропитывается маслом и керосином, которые при сварке сгорают и образуют газы, способствующие появлению

сплошной пористости в сварном шве. Различают два способа сварки чугуна. Холодная сварка чугуна – это сварка без предварительного нагрева изделия. Горячая сварка чугуна – это такой способ, при котором осуществляется предварительный и сопутствующий нагрев изделия до 600— 700 °С с последующим медленным охлаждением. Такой процесс уменьшает скорость охлаждения металла сварочной ванны и околошовной зоны, что обеспечивает полную графитизацию металла шва и отсутствие отбела в околошовной зоне, а также исключает возможность появления сварочных напряжений. Подогрев чугунного изделия до 250—400 °С для уменьшения сварочных напряжений и скорости охлаждения с целью получения более пластичной структуры металлической основы чугуна часто называют полугорячей сваркой. Способ холодной сварки требует меньше затрат. Кроме того, при нем имеется возможность варьировать в больших пределах химический состав металла шва. Но при наложении валика на холодную поверхность чугуна вследствие быстрого отвода теплоты в околошовной зоне образуются отбеленные участки, а металл шва также может получиться твердым и хрупким. Превращения в околошовной зоне при холодной сварке чугуна определяются химическим составом, исходной структурой свариваемого чугуна и распределением температур в поперечном сечении соединения. Для рассмотрения структурных превращений в околошовной зоне воспользуемся тройной диаграммой состояния Fe—C—Si, связав ее с участками зоны термического влияния свариваемого чугуна посредством кривой распределения температуры. На рис. 84 изображена плоская диаграмма состояния Fe—C—Si с разрезом в точке, соответствующей 2,5 % кремния. Хотя приведенная схема справедлива только для одного определенного состава чугуна, она дает возможность на этом конкретном примере выяснить основные положения по связи температуры и скорости ее изменения со структурой отдельных участков околошовной зоны. Из схемы следует, что вся околошовная зона состоит из пяти основных участков, особенности которых и разберем.

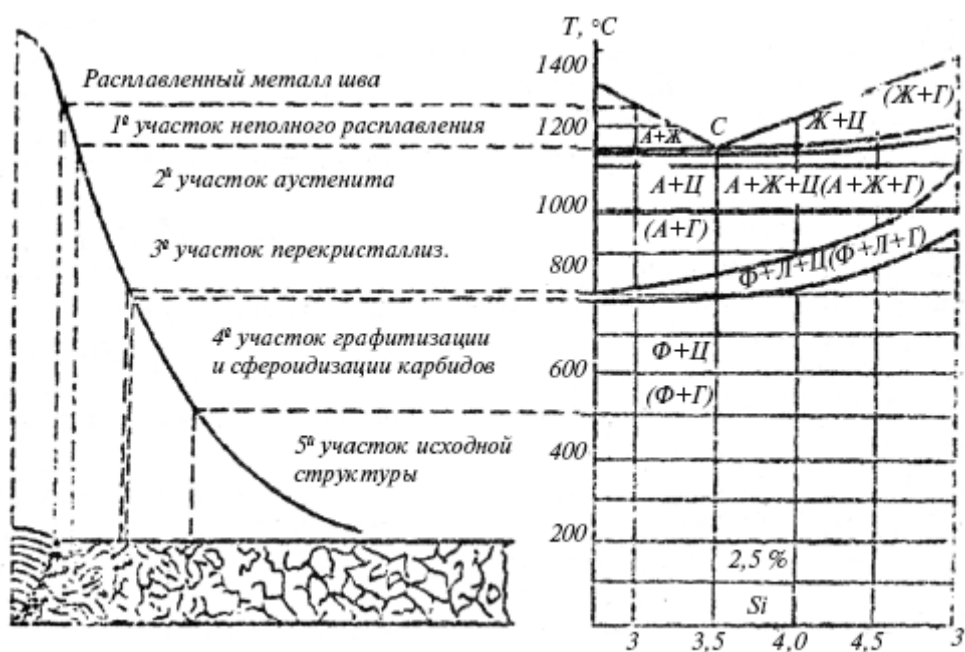


Рис. 84. Структурные превращения в зоне термического влияния в чугунах при сварке

Участок 1-й (неполного расплавления) ограничивается температурами в пределах 1150—1250 °С. В процессе сварки в нем наряду с жидкой фазой имеется твердая фаза, которая представляет собой аустенит с предельным содержанием углерода (1,7—2,0 %). При большой скорости охлаждения на этом участке может иметь место образование белого чугуна. Участок 2-й (аустенита) в процессе нагрева и охлаждения находится в твердом состоянии и в рассматриваемом случае ограничен эвтектической (1150 °С) и эвтектоидной (800 °С) температурами. Структура участка определяется исходной структурой чугуна и температурой нагрева. При охлаждении участка аустенита изменения в структуре будут происходить в соответствии с изменением температуры и скорости охлаждения. Для того, чтобы на данном участке не получить мартенсит, скорость его охлаждения должна быть небольшой. При заданном составе чугуна это может быть достигнуто изменением погонной энергии дуги или повышением начальной температуры свариваемого изделия подогревом. Структура по ширине участка в связи со значительным интервалом температур в 360 °С также будет меняться. Участок 3-й (перекристаллизации) очень узкий, он имеет интервал температур всего 30 °С. Структура этого участка будет

промежуточной по сравнению со структурами 2-го и 4-го участков. Участок 4-й (графитизации и сфероидизации карбидов) характеризуется тем, что нагревается ниже критических температур. На нем наблюдается увеличение количества графита вследствие графитизации карбидов и некоторой их сфероидизации (округления). Этот процесс улучшает структуру и механические свойства металла, он зависит от исходной структуры чугуна и длительности его нагрева. Участок 5-й (исходной структуры) нагревается до температуры не выше 400—500 ° С; структурных изменений в нем нет. Склонность к отбелу металла на участке неполного расплавления околошовной зоны тем больше, чем меньше в чугуне углерода и кремния. Чтобы избежать при сварке чугуна отбела в 1-м участке околошовной зоны, необходимо, чтобы содержание углерода в нем было не менее 3 %, кремния не менее 2 %, а графита не менее 2,5 %. Металл шва оказывает существенное влияние на отбел 1-го участка зоны. Наибольшая склонность к отбелу на этом участке возникает тогда, когда сварка чугуна (первого слоя) производится стальными электродами с обычным тонким покрытием, так как при этом вследствие конвективной диффузии углерода из жидкой фазы 1-го участка в металл шва его содержание в 1-м участке околошовной зоны заметно снижается. Уменьшение склонности к отбелу 1-го участка при сварке чугуна может быть достигнуто введением в металл шва таких графити-затворов, как медь, никель, т. е. соответствующим изменением химического состава металла шва. Исключить или уменьшить возможность образования мартенсита во 2-м участке околошовной зоны можно снижением скорости охлаждения, что достигается увеличением погонной энергии или подогревом изделия.

2. Холодная сварка чугуна

Существует большое разнообразие способов холодной сварки чугуна: 1) сварка чугуна стальными электродами: а) без постановки шпилек; б) с постановкой шпилек; в) сварка стальными электродами с карбидообразующими элементами в покрытии; 2) сварка чугунными электродами; 3) сварка электродами из цветных металлов и

комбинированными; 4) сварка в среде углекислого газа, порошковой проволокой, электрошлаковая и др. Выбор того или иного способа холодной сварки чугуна определяется рядом технологических и экономических факторов и требуемым качеством соединения. Сварка электродами из малоуглеродистой стали без постановки шпилек. Данный метод может быть применен при заварке пороков на небольшой глубине и ширине на отливках неответственного назначения и не подлежащих механической обработке, а также при ремонте чугунных изделий. Сварка первого слоя производится электродами малого диаметра, обычно 3 мм при малой погонной энергии и сварочном токе 60—70 А, вразброс, с перерывами, чтобы температура детали вблизи места сварки не превышала 50—60 °С. Слой получается тонким, пористым и с поперечными трещинами. Второй слой наносится на первый поперечными валиками, тем самым на поверхности детали в месте сварки создается слой стали. Дальнейшая сварка производится с большой погонной энергией, но также с перерывами, чтобы избежать концентрации теплоты в одном месте. Последующие слои создают достаточную плотность шва. При сварке стыковых соединений для увеличения общей площади связи наплавленного и основного металла шов рекомендуется распространить на кромку детали по ширине, равной толщине детали (рис. 85), а для уменьшения напряжения применить проковку средних слоев.

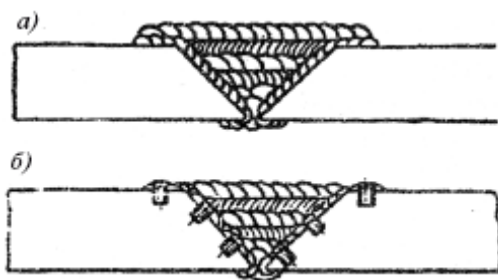


Рис. 85. Вид стыкового соединения чугуна: а – стальнение поверхности без установки шпилек; б – стальнение поверхности с установкой шпилек

Этот метод сварки не следует применять для исправления чугунных изделий, работающих при температуре выше 100 °С, так как в месте сварки могут возникнуть дополнительные напряжения (вследствие

разницы в значении коэффициента теплового расширения чугуна и стали), а это может явиться причиной нарушения сплошности соединения. Сварка электродами из низкоуглеродистой стали с установкой шпилек. Чтобы увеличить прочность соединения при ремонте ответственных крупногабаритных чугунных изделий – станин, рам, кронштейнов и т. п., применяют стальные шпильки, которые ввертываются на резьбе в тело детали. Назначение шпилек – связать металл шва с чугуном и передать усилие от шва в массу основного металла, не подвергшегося термическому воздействию, минуя хрупкие участки околосшовной зоны. Диаметр шпилек d принимается равным $0,15 - 0,25$ толщины детали, но не менее 3 мм и не более 16 мм; расстояние между шпильками $(3 - 4)d$, расстояние от шпилек до кромки $(1,510 - 2,0)d$, глубина ввертывания шпилек $1,5d$, высота выступающей части $(0,8-1,2)d$. При выполнении операции по подготовке отверстий для шпилек нельзя применять масло. Детали толщиной до 12 мм могут свариваться без подготовки кромок с установкой одного ряда шпилек с каждой стороны. В деталях большой толщины выполняется односторонняя или двусторонняя подготовка кромок с углом раскрытия 90° , и шпильки устанавливаются также по скосам кромок в шахматном порядке. Сварку производят при малой погонной энергии стальными электродами диаметром 3 мм с тонким покрытием или покрытием УОНИ-13/45. Сначала шпильки обваривают кольцевыми швами вразброс, с перерывами для охлаждения деталей. После обварки шпилек до соприкосновения кольцевых валиков между собой производится наплавка участков между обваренными шпильками также вразброс. Второй слой выполняется поперечными небольшими валиками вразброс. Для остальной части шва могут применяться электроды большого диаметра с соблюдением ранее указанных положений по сварке, с заполнением шва, как указано на рис. 85, б. При сварке деталей большой толщины для уменьшения количества наплавленного металла целесообразно производить сварку стальных связей различных форм и размеров. Холодная сварка чугуна стальными электродами с постановкой шпилек позволяет производить сварку в нижнем,

вертикальном и потолочном положениях, соединения получаются прочными, но плотность не всегда обеспечивается. Сварка чугуна чугунными электродами. При этом методе сварки электродом служит чугунный стержень марки А или Б (табл. 46), на который наносятся различные толстые покрытия, например ОМЧ-1, которое содержит 25 % мела, 41 % графита, 9 % ферромарганца, 25 % кварцевого песка.

Таблица 46

Химический состав чугунных стержней, применяемых при сварке

Марка чугунных	Массовое содержание, %			
	С	Si	Mn	
А	3,0–3,5	3,0–3,4	0,5–0,8	
Б	3,0–3,5	3,6–4,0	0,5–0,8	
	Массовое содержание, %			
А Б	S, не более	P	Cr	Ni
			не более	
	0,08	0,2–0,4	0,05	0,3
	0,08	0,3–0,5	0,05	0,3

Качество сварного соединения при холодной сварке чугуна чугунными электродами неоднородно, так как трудно обеспечить такую скорость охлаждения металла шва и околошовной зоны, при которой не было бы отбела на всем протяжении шва, поэтому в различных сечениях соединения получают различной структуры и твердости. Этот способ сварки широкого применения не имеет. Лучшие результаты получаются при подогреве детали до температуры 300–400 °С, т. е. при полугорячей сварке чугуна.

Сварка стальными электродами с карбидообразующими элементами в покрытии.

Сущность этого способа заключается в том, что углерод, поступающий в шов из основного металла, связывается в труднорастворимые мелкодисперсные карбиды ванадием, содержащимся в электродном покрытии. Карбиды эти столь прочны, что углерод, находящийся в них, не участвует в фазовых превращениях. Если карбидообразующие элементы содержатся в шве в избытке по

отношению к углероду, структура шва получается ферритной с включением мелкодисперсных карбидов. Сварка по этому способу выполняется в основном электродами ЦЧ-4, в покрытие которых вводится 70 % феррованадия, в результате чего наплавленный металл содержит 9—10 % ванадия. Сварку чугуна электродами ЦЧ-4 следует производить с малой погонной энергией по принципу наиболее холодного места, поэтому производительность процесса сварки электродами тоже низкая. Холодная сварка электродами из никелевых сплавов. При наличии в жидкой ванне элементов активных графитизаторов можно избежать отбела в околошовной зоне, поэтому, когда поверхность должна быть механически обработана и неравнопрочность соединения с основным металлом допускается, сварка может производиться электродами из цветных металлов, содержащих никель, медь. Наибольшее применение получили электроды из монель-металла, который представляет собой сплав никеля (65—70 %) и меди (25—30 %), и электроды ЦЧ-3А, имеющие стержень из проволоки СВ-08Н50 и основное покрытие. На проволоку из монель-металла диаметром 2—4 мм наносятся покрытия специального состава, например, из 40 % графита, 60 % мела или мрамора и др. Наплавка этими электродами производится валиками длиной 50–60 мм; при этом сразу же после наложения валика его необходимо проковать легкими ударами молотка. Это вызвано тем, что усадка монель-металла при переходе из жидкого в твердое состояние составляет около 2 %. Совместное действие усадки и напряжений от сварки может вызвать образование трещин. Для уменьшения расхода дорогостоящего монель-металла и обеспечения обрабатываемости стыкового шва после сварки иногда на кромки, подлежащие сварке, наплавляется слой монель-металла, а остальная часть шва выполняется электродами из малоуглеродистой проволоки. В некоторых случаях нижняя часть шва наплавляется электродами из малоуглеродистой проволоки, а верхний слой покрывается монель-металлом.

Холодная сварка медными и комбинированными медно-стальными электродами.

Медным электродом сваривают изделия, работающие при незначительных статических нагрузках, а также изделия, требующие плотных швов. В производстве широкое применение нашли различные варианты комбинированных медно-стальных электродов: медный стержень с оплеткой из мягкой стали, стальной стержень с медной оболочкой, пучок медных и стальных электродов, медный стержень с толстым покрытием, содержащим железный порошок, например, электроды 034-1 и др. Появление комбинированного метода и сплавление его с чугуном создают условие для получения качественного шва, так как медь не соединяется с углеродом – она остается пластичной и вязкой, а сталь науглероживается, что повышает ее прочность. Комбинированные электроды могут изготавливаться из любой марки меди. Наиболее простыми в изготовлении являются электроды, имеющие медный стержень с оплеткой из мягкой стали. Они изготавливаются следующим образом: на медный стержень длиной 300—350 мм навивается спираль из мягкой жести, нарезанной в виде полосок шириной 5—10 мм. Диаметр медного стержня берется равным 4—7 мм. Если между витками спирали будет небольшой интервал, то железа в электроде будет не более 8—12 %. На подготовленные стержни наносят покрытия: меловое, УОНИ-13/45 и др. Широко и эффективно применяются электроды из меди с железным порошком в составе покрытия. Сварка такими электродами не вызывает затруднений. Для изготовления таких электродов в шихту покрытия УОНИ-13/55 добавляется 40—50 % железного порошка. Сваркой пучком электродов отбел первого участка околошовной зоны полностью не устраняется. Лучшие результаты получаются, если в пучок добавляется стержень из монель-металла или латуни диаметром 2—3 мм. Чтобы избежать затекания расплавленного металла впереди дуги, электрод при сварке располагают, как показано на рис. 86. В настоящее время разработаны и рекомендованы к промышленному применению три марки порошковой

проволоки для сварки чугуна: ППЧ-1, ППЧ-2, ППЧ-3. Химический состав первых двух марок проволоки приведен в табл. 47.

Таблица 47

Химический состав некоторых марок порошковой проволоки

Марка проволоки	Массовое содержание элементов, %				
	C	Si	Mn	Al	Ti
ППЧ-1	7,0–7,5	4,0–4, %	0,4–0,8	0,6–0,9	0,4–0,6
ППЧ-2	5,7–6,5	3,3–4,0	0,4–0,8	0,6–0,9	0,4–0,6

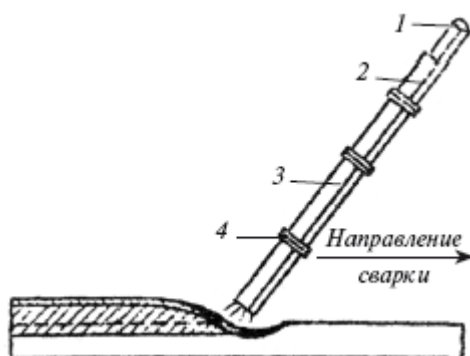


Рис. 86. Сварка пучком электродов: 1 – стальные стержни электрода;

Как показали исследования, порошковую проволоку ППЧ можно применять для холодной сварки чугуна на деталях, имеющих сквозные и несквозные дефекты размером до 100 см² на обрабатываемых и необрабатываемых плоскостях, расположенных в нежестком контуре (отбитые части, дефекты на выступающих частях отливок и др.). Для сварки рекомендуется постоянный ток прямой полярности при режиме, обеспечивающем в процессе сварки минимальную скорость охлаждения, поэтому предпочтительно применение больших токов и малых скоростей перемещения дуги, а именно для сварочной проволоки диаметром 2,8–3,0 мм $I_{св} = 280\text{?}300$ А, $U_d = 28\text{?}32$ В, $V_{п.д} = 4$ м/ч. Механическая обработка наплавленной поверхности возможна потому, что благодаря большому вводу теплоты скорость охлаждения небольшая и получается достаточно пластичная структура. Но в тех случаях, когда площадь, подлежащая заварке большая и когда за счет соответствующего режима сварки нельзя заметно уменьшить скорость охлаждения металла наплавки и околошовной зоны, следует применить местный

предварительный нагрев, хотя бы до 100—150 °С. Если это нельзя осуществить, сварку следует производить с малой погонной энергией, валиками длиной 25—30 мм, по принципу наиболее холодного места или путем предварительного стальнойности поверхности электродами УОНИ-13/45, для получения сплошной наплавки высотой 5—6 мм. После этого производится заправка детали.

3. Горячая сварка чугуна

Процесс горячей сварки чугуна складывается из ряда операций, выполняемых обычно в определенной последовательности. Подготовка дефектного места к сварке заключается в тщательной очистке его от загрязнений, в разделке для образования полости, легко доступной воздействию сварочной дуги, в формовке для предотвращения вытекания металла из сварочной ванны. Формовка производится в опоках графитовыми или угольными пластинками, скрепленными формовочной массой из кварцевого песка, увлажненного жидким стеклом или другими формовочными материалами. Форму необходимо просушить при постепенном изменении температуры от 60 до 120 °С, после чего производить дальнейший подогрев. В зависимости от размеров, формы деталей, объема сварки и месторасположения дефекта подогрев производится в специальных печах, горнах или колодцах до температуры 600—700 °С. В крупных деталях простой формы может применяться местный подогрев. Сварка нагретых деталей производится чугунными электродами, состоящими из стержня диаметром 6—12 мм марки Б, и специального покрытия (например ОМЧ-1, которое содержит 41 % графита, 9 % ферромарганца, 25 % мела, 25 % полевого шпата). Толщина покрытия – 1,2—1,5 мм. Сварка ведется на постоянном или переменном токе при повышенных режимах $I = (50 - 60) d$, отдельными ваннами размером 50—60 см². При большой площади дефекта производится выформовка отдельных участков, завариваемых при поддержании ванны в жидком состоянии. После затвердевания заваренного участка графитовая пластинка переставляется и сваривается следующий участок – и так без длительных перерывов до

окончания сварки всего дефектного места. По окончании сварки деталь засыпается сухим песком или мелким древесным углем, покрывается асбестом и вместе с печью или горном медленно охлаждается. Сварку чугуна с нагревом до 250—400 °С (или, как ее называют, полугорячую) применяют, когда требуется исправить небольшой дефект сложной детали или дефект, расположенный на массивной детали в таком месте, где укорочение от нагрева при сварке не встречает большого сопротивления.

Раздел третий ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА

Глава 1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ОБРАБОТКИ. СУЩНОСТЬ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Сущность процесса газовой сварки заключается в том, что свариваемый и присадочный металлы расплавляются за счет тепла пламени горелки, получающегося при сгорании какого-либо горючего газа в смеси с кислородом.

Наиболее распространенным газом является ацетилен. В процессе сварки металл соприкасается с газами пламени, а вне пламени – с окружающей средой, обычно с воздухом. В результате металл подвергается изменениям, характер которых зависит от свойств металла, способа и режима сварки. Наибольшим изменениям подвергается металл, расплавляющийся в процессе сварки. При этом изменяется содержание примесей и легирующих добавок в металле. Одновременно может происходить обогащение его кислородом, в некоторых случаях и водородом, азотом, углеродом. Одним из наиболее распространенных процессов, происходящих при взаимодействии пламени с металлом, является окисление.

При сварке сталей в металле сварочной ванны образуется закись железа FeO , которая реагирует с кремнием и марганцем внутри сварочной ванны; вредные примеси выводятся в шлак либо удаляются в виде газов. Для предотвращения окисления кромок металла и извлечения из жидкого металла окислов и неметаллических включений применяются флюсы. Расплавленные флюсы в основном нерастворимы в металле и образуют на поверхности металла пленку шлака. Шлак предохраняет металл от воздействия газов пламени и атмосферных газов.

В процессе газовой сварки, кроме расплавления металла сварочной ванны, происходит нагрев основного и свариваемого металла до достаточно высоких температур, приближающихся к температуре плавления на границе раздела со сварочной ванной. Поэтому при сварке

одновременно происходит ряд сложных процессов, связанных с расплавлением металла, его взаимодействием с газами и шлаками, последующей кристаллизацией, а также с нагревом и охлаждением металла в твердом состоянии как в пределах шва, так и в основном металле и в зоне термического влияния. Расплавленный металл сварочной ванны представляет сплав основного и присадочного металлов. В результате взаимодействия газов пламени и флюсов он изменяет свой состав. По мере удаления пламени горелки металл кристаллизуется в остывающей части ванны. Закристаллизовавшийся металл сварочной ванны образует металл шва. Шов имеет структуру литого металла с вытянутыми укрупненными кристаллами, направленными к центру шва. Наибольшее применение в промышленности из множества видов газопламенной обработки имеют сварка, пайка и кислородная резка. Наиболее известные виды приведены в табл. 48.

Таблица 48

Виды газопламенной обработки

Сварка	Пайка	Нанесение поверхностных слоев	Использование местного (поверхностного) нагрева		Кислородная резка	
			Местная термическая обработка (с изменением структуры)	Обработка местным нагревом (без изменения структуры)	Без применения флюсов	С применением флюсов
Металлов, неметаллов	Мягкими припоями, твердыми припоями, наплавкой	Металлизация, напыление	Местная термическая обработка (с изменением структуры)	Обработка местным нагревом (без изменения структуры)	Без применения флюсов	С применением флюсов

Для газовой сварки необходимы следующие сварочные материалы, оборудование, приспособления и специальные средства для безопасной работы: газы: кислород и горючий газ (ацетилен или его заменители); присадочная проволока для сварки или наплавки; оборудование и аппаратура: кислородные баллоны для хранения запаса кислорода, подаваемого из баллонов в горелку или резак; кислородные редукторы для понижения давления кислорода; ацетиленовые генераторы для получения ацетилена из карбида кальция или ацетиленовые баллоны, в которых ацетилен находится в растворенном состоянии; ацетиленовые редукторы для понижения давления ацетилена, отбираемого из баллона;

специальные баллоны или емкости для сжиженных газов, бачки с насосом для создания в них давления; сварочные, наплавочные, закалочные и другие горелки с набором наконечников для нагрева металла различной толщины; кислородные и другие резаки с комплектом мундштуков и приспособлений для резки и т. д.; резиновые рукава (шланги) для подачи кислорода и любого горючего газа в горелку или резак; принадлежности для сварки и резки: очки с затемненными стеклами (светофильтры) для защиты глаз от яркости сварочного пламени, молоток, набор ключей для накидных гаек горелки и резака, стальные щетки для очистки сварного шва и кромок деталей перед сваркой; сварочный стол и приспособление для сборки и фиксации деталей при прихватке и сварке; флюсы или сварочные порошки. Для газосварщика рабочим местом является сварочный пост в комплексе с соответствующей аппаратурой и приспособлениями.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность газовой сварки?
2. Расскажите о необходимых сварочных материалах и оборудовании поста для газовой сварки.

Глава 2

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ И РЕЗКЕ

1. Газы, применяемые при сварке и резке

Кислород при атмосферном давлении и обычной температуре – это газ без цвета и запаха, несколько тяжелее воздуха. При атмосферном давлении и температуре 20 ° С масса 1 м³ кислорода равна 1,33 кг. Сгорание горючих газов или паров горючих жидкостей в чистом кислороде происходит очень интенсивно, в зоне горения развивается высокая температура. Для получения сварочного пламени с высокой температурой, необходимой для расплавления металла в месте сварки, горючий газ или пары горючей жидкости сжигают в смеси с технически чистым кислородом. Если горение газов происходит на воздухе, в котором кислорода содержится только 1/5 по объему (остальные 4/5 составляют азот и другие атмосферные газы), то температура сварочного пламени будет значительно ниже и процесс горения происходит значительно медленнее, чем в технически чистом кислороде. Сам кислород не токсичен, не горюч и не взрывоопасен, однако, являясь сильнейшим окислителем, резко увеличивает способность других материалов к горению, а при очень высокой скорости горения – к взрыву. Технический кислород добывают из атмосферного воздуха, который подвергают обработке в воздухоразделительных установках, где он очищается от пыли, углекислоты и осушается от влаги. Перерабатываемый в установке воздух сжимается компрессором до высокого давления и охлаждается в теплообменниках до сжижения. Жидкий воздух разделяют на кислород и азот. Процесс разделения происходит вследствие того, что температура кипения жидкого азота ниже температуры жидкого кислорода на 13 °С. Азот оказывается более легкокипящим газом и испаряется первым, поэтому его отводят из воздухоразделительной установки в атмосферу. Жидкий чистый кислород накапливается в воздухоразделительном аппарате. При испарении кислорода им заполняют баллоны под давлением, создаваемым с помощью компрессора. Технический кислород транспортируют в стальных баллонах согласно требованиям

существующих нормативных документов или в авторецепиентах под давлением $15 \pm 0,5$ МПа (150 ± 5 кгс/см²) или $20 \pm 1,0$ МПа (200 ± 10 кгс/см²) при 20 °С. При наполнении баллонов, их хранении и транспортировании в интервале температур от -50 до $+30$ °С давление газа в баллоне должно соответствовать приведенному в табл. 49.

Таблица 49

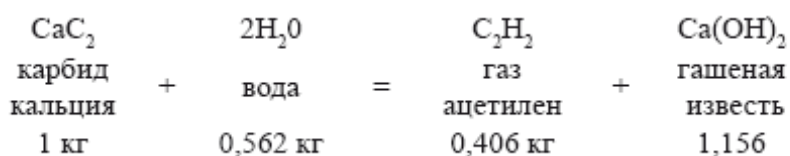
Давление кислорода в баллоне в зависимости от температуры окружающего воздуха

Температура газа, °С	Давление газа в баллоне, МПа (кгс/см ²)	Допустимое отклонение, МПа (кгс/см ²)	Давление газа в баллоне, МПа (кгс/см ²)	Допустимое отклонение, МПа (кгс/см ²)
	15 МПа (150 кгс/см ²) при 20 °С		20 МПа (200 кгс/см ²) при 20 °С	
-50	9,3 (93)		12,3 (123)	
-40	10,2 (102)		13,5 (135)	
-30	11,1 (111)		14,6 (146)	
-20	11,9 (119)		15,8 (158)	
-10	12,7 (127)	$\pm 0,5$ (5)	16,9 (169)	$\pm 1,0$ (10)
0	13,5 (135)		17,9 (179)	
+ 10	14,3 (143)		19,0 (190)	
+20	15,0 (150)		20,0 (200)	
+30	15,7 (157)		21,0 (210)	

Для сварки и резки выпускают технический кислород 1-го сорта чистотой не менее 99,7 % и 2-го сорта чистотой не менее 99,5 %. При хранении или транспортировке наполненных баллонов давление в них должно соответствовать температуре окружающего воздуха. Хранение и транспортировка наполненных баллонов при температуре выше 60 °С не допускается. Баллоны с кислородом должны возвращаться на заполнение с остаточным давлением не ниже 0,05 МПа (0,5 кгс/ см²). Ацетилен (C₂H₂) является химическим соединением углерода с водородом. Это бесцветный горючий газ, имеющий резкий характерный запах. Длительное вдыхание ацетилена вызывает головокружение, тошноту, а иногда и сильное общее отравление. Ацетилен легче воздуха:

1 м³ ацетилена при 20 °С и атмосферном давлении имеет массу 1,09 кг. Ацетилен является взрывоопасным газом. Температура самовоспламенения ацетилена лежит в пределах 240—630 °С и зависит от давления и присутствия в ацетилене различных примесей. При атмосферном давлении смесь ацетилена с воздухом взрывается при содержании в ней ацетилена 2,2 % и более, а в смеси с кислородом при содержании – 2,8 % и более. Взрыв ацетилено-воздушной или ацетилено-кислородной смеси может произойти от искры, пламени или сильного местного нагрева, поэтому обращение с карбидом кальция и с ацетиленом требует осторожности и строгого соблюдения правил безопасного труда. В промышленности ацетилен получают при разложении жидких горючих, таких как нефть, керосин, воздействием электродугового разряда. Применяется также способ производства ацетилена из природного газа (метана). Смесь метана с кислородом сжигают в специальных реакторах при температуре 1300—1500 °С. Из полученной смеси с помощью растворителя извлекается концентрированный ацетилен. Получение ацетилена промышленными способами на 30—40 % дешевле, чем из карбида кальция. Промышленный ацетилен закачивается в баллоны, где находится в порах специальной массы растворенным в ацетоне. В таком виде потребители получают баллонный промышленный ацетилен. Свойства ацетилена не зависят от способа его получения. Остаточное давление в ацетиленовом баллоне при температуре 20 °С должно быть 0,05—0,1 МПа (0,5—1,0 кгс/см²). Рабочее давление в наполненном баллоне не должно превышать 1,9 МПа (19 кгс/см²) при 20 °С. Для сохранности наполнительной массы нельзя отбирать ацетилен из баллона со скоростью 1700 дм³/ч. Рассмотрим подробнее способ получения ацетилена в генераторе из карбида кальция. Карбид кальция получают путем сплавления кокса и негашеной извести в электрических дуговых печах при температуре 1900—2300 °С, при которой протекает реакция: $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Расплавленный карбид кальция сливают из печи в формы-изложницы, где он остывает. Далее его дробят и сортируют на куски размером от 2 до 80 мм. Готовый карбид кальция упаковывают в

герметически закрываемые барабаны или банки из кровельной жести по 40; 100; 130 кг. В карбиде кальция не должно быть более 3 % частиц размером менее 2 мм (пыль). По соответствующему стандарту устанавливаются размеры (грануляция) кусков карбида кальция: 2x8; 8x15; 15x25; 25x80 мм. При взаимодействии с водой карбид кальция выделяет газообразный ацетилен и образует в остатке гашеную известь, являющуюся отходом. Реакция разложения карбида кальция водой происходит по схеме:



Из 1 кг химически чистого карбида кальция теоретически можно получить 372 дм³ (литра) ацетилена. Практически из-за наличия примесей в карбиде кальция выход ацетилена составляет до 280 дм³ (литров). В среднем для получения 1000 дм³ (литров) ацетилена расходуется 4,3—4,5 кг карбида кальция. Карбидная пыль при смачивании водой разлагается почти мгновенно. Карбидную пыль нельзя применять в обычных ацетиленовых генераторах, рассчитанных для работы на кусковом карбиде кальция. Для разложения карбидной пыли применяются генераторы специальной конструкции. Для охлаждения ацетилена при разложении карбида кальция берут от 5 до 20 дм³ (литров) воды на 1 кг карбида кальция. Применяют также «сухой» способ разложения карбида кальция. На 1 кг мелко раздробленного карбида кальция в генератор подают 0,2—1 дм³ (литр) воды. В этом процессе гашения известь получается, не в виде жидкого известкового ила, а в виде сухой «пушонки», удаление, транспортировка и утилизация которой значительно упрощаются. При сварке и резке металлов можно применять также и другие горючие газы и пары горючих жидкостей. Для нагрева и расплавления металла при сварке необходимо, чтобы температура пламени примерно в 2 раза превышала температуру свариваемого металла. Поэтому использовать газы – заменители ацетилена целесообразно только при сварке металлов с более низкой температурой плавления, чем у стали, таких как

алюминий, его сплавы, латунь, свинец. При резке металлолома используют пропан. Пропан – это горючий газ, который получают при добыче природных газов или при переработке нефти. Обычно получают не чистый пропан, а с примесью бутана до 5–30 %. Такая смесь именуется пропан-бутановой. Для сварочных работ пропан-бутановая смесь доставляется потребителю в сжиженном состоянии в специальных баллонах. Переход смеси из жидкого состояния в газообразное происходит самопроизвольно в верхней части баллона из-за меньшей удельной массы газа по сравнению со сжиженной смесью. Технический пропан тяжелее воздуха и имеет неприятный специфический запах. Природный газ состоит в основном из метана (степень чистоты 98 %), остальное – примеси в небольших количествах бутана и пропана. Газ имеет слабый запах, поэтому, чтобы обнаружить утечку, добавляют специальные пахнущие вещества. Чаще всего метан применяют при резке металлов. Для образования газового пламени в качестве горючего можно использовать и другие газы (водород, коксовый и нефтяной газы), горючие жидкости (бензин, керосин, ацетон и т. д.). Жидкие горючие менее дефицитны, но требуют специальной тары для хранения. Для сварки, резки и пайки горючая жидкость преобразуется в пары пламенем наконечника горелки или резака. Характеристика различных горючих газов и жидкостей, применяющихся в различных отраслях машиностроения и в ювелирной промышленности, приведена в табл. 50.

Таблица 50

Характеристика горючих газов и жидкостей, выраженная через коэффициент ацетилена

Наименование горючего	Температура пламени при сгорании в кислороде, °С	Масса 1 м ³ горючего при 20 °С и давлении 780 мм рт. ст., кг	Коэффициент замены ацетилена	Количество кислорода, подаваемого в горелку на 1 м ³ горючего, м ³
Газы: ацетилен	3050–3150	1,09	1,0	1,0–1,3
водород	2000–2100	0,084	5,2	0,3–0,4
пиролизный	2300	0,65–0,85	1,6	1,2–1,5
нефтяной	2300	0,65–1,45	1,2	1,5–1,6
пропан технический	2400–2500	1,90	0,6	3,4–3,8
природный	2100–2200	0,7–0,9	1,6–1,8	1,5–2
коксовый	2000	0,4–0,5	3,2–4,0	0,6–0,8
сланцевый	2000	0,7–0,9	4,0	0,7
Пары керосина	2400–2450	800–840*	1,0–1,3	1,7–2,4 на 1кг
Пары бензина	2500–2600	700–760	1,4	1,1–1,4 на 1кг

* Для керосина и бензина приведена масса 1 м³ жидкости.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите, что вы знаете о свойствах кислорода?
2. Какими способами получают кислород?
3. Как транспортируют кислород и на какие давления рассчитываются баллоны в зависимости от температуры?
4. Расскажите о способах получения ацетилена в промышленности. Что вы знаете о «сухом» способе разложения карбида кальция?
5. Расскажите о газах – заменителях ацетилена.

2. Сварочная проволока и флюсы

Сварочную проволоку выпускают в мотках (бухтах). Ее выправляют и нарезают на части требуемой длины. В большинстве случаев при газовой сварке применяют присадочную проволоку, близкую по своему химическому составу к свариваемому металлу. Нельзя применять для сварки случайную проволоку неизвестной марки и неизвестного химического состава. Химический состав некоторых марок сварочной проволоки, применяемой для газовой сварки углеродистых сталей, приведен в табл. 51.

Химический состав некоторых марок сварочной проволоки, применяемой для сварки углеродистых сталей

Марка проволоки	Содержание элементов, % по массе							Примечание
	Не более	Mn	Si	Cr	Ni	S не более	P	
Св-08		0,35–0,60	0,03	0,15	0,30	0,04	0,04	Общее для получения швов повышенной пластичности и вязкости
Св-08А	1,10	0,35–0,60	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03	То же для особо ответственных конструкций
Св-08ГА		0,80–1,10	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03	Общее для получения швов повышенной прочности при сохранении высокой пластичности
СВ-12ГС	0,14	0,80–1,10	0,60–0,90	0,15	0,30	0,03	0,03	Общее для получения швов повышенной прочности

Поверхность проволоки должна быть гладкой и чистой, без следов окалины, ржавчины, масла, краски и прочих загрязнений. Температура плавления проволоки должна быть равна или несколько ниже температуры плавления свариваемого металла. Проволока должна плавиться спокойно и равномерно, без сильного разбрызгивания и вскипания, образуя при застывании плотный, однородный наплавленный металл без посторонних включений, пор, шлаков, пленок и других дефектов. Диаметр проволоки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки. Для газовой сварки цветных металлов, таких как медь, латунь, алюминий, свинец и др., а также нержавеющей сталей в тех случаях, когда нет подходящей проволоки, применяют в виде исключения полоски, нарезанные из листов той же марки, что и свариваемый металл. Однако сварка полосками ввиду того, что они обычно имеют неравномерную ширину, дает шов худшего качества, чем сварка проволокой. Для сварки бронзы применяют вместо проволоки отлитые прутки из той же бронзы, т. е. того же химического состава. Флюсы при газовой сварке наносят на присадочную проволоку или пруток и кромки свариваемого металла, а также добавляют в сварочную ванну. Составы флюсов выбирают в зависимости от вида и свойств свариваемого металла. Флюс должен быть подобран таким

образом, чтобы он плавился раньше, чем металл, хорошо растекался по шву, не оказывал вредного воздействия на металл шва и полностью удалял образующиеся при сварке окислы. В качестве флюсов применяют прокаленную буру, борную кислоту, кремниевую кислоту и другие специальные добавки. Флюсы используются в виде порошков, паст, водных растворов. В некоторых случаях такие растворы готовят сами сварщики.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте требования, предъявляемые к сварочной проволоке.
2. Расскажите о способах подачи флюса в зону плавления металла.
3. По каким характеристикам подбирают флюсы?

Глава 3

ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

1. Ацетиленовые генераторы, предохранительные затворы и клапаны

Согласно существующим стандартам ацетиленовые генераторы классифицируют по давлению вырабатываемого ацетилена, по производительности, по конструкции, по применяемой системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой. Генераторы низкого давления изготавливают на давление ацетилена до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²). Генераторы среднего давления изготавливают на давление ацетилена от 0,01 до 0,07 МПа (0,1—0,7 кгс/см²). Выпускают также генераторы на давление ацетилена от 0,07 до 0,15 МПа (0,7—1,5 кгс/см²), они относятся к генераторам среднего давления, но имеют большую производительность. Генераторы выпускают по расчетной производительности на 0,5; 0,75; 1,25; 2,5; 3,5; 10; 20; 40; 30; 160 и 320 м³/ч. По конструкции генераторы изготавливают передвижными и стационарными. Передвижные генераторы имеют производительность до 3 м³/ч. По системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой генераторы изготавливают с количественным регулированием взаимодействующих веществ и с регулированием продолжительности контакта карбида кальция с водой, которое называется повременным регулированием. В генераторах с количественным регулированием применяют дозировку карбида кальция или воды. Если дозируется карбид кальция, а вода в зоне реакции находится в постоянном количестве, то система называется «карбид в воду». При дозировке воды и одновременной загрузке всего количества карбида кальция система называется «вода на карбид». Применяют также комбинированную систему, при которой дозируют оба вещества. В генераторах с повременной системой регулирования контакт карбида кальция с водой происходит периодически, с определенными перерывами. Подвижным веществом обычно является вода, такие генераторы относятся к

работающим по системе «вытеснения». Применяют также комбинацию двух указанных систем в одном генераторе с целью получения более плавного регулирования газообразования и уменьшения выброса газа в атмосферу. Генераторы по способу взаимодействия карбида кальция с водой принято кратко обозначать следующим образом: KB – «карбид в воду»; BK – «вода на карбид»; BK и BV – комбинированные «вода на карбид» и «вытеснение воды». В соответствии с существующими стандартами промышленностью выпускаются передвижные ацетиленовые генераторы типа ДСП-10 – это ацетиленовый генератор среднего давления, передвижной, производительностью 1,25 м³/ч, и стационарные генераторы типов АСК-3, АСК-5, ГНД-20, ГНД-40. Каждый тип ацетиленового генератора имеет свои достоинства и недостатки, поэтому не все типы генераторов находят равноценное применение. Однако можно применять любой генератор, находящийся в исправном рабочем состоянии. Наиболее предпочтительным типом генератора является генератор комбинированной системы «вода на карбид» и «вытеснение воды». Всем начинающим сварщикам необходимо знать основные требования, предъявляемые к ацетиленовым генераторам: генератор рассчитывается для работы на карбиде кальция с кусками определенных размеров; разложение карбида кальция в генераторе должно регулироваться автоматически, в зависимости от расхода газа; генератор должен обладать высоким коэффициентом полезного использования карбида кальция (см. соответствие с паспортом на карбид данного сорта). Современные генераторы имеют коэффициент полезного использования карбида кальция до 0,98; избыточное давление в генераторе не должно превышать 0,15 МПа (1,5 кгс/см²); генератор должен быть герметичным и иметь газосборник достаточной емкости, чтобы при внезапном прекращении отбора газа не происходил выброс ацетилена в помещение; генератор должен обеспечивать хорошую очистку получаемого газа. Рассмотрим устройство и работу генератора ДСП-10.

Техническая характеристика генератора:

Номинальное давление, МПа	0,15
Разовая загрузка карбида кальция, кг	3,5
Время работы без перезарядки, ч	0,8
Размеры кусков карбида кальция, мм	25–80
Общая вместимость генератора, дм ³ (л)	50,6
Вместимость промывателя, дм ³ (л)	24,5
Вместимость газообразователя, дм ³ (л)	15,0
Вместимость вытеснителя, дм ³ (л)	11,1
Количество заливаемой в генератор воды, дм ³ (л)	19,1
Габаритные размеры, мм	420×380×960
Масса генератора без карбида и воды, кг	21,3

Генератор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, состоящий из корпуса, крышки с мембраной, корзины для карбида кальция, предохранительного клапана, вентиля, предохранительного жидкостного затвора и других элементов. Корпус состоит из трех частей: верхней – газообразователя, средней – вытеснителя и нижней – промывателя и газосборника. Верхняя часть с нижней соединены между собой переливной трубкой. В газообразователе происходит разложение карбида кальция водой с выделением ацетилена. В вытеснителе находится воздушная подушка и вода, которая сообщается с водой в газообразователе в процессе работы генератора патрубком. В промывателе происходит охлаждение ацетилена и отделение его от частичек извести. В верхней части промывателя скапливается ацетилен. Эта часть аппарата называется газосборником. Вода в газообразователь заливается через горловину. При достижении уровня переливной трубки вода поступает из газообразователя в промыватель. Заполнение промывателя происходит до уровня контрольной пробки. Карбид загружают в корзину, закрепляют поддон, устанавливают и прижимают крышку с мембраной усилием, создаваемым винтом. Образующийся в газообразователе ацетилен по вырубке поступает в промыватель, проходит через слой воды, охлаждается и промывается. Из промывателя ацетилен проходит через вентиль по шлангу и поступает через предохранительный затвор на потребление. Регулирование процесса разложения карбида кальция в газообразователе происходит одновременно двумя способами: вертикальным движением корзины с карбидом кальция в воду и за счет

работы вытеснителя. По мере повышения давления в газообразователе корзина с карбидом, связанная с пружиной мембраны, перемещается вверх, уровень замочки карбида уменьшается, ограничивается выработка ацетилена и повышение давления прекращается.

При снижении давления в газообразователе усилием пружины мембрана и корзина с карбидом опускаются в воду. Таким образом с помощью мембраны с пружиной осуществляется автоматическое регулирование давления ацетилена в аппарате. Давление в аппарате одновременно регулируется вытеснением воды из газообразователя в вытеснитель через патрубок и обратно. По мере выделения ацетилена давление в газообразователе возрастает, вода переливается в вытеснитель. Уровень воды в газообразователе понижается и корзина с карбидом оказывается выше уровня воды, реакция разложения карбида кальция водой прекращается. При понижении давления в газообразователе вода из вытеснителя поднимается вверх и вновь происходит замочка карбида в газообразователе. Предохранительный клапан служит для сброса избыточного давления ацетилена. В месте присоединения клапана к корпусу установлена сетка для задержания частиц карбида, окалина и других загрязнений. Вентиль служит для пуска и регулирования подачи ацетилена к потребителю. Давление ацетилена в газообразователе контролируется манометром. Слив ила из газообразователя и иловой воды из промывателя осуществляется соответственно через штуцеры. Предохранительный затвор среднего давления типа ЗСГ-1,25-4 или ЗСП-8 служит для исключения проникновения взрывной волны в генератор при обратном ударе пламени, а также от проникновения воздуха и кислорода со стороны потребителя. Затвор состоит из цилиндрического корпуса с верхним и нижним сферическими днищами. В нижнее днище ввернут обратный клапан, состоящий из штуцера, гуммированного (обрезиненного) клапана и колпачка, ограничивающего подъем гуммированного клапана. Внутри корпуса в верхней части затвора расположен пламепреградитель, а в нижней части – рассекатель. Вода в затвор заливается через верхний штуцер при снятом ниппеле до уровня

контрольной пробки. Слив воды осуществляется через штуцер при отвернутой пробке. Ацетилен поступает в затвор по газоподводящей трубке, приподнимает гуммированный клапан, проходит чрез слой воды и выходит через ниппель. При обратном ударе ацетилено-кислородного пламени давлением воды клапан прижимается к седлу и не допускает проникновения ацетилена из генератора в затвор, пламя гасится столбом воды. После каждого обратного удара необходимо проверить уровень воды в затворе и, в случае надобности, долить сосуд. Для газов – заменителей ацетилена – применяют жидкостные водяные затворы только закрытого типа или обратные предохранительные клапаны. Обратные предохранительные клапаны устанавливают после редуктора у газового баллона или непосредственно перед горелкой. Применяют предохранительные обратные клапаны различных по конструкции типов: с разрывной мембраной при выбросе горючей смеси в атмосферу; безмембранные с выбросом горючей смеси; с пламегасящим устройством, которое при обратном ударе пламени одновременно отсекает подачу горючих газов к горелке. Последний тип защиты от обратных ударов наиболее совершенен, но весьма сложен по устройству, поэтому чаще применяются предохранительные клапаны с выбросом в атмосферу. На рис. 87 изображен шланговый обратный клапан с выбросом горючей смеси в атмосферу, который устанавливается у газоподводящих штуцеров горелки или резака. В корпусе (1) размещен пористый металлический фильтр (4) и выпускной клапан (5) с несгораемым уплотнителем (6). Клапан присоединяется к штуцеру горелки с помощью накидной гайки (8) и ниппеля (7).

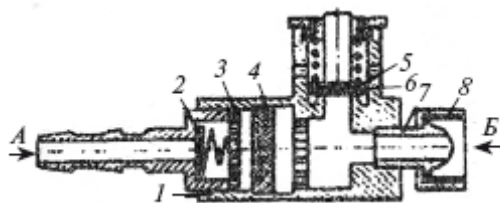


Рис. 87. Шланговый обратный клапан: 1 – корпус; 2 – дисковый клапан; 3 – медная сетка; 4 – пористый металлический фильтр; 5 – выпускной клапан; 6 – несгораемый уплотнитель; 7 – ниппель; 8 – накидная гайка

При нормальной работе газ поступает в направлении стрелки А. При обратном ударе газовая смесь движется по направлению стрелки Б, часть ее выбрасывается через клапан (5), пламя гасится в фильтре (4). Дискосый клапан (2) перекрывает доступ газов в рукав между медной сеткой (3) и пористым металлическим фильтром (4). На предохранительные жидкостные затворы, устанавливаемые на передвижных ацетиленовых генераторах и на затворы, устанавливаемые на газоразборных постах, распространяются требования соответствующих нормативных документам. При подготовке генератора к работе необходимо: убедиться, что в корпусе генератора нет посторонних предметов, что он тщательно промыт и очищен от ила; проверить закрепление вентиля и предохранительного клапана на генераторе и наличие сетки в месте присоединения ее к корпусу; открыть контрольную пробку в генераторе и контрольную пробку в водяном затворе; залить водой затвор до уровня контрольной пробки, залить генератор через горловину до уровня контрольной пробки. при отрицательной температуре в предохранительный затвор залить морозостойчивый раствор; закрыть контрольные пробки после слива избытка воды из генератора и затвора; закрепить ниппельный отвод затвора; соединить шлангом вентиль и предохранительный затвор; загрузить карбид грануляции 25—80 мм не более 3,5 кг в сухую и очищенную от извести корзину. При малом расходе ацетилена разрешается неполная загрузка корзины карбидом кальция; закрепить поддон на корзине. В процессе работы с генератором необходимо выполнять следующие действия: опустить загруженную карбидом корзину в горловину корпуса и быстро уплотнить крышку с помощью траверсы (коромысла), крюка (направляющих) и винта; плавно открыть вентиль; нажать кольцо клапана для предупреждения прилипания прокладки; продуть ацетиленом предохранительный затвор, шланги и сварочный инструмент (горелку, резак) в течение 1 мин; проследить за повышением давления газа в генераторе по манометру. Если давление газа становится выше 0,15 МПа, а предохранительный клапан не срабатывает, то необходимо выпустить газ через предохранительный

клапан принудительно, нажав пальцем на кольцо клапана (открыть). После этого можно зажигать горелку или резак и приступать к работе; проверять уровень жидкости в предохранительном затворе перед каждой новой зарядкой генератора или после каждого обратного удара. Перенос генератора в заряженном состоянии допускается только в вертикальном положении. Следует избегать резких толчков или встряхиваний; после окончания работы тщательно промыть корзину, газообразователь и промыватель от ила, слить конденсат из генератора через открытые штуцеры.

Наряду с широко применяемым генератором типа АСП-10 выпускаются передвижные ацетиленовые генераторы, в которых имеются некоторые конструкционные улучшения.

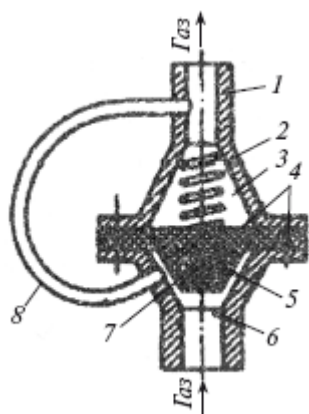


Рис. 88. Сухой мембранный предохранительный затвор ЗСН-1,25: 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – взрывная камера; 4 – мембрана; 5 – коническое утолщение мембраны; 6 – газоподводящий коллектор; 7 – седло; 8 – петлевой трубопровод

Вместо жидкостных предохранительных затворов ЗСГ-1,25-4 устанавливаются затворы ЗСП-8 или сухие предохранительные затворы мембранного типа ЗСН-1,25, ЗСУ-1. Устройство сухого предохранительного затвора ЗСН-1,25 показано на рис. 88. Затвор состоит из корпуса (1), в котором установлена мембрана с коническим утолщением (5), разделяющая полость корпуса на газоподводящий коллектор (6) и взрывную камеру (3), соединенные петлевым трубопроводом (8). Пружина (2) опирается на мембрану (4) и поджимает коническое утолщение (5) к седлу (7). Подводящийся из генератора газ отжимает мембрану (4) и от газоподводящего коллектора (6) через

петлевой трубопровод (8) поступает в камеру (3) и к потребителю. При воспламенении газа под действием взрывной волны мембрана (4) перекрывает газоподводящий коллектор (6) раньше, чем пламя достигает его по петлевому трубопроводу (8). Таким образом обеспечивается надежное перекрытие газовой магистрали при обратном ударе. При установке сухих предохранительных затворов возможно загружать генератор более мелким карбидом в количестве до 5 % от общей массы грануляции карбида 25 —80 мм.

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются ацетиленовые генераторы?
2. Какие системы регулирования процесса получения ацетилена применяются в генераторах?
3. Из каких основных частей состоит ацетиленовый генератор АСП-10?
4. Как осуществляется регулирование процесса получения ацетилена в генераторе АСП—10?
5. Расскажите о работе предохранительного затвора ЗСГ-1,25-4.
6. Какие затворы применяются для газов – заменителей ацетилена?
7. Расскажите о подготовке генератора к работе.
8. Каков порядок работы с генератором АСП-10?
9. Расскажите о работе сухого предохранительного затвора ЗОН-1,25.

2. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов

Стальные баллоны малой и средней емкости для газов на давление до 20 МПа (200 кгс/см²) должны соответствовать требованиям существующих нормативных документов.

Баллоны имеют различную вместимость газов с определенным давлением. Баллоны объемом до 12 дм³ (литров) относятся к баллонам малой емкости. Баллоны объемом от 20 до 50 дм³ относятся к баллонам средней емкости.

Баллоны, предназначенные для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов при температуре от -50 до $+60$ °С, изготавливают из бесшовных труб.

Баллоны, рассчитанные на рабочее давление 10, 15 и 20 МПа (100, 150 и 200 кгс/см²), изготавливают из углеродистой стали, а баллоны, рассчитанные на рабочее давление 15 и 20 МПа (150 и 200 кгс/см²) – из легированной стали.

Баллоны для кислорода выпускают на расчетное давление 15 МПа (150 кгс/см²), а баллоны для ацетилена – на расчетное давление 10 МПа (100 кгс/см²).

Наибольшее распространение имеют баллоны емкостью 40 дм³.

Требования к баллонам для сжатых газов регламентируются правилами Госгортехнадзора. Баллоны окрашивают снаружи в условные цвета, в зависимости от рода газа.

По требованию заказчика баллоны могут не окрашиваться. Тем не менее клеймо должно быть отчетливо видно на сферической части у горловины баллона. В табл. 52 приведены цвета условной окраски баллонов.

Таблица 52

Цвета условной окраски баллонов для хранения и транспортировки различных газов

Газ	Цвет окраски	Текст надписи	Цвет надписи
Ацетилен	Белый	Ацетилен	Красный
Водород	Темно-зеленый	Водород	Красный
Воздух	Черный	Сжатый воздух	Белый
Кислород	Голубой	Кислород	Черный
Пропан	Красный	Пропан	Черный
Прочие горючие газы	Красный	Наименование газа	Белый

Часть верхней сферы баллона не окрашивают и на ней выбивают паспортные данные: товарный знак предприятия-изготовителя; номер баллона; дата (месяц, год) изготовления и год следующего испытания, которые проводятся каждые пять лет; масса порожнего баллона в кг; емкость баллона в дм³; клеймо ОТК. Баллоны для кислорода имеют массу 43,5 и 60 кг с длиной корпуса 1390 мм. Для подсчета количества

кислорода в баллоне нужно емкость баллона в дм³ умножить на давление газа в кгс/см², например, при емкости баллона 40 дм³ и давлении заправленного кислородом баллона 15 МПа (150 кгс/см²) количество кислорода в баллоне равно $40 \cdot 150 = 6000$ дм³, или 6 м³. Устройство кислородного баллона показано на рис. 89, а.

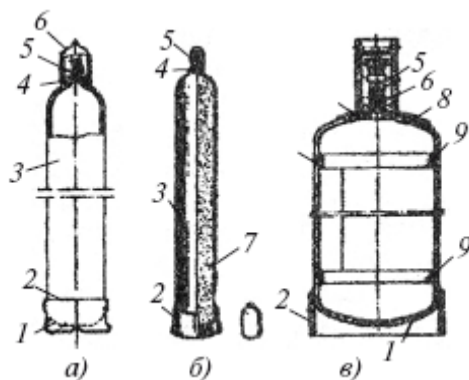


Рис. 89. Баллоны для сжатых газов: а – кислородный; б – ацетиленовый; в – (сварной) для пропан-бутана; 1 – днище; 2 – башмак опорный; 3 – корпус; 4 – горловина; 5– вентиль; 6 – колпак; 7 – пористая масса; 8 – паспортная табличка; 9 – подкладные кольца

Нижней частью баллоны опираются на башмаки, чтобы избежать ударов по корпусу в процессе транспортировки и обеспечить устойчивое вертикальное положение при установке на газовом посту. Верхняя часть баллонов также защищена от случайных ударов толстостенными колпаками. Баллон на сварочном посту устанавливают вертикально и закрепляют цепью или хомутом для предохранения от падения. При кратковременных монтажных работах баллон можно укладывать на землю так, чтобы вентиль был выше башмака баллона, для этого верхнюю часть баллона опирают на деревянную подкладку с вырезом. Баллон подготавливают к работе в следующем порядке: открывают колпак; отвинчивают заглушку штуцера; осматривают вентиль, чтобы убедиться, нет ли следов жира или масла. Если на вентиле замечено наличие масла, то таким баллоном пользоваться нельзя и сварщик должен отставить данный баллон и сообщить об этом мастеру или руководителю работ. Если вентиль исправен, его штуцер продувают кратковременным поворотом маховичка на небольшой угол, при этом нужно стоять сбоку от штуцера вентиля. Если вентиль не открывается

или имеет утечку газа (травит), баллон следует отставить для отправления обратно на кислородный завод для ремонта. Далее проверяют состояние накидной гайки редуктора и присоединяют редуктор к вентилю баллона, затем ослабляют регулирующий винт редуктора. Медленным вращением маховичка открывают вентиль баллона и устанавливают рабочее давление кислорода с помощью регулирующего винта редуктора. После этого можно производить отбор газа из баллона. При понижении давления газа в редукторе газ охлаждается. Если в газе содержится влага, то может произойти замерзание каналов вентиля и редуктора. В этом случае вентиль и редуктор следует отогревать только горячей водой или паром. Ацетиленовые баллоны для безопасного хранения газа под высоким давлением заполняют специальной пористой массой из древесного угля, пемзы, инфузорной земли и пропитывают ацетоном, в котором ацетилен хорошо растворяется. Находясь в порах массы, растворенный в ацетоне ацетилен становится взрывобезопасным и его можно хранить в баллоне под давлением до 2,5—3,0 МПа (25—30 кгс/см²). Номинальное давление в баллоне для ацетилена установлено 1,9 МПа (19 кгс/см²) при 20 °С. При открывании вентиля баллона ацетилен выделяется из ацетона и в виде газа выходит через редуктор в шланг горелки. Ацетон остается в порах массы и вновь растворяет ацетилен при последующих наполнениях баллонов газом. Ацетилен из баллонов по сравнению с ацетиленом из генератора обеспечивает большую безопасность при работе, имеет более высокую чистоту, меньше содержит влаги, обеспечивает более высокое давление газа перед горелкой или резаком. Для определения количества ацетилена необходимо взвешивать пустой и наполненный баллоны. Пустые баллоны должны храниться с плотно закрытыми вентилями, чтобы избежать утечки ацетона. Устройство ацетиленового баллона показано на рис. 89, б. Баллоны для пропан-бутана изготавливают сваркой из листовой углеродистой стали с толщиной стенки 3 мм и емкостью 40 и 55 дм³, они рассчитаны на максимальное рабочее давление 1,6 МПа (16 кгс/см²). Устройство баллона для пропан-бутана показано на рис. 89, в. Вентили для

кислородных баллонов изготавливают из латуни. Сталь для деталей вентиля, соприкасающихся с кислородом, применять нельзя, так как она сильно корродирует в среде сжатого влажного кислорода. В кислородном вентиле вследствие случайного попадания масла или при воспламенении от трения самодельной прокладки сальника возможно загорание стальных деталей, так как сталь может гореть в струе сжатого кислорода.

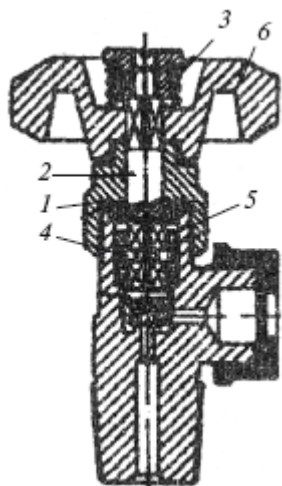


Рис. 90. Вентиль для кислородного баллона: 1 – прокладка; 2 – шпindelь; 3 – пружина; 4 – клапан; 5 – муфта; 6 – маховичок

Латунь не горит в кислороде, ее применение в кислородных вентилях безопасно. Маховички, заглушки и другие детали вентиля изготавливают из алюминиевых сплавов или пластмасс. Кислородный вентиль (рис. 90) имеет сальниковое уплотнение с капроновой прокладкой (1), в которую буртиком упирается шпindelь (2), прижимаемый пружиной (3), а при открытом клапане (4) – давлением газа. Вращение маховичка (6) передается клапану через муфту (5), надеваемую на квадратные хвостовики шпинделя и клапана. На рис. 91 показан другой образец кислородного вентиля – мембранный. Мембрану (1) изготавливают из фосфористой бронзы или нержавеющей стали толщиной 0,1— 0,15 мм. Закрытие вентиля производится клапаном (2). Ацетиленовые вентили (рис. 92) изготавливают из стали, применение которой в данном случае безопасно. Наоборот, в ацетиленовых вентилях запрещается применять медь и сплавы, содержащие свыше 70 % меди, так как с медью ацетилен может образовывать взрывчатое соединение –

ацетиленистую медь. К ацетиленовому вентилю редуктор присоединяют хомутом, снабженным винтом. Шпindel вращают торцевым ключом, надеваемым на квадратный конец шпинделя. Нижняя часть шпинделя (1) имеет вставку из эбонита и служит клапаном (2). Для уплотнения сальника (3) применяют набор кожаных колец. В хвостовик вентиля вставляют войлочный фильтр (4). Различные конструкции кислородных и ацетиленовых вентилях, как и различная окраска баллонов, предупреждают возможность ошибочного наполнения ацетиленом кислородного баллона, и наоборот. Ошибка представляет большую опасность, так как может привести к взрыву баллонов при наполнении их не тем газом, для которого они предназначены. Вентили для пропан-бутана (рис. 93) имеют стальной корпус (1), клапан (2) и шпindel (4), соединенные эластичным резиновым манжетом (3), который обеспечивает герметичность сальниковой гайки. Существуют некоторые особенности, связанные с материалом корпуса вентилях баллонов и направлением резьбы боковых штуцеров, которые приведены в табл. 53.

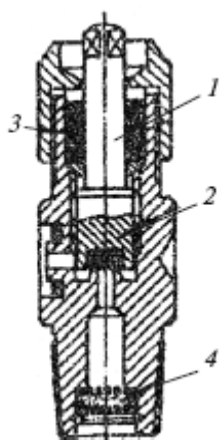


Рис. 92. Вентиль для ацетиленового баллона: 1 – шпindel; 2 – клапан; 3 – сальниковое уплотнение; 4 – фильтр

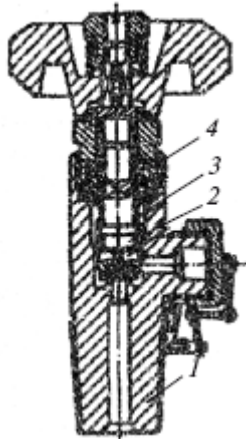


Рис. 93. Вентиль для пропан-бутана: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – резиновый манжет; 4 – шпindelь

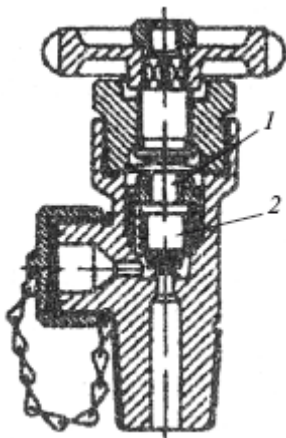


Рис. 94. Вентиль мембранного типа: 1 – мембрана; 2 – клапан

Таблица 53

Материалы корпусов вентилях баллонов и направление резьбы боковых штуцеров

Наименование газов	Материал корпуса вентиля	Направление резьбы бокового штуцера
Аргон	Латунь	Правое
Бутан	Латунь или сталь	Левое
Кислород	Латунь	Правое
Метан	Латунь	Левое
Пропан	Сталь или латунь	Левое
Углекислота	Латунь	Правое

Контрольные вопросы:

1. На какие емкости и давления изготавливаются баллоны для хранения и перевозки сжатых газов?
2. В какие цвета окрашиваются баллоны?
3. Расскажите, что вы знаете о конструкции баллонов?

4. Что необходимо знать о подготовке баллонов к работе?
5. Почему замерзают вентили и что необходимо применять для их разморозки?
6. Расскажите, что вы знаете о кислородных вентилях?
7. Чем отличаются кислородные вентили от ацетиленовых?
8. Расскажите правила хранения баллонов на сварочном посту.
9. За счет чего сохраняется ацетилен в баллонах?
10. Чем отличается баллон для пропан-бутана от ацетиленового?

3. Редукторы, газораспределительные рампы, рукава (шланги), трубопроводы

Редукторы служат для понижения давления газа, отбираемого из баллона или газопровода, и поддержания этого давления постоянным, независимо от снижения давления газа в баллоне. Промышленностью выпускаются редукторы однокамерные и двухкамерные. В двухкамерных (двухступенчатых) редукторах давление понижается в двух ступенях: в первой ступени давление понижается с начальной величины 15 МПа (150 кгс/см²) до промежуточного значения 4 МПа (40 кгс/см²), а во второй – до конечного рабочего давления 0,3–1,5 МПа (3–15 кгс/см²). Двухступенчатые редукторы обеспечивают практически постоянное давление газа на горелке и менее склонны к «замерзанию», однако они сложнее по конструкции, чем однокамерные, и значительно дороже. На газовые редукторы питания постов и установок газовой сварки, резки, пайки, наплавки, нагрева и других процессов газопламенной обработки существуют нормативные документы. Срок службы редукторов определен в 4,5–7,5 лет. Выпускаются 17 типов редукторов, но наиболее широкое распространение получили около 10 типов. Марки редукторов обозначаются буквами и цифрами. Буквы несут следующую информацию: Б – баллонный, С – сетевой, Р – рамповый, А – ацетилен, В – водород, К – кислород, М – метан, П – пропан, О – одна ступень с пружинным заданием, Д – две ступени с пружинным заданием, З – одна ступень с пневматическим задатчиком. Цифры указывают наибольшую пропускную способность редукторов в м³/ч. Каждому типу редуктора

соответствует одна или несколько марок. Редукторы изготавливают в соответствии с существующими нормативными документами для работы в различных климатических условиях. Баллонные и сетевые редукторы для кислорода, водорода и ацетилена применяют для работы при температуре от -25 до $+50$ °С. Баллонные и сетевые редукторы для пропана и метана применяют для работы при температуре от -15 до $+45$ °С. Рамповые редукторы рассчитаны на работу при температуре от плюс 50 до минус 50 °С. Основные параметры применяемых редукторов указаны в табл. 54

Таблица 54

Основные параметры применяемых редукторов

Тип редуктора	Наибольшая пропускная способность V , м ³ /ч	Наибольшее давление газа на выходе P_1 , МПа (кгс/см ²)	Наибольшее рабочее давление P_2 , МПа (кгс/см ²)	Масса, кг, не более
БКО-25 БКО-50 БКД-25	25 50 25	20 (200) 0,8 (8) 1,25 (12,5)	0,8 (8) (2,0) (2,1)	3,5
БАО-5 БАД-5 БПО-5	5	2,5 (25) 0,15 (1,5) 0,15 (1,5)	0,3 (3) (2,2) (3,6)	2,0
СКО-10 САО-10 СПО-6 СМО-35	10 10 6 35	1,6 (16) 0,12 (1,2) 0,3 (3) 0,3 (3)	0,5 (5) 0,1 (1) 0,15 (1,5) 0,15 (1,5)	1,8
РКЗ-250 РКЗ-500	250 500	20 (200) 20 (200)	1,6 (16) 1,6 (16)	13,0 13,0
РАО-3 РАД-30	30 30	2,5 (25) 2,5 (25)	0,1 (1) 0,1 (1)	8 10
РПО-25 РПД-25	25 25		0,3 (3) 0,3 (3)	8 10

Корпуса редукторов окрашиваются в тот же цвет, что и баллоны: кислородный – в голубой, ацетиленовый – в белый, пропановый – в красный. Ацетиленовые редукторы по принципу действия подобны кислородным. Отличие их состоит в способе присоединения к вентилю баллона. Этим же отличаются и редукторы, используемые для других горючих газов. Перед присоединением редуктора к вентилю баллона необходимо продуть штуцер вентиля; убедиться в исправности прокладки на штуцере редуктора и резьбы накидной гайки редуктора, в

отсутствии на них загрязнений. Присоединив редуктор к вентилю, полностью ослабляют регулирующий винт редуктора, а затем открывают вентиль баллона, следя за показаниями манометра высокого давления. Рабочее давление устанавливают вращением регулирующего винта по часовой стрелке. Когда давление достигнет заданной величины, можно пустить газ в горелку. Последовательность действий в обращении с редукторами: (1) снятие клапана; (2) продувка вентиля; (3) закрепление накидной гайки; (4) установка рабочего давления по манометру. При перерывах в работе необходимо ослабить пружину редуктора, выпустить газ из горелки и вращать регулирующий винт редуктора против часовой стрелки до тех пор, пока давление газа по манометру низкого давления не будет равно нулю. После этого закрывают вентиль баллона. Манометры редуктора должны быть исправны и проверены (смотрите клеймо ГОСПОВЕРИТЕЛЯ). Ремонт редукторов и манометров осуществляют только специализированные мастерские или лаборатории КИП предприятий, имеющие специальное оборудование, обученных и аттестованных специалистов и разрешение на проведение ремонтных работ от Государственной метрологической службы. При значительном расходе кислорода его следует подавать в сварочный цех по трубопроводу от батареи кислородных баллонов. Для этой цели применяют газораспределительные рампы. Баллоны устанавливаются в одну или две группы, подсоединяются гибкими медными трубками к трубам – коллекторам через вентили. Каждый коллектор имеет по главному запорному вентилю. Когда из одного коллектора отбирают газ, то ко второму присоединяют новые баллоны, наполненные газом. Вентили позволяют отсоединять каждый баллон от рампы, не прерывая отбора газа от остальных баллонов. Рампа имеет центральный редуктор для понижения давления газа, подаваемого в цех по трубопроводу. Рампы устанавливают в отдельном изолированном помещении. Баллоны с кислородом на давление до 15 МПа (150 кгс/см²) присоединяют к рампе медными трубками с наружным диаметром 8 мм, с толщиной стенки 1,5 мм и внутренним диаметром 5 мм. Распределительные рампы существуют и для ацетиленовых баллонов.

Хомуты ацетиленовых редукторов крепятся к коллекторной стальной трубе через бронированные гибкие резинотканевые шланги. На коллекторе устанавливают запорный вентиль и рамповый ацетиленовый редуктор. Рукава (шланги) служат для подвода газа в горелку или резак. Рукава резиновые для газовой сварки и резки металлов изготавливаются по ТУ или по требованиям международного стандарта. ТУ распространяются на резиновые рукава с нитяным каркасом, применяемые для подачи под давлением ацетилена, городского газа, пропана, бутана, жидкого топлива и кислорода к инструментам для газовой сварки или резки металлов. Рукава работоспособны в районах с умеренным и тропическим климатом при температуре окружающего воздуха от -35 до $+70$ °С и в районах с холодным климатом – от -55 до $+70$ °С. В зависимости от назначения резиновые рукава подразделяются на следующие классы: для подачи ацетилена, городского газа, пропана и бутана под давлением 0,63 МПа (6,3 кгс/см²); для подачи жидкого топлива: бензина А-72, уайт-спирита, керосина или их смеси под давлением 0,63 МПа (6,3 кгс/см²); для подачи кислорода под давлением 2 МПа (20 кгс/см²) и 4 МПа (40 кгс/см²). Основные размеры и минимальный радиус изгиба рукавов указаны в табл. 55.

Таблица 55

Основные размеры и минимальный радиус изгиба рукавов

Внутренний диаметр, мм		Наружный диаметр, мм		
Номинал.	Пред. Откл.	Номинал.	Пред. откл.	Минимальный радиус изгиба, мм
6,3	$\pm(0,2-0,8)$	12,0	$\pm 0,5$	60
8,0	$\pm 0,5$	16,0	$\pm 1,0$	80
9,0	$\pm 0,5$	18,0	$\pm 1,0$	90
10,0	$\pm 0,5$	19,0	$\pm 1,0$	100
12,0	$\pm 1,0$	22,5	$\pm 1,0$	120
12,5	$\pm 1,0$	23,0	$\pm 1,0$	120
16,0	$\pm 1,0$	26,0	$\pm 1,0$	160

Пример условного обозначения: Рукав 1-16-0,63 ГОСТ 9356—75 (I – класс; 16 – диаметр внутренний в мм; 0,63 МПа – рабочее давление; для работы в умеренном климате). Если перед словом ГОСТ стоит буква Т, то такие рукава применяют для работы в районах с тропическим климатом, если буквы ХЛ – для работы в районах с холодным климатом. В зависимости от назначения рукава его наружный слой должен быть

подкрашен около места маркировки в соответствующий цвет: красный цвет – рукав класса I для ацетилена, городского газа, пропана и бутана; желтый цвет – рукав класса II для жидкого топлива; синий цвет – рукав класса III для кислорода. Допускается наружный слой черного цвета для рукавов всех классов, работающих в районах с тропическим, умеренным и холодным климатом, а также обозначение класса рукава двумя резиновыми цветными полосами на наружном слое для всех климатических районов или двумя рисками. На кислородные рукава с наружным слоем черного цвета обозначение класса рукавов не наносится. На каждый рукав по всей длине с интервалами наносится маркировка методом тиснения и цветной краской. Трубопроводы для подачи ацетилена прокладывают из стальных бесшовных труб соединяемых сваркой. Ацетиленовый трубопровод окрашивают в белый цвет. Размеры труб для ацетилена низкого давления приведены в табл. 56.

Таблица 56

Размеры труб для трубопровода ацетилена низкого давления, подводимого к сварочным постам

Общая длина трубопровода, м	Внутренний диаметр трубы, мм, при расходе ацетилена, м ³ /ч					
	1	2	4	6	8	10
10	19	25	32	38	45	45
20	19	32	38	45	45	50
30	25	32	38	45	50	65
50	25	38	45	50	65	65
100	32	38	50	65	65	65
150	32	45	50	65	76	76
200	38	45	65	76	76	76

Внутренний диаметр ацетиленопровода среднего давления 0,01–0,15 МПа (0,1–1,5 кгс/см²) не должен превышать 50 мм; ацетиленопровода высокого давления свыше 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) – не более 20 мм. При большом расходе газа прокладывают два и более параллельных трубопровода. По стенам и колоннам трубопровод прокладывают на высоте не менее 2,5 м от пола. Для стока конденсата трубопроводу придают уклон 0,002 в сторону влагосборника. Отводы от главной трубы к постовым затворам делают из труб с внутренним

диаметром 13 мм (1/2 дюйма). Трубопроводы для кислорода под давлением 1,50 МПа (15 кгс/см²) изготавливают из стальных газовых шовных (усиленных), бесшовных или электросварных труб. При давлении 1,5—6,4 МПа (15—64 кгс/см²) применяют только стальные бесшовные трубы. При давлении свыше 6,4 МПа (64 кгс/см²) применяют медные или латунные цельнотянутые трубы, так как при высоком давлении может произойти загорание стальной трубы в кислороде от искры при трении частиц окалины о стенки трубы, случайного попадания и самовоспламенения масла, загорания прокладок и других явлений, связанных с местным выделением тепла. Кислородопроводы окрашивают в голубой цвет. При прокладке кислородопровода в земле применяют стальные бесшовные трубы независимо от давления газа. Трубы для кислорода соединяют между собой сваркой, для медных труб применяют пайку стыков твердым медно-цинковым припоем в раструб или на муфтах. Все трубы для подачи кислорода после монтажа, перед сдачей в эксплуатацию, обязательно обезжиривают промывкой растворителем (четырёххлористым углеродом) с последующей продувкой паром или сухим, очищенным от паров масла воздухом до полного удаления растворителя (исчезновения запаха). При совместной прокладке кислородопровод располагают ниже ацетиленопровода, с расстоянием между ними не менее 250 мм и высотой от уровня пола не менее 2,5 м. Для подачи кислорода к сварочным постам под низким давлением 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см²) диаметр кислородопровода выбирают по табл. 57.

Таблица 57

Размеры труб для кислородопровода низкого давления, подводимого к сварочным постам

Общая длина трубопровода, м	Внутренний диаметр трубы, мм, при расходе кислорода, м ³ /ч					
	1	2	4	6	8	10
10	3	4	5	6	7	8
20	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5
30	4	5	6	7	8	9
50	4,5	5,5	7	8	9	10
100	5	6	7,5	9	10	11
200	6	7	9	10	11	12
500	7	9	11	12	13	15

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение редукторов и принципы работы постового однокамерного редуктора?
2. Чем отличается двухкамерный редуктор от однокамерного?
3. Как расшифровываются марки редукторов?
4. Какие требования предъявляются к редукторам по климатическим условиям?
5. В какие цвета окрашивают редукторы и почему?
6. Расскажите правила обращения с редукторами.
7. Расскажите о рампах кислородных баллонов.
8. Чем отличаются рампы ацетиленовых баллонов от кислородных?
9. Расскажите о рукавах (шлангах).
10. Что вы знаете о кислородных и ацетиленовых трубопроводах?

4. Сварочные горелки

Сварочная горелка служит основным инструментом при ручной газовой сварке. В горелке смешивают в нужных количествах кислород и ацетилен. Образующаяся горючая смесь вытекает из канала мундштука горелки с заданной скоростью и, сгорая, дает устойчивое сварочное пламя, которым расплавляют основной и присадочный металл в месте сварки. Горелка служит также для регулирования тепловой мощности пламени путем изменения расхода горючего газа и кислорода. По способу подачи кислорода, горючего газа и конструкции узла их смешения применяют два типа горелок: инжекторные и безынжекторные (рис. 94). В инжекторной горелке смесительная камера начинается небольшим участком цилиндрической формы, плавно переходящим в более удлиненный конусный участок. Инжекторные горелки работают на ацетилене низкого и среднего давлений. Подачи ацетилена в смесительную часть инжекторной горелки осуществляется за счет подсоса его струей кислорода выходящего с большой скоростью из отверстия сопла называемого инжектором. Процесс подсоса газа более низкого давления струей газа подводимого под более высоким давлением, называется инжекцией.

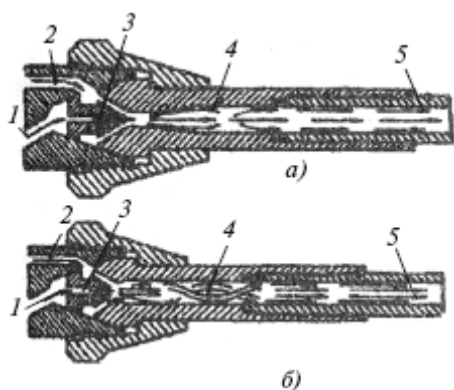


Рис. 94. Устройство узла смешения газов в горелках: а – инжекторной; б – безинжекторной; 1 – кислородный канал; 2 – ацетиленовый канал; 3 – сопло инжектора; 4 – смешительная камера; 5 – трубка горючей смеси

Схема узла или камеры смешения инжекторной горелки показана на рис. 94, а. Кислород под давлением поступает по каналу (1) в сопло инжектора (3). При истечении кислорода с большой скоростью из сопла создается разрежение в канале (2), по которому подсасывается ацетилен. Кислород и ацетилен поступают в смешительную камеру (4), имеющую конически расширяющийся канал (диффузор), где смешиваются и образуют горючую смесь, которая по трубке (5) идет в мундштук горелки, образуя на выходе из него при сгорании сварочное пламя. Схема узла смешения безинжекторной горелки изображена на рис. 94, б. В этой горелке кислород по каналу (1) и горючий газ (ацетилен) по каналу (2) поступают под одинаковым давлением в цилиндрический канал смесителя (4), соединяются в нем в горючую смесь, которая по трубке (5) направляется в мундштук горелки, образуя на выходе пламя. Для нормальной работы инжекторной горелки давление поступающего в нее кислорода должно быть 0,2–0,4 МПа (2–4 кгс/см²), а ацетилена – от 0,001 до 0,01 МПа (0,01–0,1 кгс/см²). Для создания необходимого разрежения в горелке существенное значение имеет расстояние между концом сопла инжектора и входом в смешительную камеру. При увеличении этого расстояния до инжекторного предела подсос возрастает, а при уменьшении – снижается. Устойчивое горение пламени при нормальном составе смеси

для ацетилено-кислородных горелок и мундштуков обеспечивается при скорости истечения смеси из сопла мундштука в пределах 50—170 м/с (для мундштуков с диаметром выходного канала 0,6—3,5 мм). При этом избыточное давление смеси в трубке перед мундштуком должно быть в пределах 0,003—0,027 МПа (0,03—0,27 кгс/см²). При скорости истечения смеси 20—40 м/с возникают хлопки и обратные удары пламени, а при скорости до 140–240 м/с возможен отрыв пламени от мундштука горелки. Инжекторные горелки могут работать при среднем давлении ацетилена до 0,15 МПа (1,5 кгс/см²). Однако при работе от ацетиленового баллона инжекторной горелкой давление ацетилена перед ней должно поддерживаться в пределах 0,02—0,05 МПа (0,2—0,5 кгс/см²), что снижает возможность возникновения хлопков и обратных ударов пламени. Для лучшего отвода тепла мундштуки изготавливают из высокотеплопроводных материалов – меди марки МЗ или хромистой бронзы Бр.ХО,5. К этим материалам в меньшей степени прилипают брызги расплавленного металла. Мундштуки горелок малой мощности, имеющие водяное охлаждение, изготавливают из свинцовистой латуни ЛС59-1.

Для устойчивого горения и правильной формы пламени требуется тщательная обработка поверхности выходного канала мундштука. Заусенцы, вмятины и другие повреждения могут вызывать отрыв пламени, хлопок или обратный удар. Снаружи мундштуки полируют до зеркального блеска для предупреждения налипания брызг металла. Инжекторное устройство горелки обеспечивает некоторый «запас ацетилена», т. е. увеличение его расхода при полном открытии ацетиленового вентиля горелки по сравнению с паспортным расходом газа для данного номера мундштука. Горелки обеспечивают запас ацетилена до 15 %, а резаки – до 10 % от максимального расхода газа. На производстве применяют различные горелки, отличающиеся конструктивным исполнением, мощностью и назначением. Наибольшее распространение имеют сварочные универсальные горелки средней мощности, а для ремонтных кузовных работ – малой мощности. Горелки снабжают набором сменных наконечников различных размеров,

различающихся расходом газов и предназначенных для сварки металла различной толщины. Номер наконечника выбирается в соответствии с толщиной свариваемого металла и требуемым удельным расходом ацетилена в дм³/ч на 1 мм толщины. В табл. 58—62 приведены технические характеристики наиболее распространенных горелок малой и средней мощности.

Таблица 58

Технические характеристики инжекторных горелок

Параметр	Номер наконечника									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	0,2–0,5	0,5–	1–2	2–4	4–7	7–11	11–17	17–30	30–50	Свыше 50
Расход, дм ³ /ч:										
ацетилена	40–50	65–90	130–180	250–350	420–600	700–950	1130–1500	1800–2500	2500–4500	4500–7000
кислорода	45–55	70–100	140–200	270–330	450–650	750–1000	1200–1650	2000–2800	3000–5600	4700–9300
Давление, МПа, на входе в горелку:										
ацетилена			0,001–0,1					0,01–0,1	0,03–1	03–1
кислорода	0,15–0,3		0,2–0,3				0,2–0,35		0,25–0,5	0,25–0,5

Таблица 59

Горелки сварочные для газов – заменителей ацетилена

Марка горелки*	Номер наконечника	Расход, дм ³ /ч			Давление, МПа		Толщина свариваемого металла, мм
		пропана	природного газа	кислорода	горючего газа	кислорода	
ГЗУ-4	1	25–60	70–170	105–260	0,003	0,1–0,4	0,5–1,5
	2	60–125	170–360	260–540	0,003	0,15–0,4	1,5–2,1
	3	125–200	360–560	540–840	0,003	0,2–0,4	2,5–4
	4	200–335	560–940	840–1400	0,003	0,2–0,4	4–7
ГЗУ-3	5	400–650	1020–1650	1350–2200	0,02	0,2–0,4	–
	6	650–1050	1650–2700	2200–3600	0,02	0,2–0,4	–
	7	1050–1700	2700–4500	3600–5800	0,02	0,2–0,4	–

* Горелка ГЗУ-3 – универсальная; ГЗУ-4 – для сварки чугуна и цвет металлов (кроме меди), а также наплавки, пайки, нагрева.

Таблица 60

Показатели	Номера наконечников						
	0	1	2	3	4	5	6
Примерная толщина свариваемого металла (сталь), мм	0,3–0,6	0,5–1,5	1–2,5	2,5–4	4–7	6–11	0–18
Расход, дм ³ /ч:							
ацетилена	25–60	50–135	120–240	230–400	400–700	660–1100	1050–1750
кислорода	28–70	50–135	130–260	250–430	430–750	740–1200	1150–1950
Диаметр канала, мм:							
инжектора	0,18	0,25	0,35	0,45	0,6	0,75	0,95
смесительной камеры	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8
мундштука	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8
Давление кислорода, кгс/см ² (МПа)	0,8–4 (0,08–0,4)	1–4 (0,1–0,4)	1,5–4 (0,15–0,4)	2–4 (0,2–0,4)	2–4 (0,2–0,4)	2–4 (0,2–0,4)	2–4 (0,2–0,4)
Скорость истечения смеси из мундштука, м/с	40–135	50–130	65–135	75–135	80–140	90–150	100–160

Таблица 61

Универсальные ацетилено-кислородные горелки

Тип горелки*	Модель** горелки	Номера наконечников	Масса, кг, не более	Внутренний диаметр присоединительного рукава, мм
Г1 (микромощности)	ГС-1	000; 00; 0	0,4	4
Г2 (малой мощности)	Г2-04	0; 1; 2; 3; 4	0,7	6
Г3 (средней мощности)	Г3-03	1, 2; 3; 4; 5; 6, 7	1,2	9
Г4 (большой мощности)	ГС-4	8; 9	2,5	9

* Горелка типа Г1 – безынжекторная, остальных типов – инжекторные. ** Горелка ГС-4 предназначена для подогрева, горелка Г2-04 по конструкции подобна ранее выпускавшимся горелкам Г2-02, «Звездочка», «Малютка»; горелка Г3-03 заменила выпускавшиеся горелки «Звезда», «Москва», ГС-3, ГС-3А.

Таблица 62

Техническая характеристика безынжекторных горелок типа Г1

Номер наконечника	000	00	0
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	До 0,1	0,1–0,2	0,2–0,6
Расход дм ³ /ч: ацетилен кислород	5–10 6–11	10–25 11–28	20–60 28–85
Давление на входе в горелку, МПа: ацетилена кислорода		0,01–0,1 0,01–0,1	

Горелки однопламенные универсальные для ацетилено-кислородной сварки, пайки и подогрева изготавливаются в соответствии с существующими нормативными документами, которыми предусматривается четыре типа горелок: Г1 – горелки микро мощности, безинжекторные; Г2 – горелки малой мощности, инжекторные; Г3 – горелки средней мощности, инжекторные; Г4 – горелки большой мощности, инжекторные. Горелка малой мощности Г2 поставляется с наконечниками № 0; 1; 2; 3; 4. В комплект горелок средней мощности Г3 входит ствол и семь наконечников, присоединяемых к стволу горелки накидной гайкой. Горелка малой мощности предназначена для сварки тонких металлов и работает с рукавом диаметром 6 мм. Сварщику приходится, как правило, работать с горелками разной мощности, поэтому необходимо предусмотреть разъем шланга для перехода с горелки малой мощности на горелку средней мощности. Рукава имеют внутренний диаметр под штуцер горелки 6 и 9 мм. При смене горелок производится смена шлангов, для этого применяют переходники – ниппели 6 и 9 мм. Для пропан-бутан-кислородной смеси выпускают горелки типов ГЗУ-3 и ГЗМ-4. Первая предназначена для сварки стали 0,5–7 мм, вторая – для подогрева металла. Для газопламенной очистки поверхности металла от ржавчины, старой краски и т. д. выпускаются ацетилено-кислородные горелки ГАО-2. Ширина поверхности, обрабатываемой горелкой за один проход, составляет 100 мм. На производстве широко применяют горелки различных типов: ацетиленовые «Искра – 6М», ацетиленовые Г-3 «Донмет», пропановые «Искра-6ВП», ГВ «Термика-10» и др. Исправная, правильно собранная и отрегулированная горелка должна давать нормальное устойчивое сварочное пламя. Если горение неровное, пламя отрывается от

мундштука, гаснет или дает обратные удары и хлопки, следует тщательно отрегулировать вентилями подачу кислорода и ацетилена. Если после регулировки неполадки не устраняются, то причиной их являются неисправности в самой горелке: неплотности в соединениях, повреждение выходного канала мундштука или инжектора, неправильная установка деталей горелки при сборке, засорение каналов, износ деталей и т. д. Перед началом работы проверяют исправность горелки. Для проверки инжектора на кислородный ниппель надевают шланг, а в корпус горелки вставляют наконечник, накидную гайку которого плавно затягивают ключом. Установив давление кислорода в соответствии с номером наконечника, пускают в горелку кислород, открывая кислородный вентиль. В ацетиленовом ниппеле горелки должно образоваться разрежение, которое легко обнаружить, приложив к отверстию ниппеля палец, который должен присасываться. Если подсос есть, горелка исправна. При отсутствии подсоса следует проверить: достаточно ли плотно прижимается инжектор к седлу корпуса горелки. При обнаружении неплотности следует сместить инжектор до упора его в седло при вставленном в ствол наконечнике; не засорены ли каналы мундштука, смесительной камеры и ацетиленовой трубки. При засорении необходимо прочистить каналы тонкой медной проволокой и продуть. После проверки горелки следует подсоединить оба шланга, закрепить их на ниппелях хомутиками и зажечь горючую смесь. Если при зажигании смеси горелка дает хлопок или при полном открытии ацетиленового вентиля в пламени не появляется избытка ацетилена (черная копоть), необходимо проверить, хорошо ли затянута накидная гайка наконечника, достаточно ли давление кислорода и нет ли препятствий поступлению ацетилена в горелку (вода в шланге, перегиб шланга, придавливание шланга деталями, перекручивание шланга и т. д.). При прекращении работы горелки, а также при частых хлопках или обратных ударах необходимо закрыть сначала ацетиленовый вентиль, затем – кислородный. Иногда частые хлопки и обратные удары вызываются перегревом мундштука после продолжительной работы. В этом случае необходимо погасить пламя горелки в упомянутом порядке и

охладить мундштук горелки в подручном сосуде с водой. Инжекторная горелка нормально и безотказно работает, если соотношения диаметров каналов инжектора, смесительной камеры и мундштука выбраны правильно. Если мундштук обгорел, с забоинами и отверстие его сильно разработано, следует конец мундштука аккуратно опилить мелким напильником, слегка зачеканить или осадить ударами молотка, а затем прокалибровать сверлом соответствующего диаметра (см. табл. 60). Поверхность мундштука необходимо заполировать. Пропуски газа через сальники вентиля горелки устраняются заменой набивки сальников или подтягиванием гаек сальников.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение сварочной горелки?
2. Чем различаются инжекторные и безинжекторные горелки?
3. Каково назначение инжектора?
4. Что происходит с пламенем горелки при чрезмерном увеличении скорости истечения горючей смеси?
5. Почему происходят хлопки и обратные удары?
6. Почему требуется тщательный уход за мундштуком?
7. Какие существуют типы горелок?
8. Чем комплектуются горелки Г2 и Г3?
9. Расскажите о наладке горелок в случае их неисправности.

Глава 4 ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

1. Состав сварочного пламени

Внешний вид, температура и влияние сварочного пламени на расплавленный металл зависят от состава горючей смеси, т. е. соотношения в ней кислорода и ацетилена. Изменяя состав горючей смеси, сварщик изменяет свойства сварочного пламени. При сгорании ацетилена в воздухе без добавления кислорода пламя имеет желтоватый цвет и длинный факел без светлого ядра. Такое пламя не пригодно для сварки, так как имеет низкую температуру и коптит, выделяя много сажи (несгоревшего углерода). Если в та кое пламя добавить кислород, открывая кислородный вентиль горелки, то резко изменятся цвет и форма пламени, температура его повысится. Изменяя соотношение кислорода и ацетилена в горючей смеси, можно получать три основных вида сварочного пламени (рис. 95): науглероживающее (с избытком ацетилена); нормальное (называемое восстановительным); окислительное (с избытком кислорода). Для сварки большинства металлов применяют нормальное (восстановительное) пламя. Теоретически оно получается, если в смесь на один объем ацетилена подается один объем кислорода. Ацетилен сгорает за счет кислорода смеси по реакции: $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$ (1 фаза горения) Дальнейшее горение происходит за счет кислорода, который поступает из окружающего воздуха, по реакции: $2CO + H_2 + 1,5O_2 = 2CO_2 + H_2O$.

(2 фаза горения) Окись углерода и водород, образующиеся в пламени, раскисляют металл, восстанавливая из окислов металл в сварочной ванне. При использовании смеси с соотношением объемов кислорода и ацетилена 1:1 металл шва получается достаточно однородный, без пор, газовых пузырей и включений окислов. Практически нормальное восстановительное пламя получается при избытке кислорода в смеси до 30 % против теоретического за счет поступления его из окружающего воздуха. Таким образом, соотношение ацетилена и кислорода изменяется от 1:1 до 1:1,3. Нормальное пламя имеет светлое ядро, несколько темную восстановительную зону и факел.

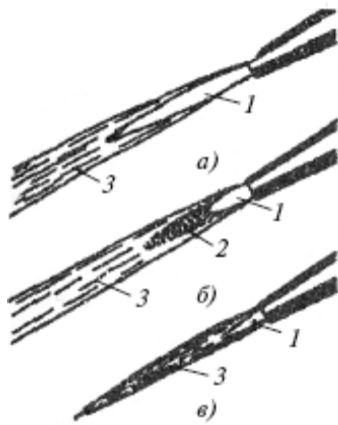


Рис. 95. Разновидности ацетилено-кислородного пламени: а – науглероживающее; б – нормальное; в – окислительное; 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел

Ядро имеет четко очерченную форму, близкую к форме цилиндра с закругленным концом, и ярко светящуюся оболочку, которая состоит из раскаленных частиц углерода. Сгорание этих частиц происходит в наружном слое оболочки. Размерами ядра пламени являются его диаметр и длина. Диаметр ядра пламени определяется диаметром канала мундштука и расходом горючей смеси. Горелки комплектуются набором мундштуков нескольких номеров. Чем больше номер мундштука и расход горючей смеси, тем больше диаметр ядра. Длина ядра пламени определяется скоростью истечения газовой смеси. Скорость истечения газовой смеси является основным фактором, определяющим устойчивость горения пламени. При малой скорости истечения газовой смеси пламя склонно к образованию хлопков и обратных ударов. При завышенной скорости истечения газовой смеси пламя выдувает расплавленный металл из сварочной ванны. Восстановительная зона имеет более темный цвет, отличающийся от цвета ядра и остальной части пламени. Она занимает пространство в пределах 20 мм от конца ядра, в зависимости от номера мундштука. Восстановительная зона состоит из окиси углерода и водорода и имеет наиболее высокую температуру в точке, отстоящей на 2—6 мм от конца ядра. Этой зоной пламени нагревают и расплавляют металл в процессе сварки. Остальная часть пламени, расположенная за восстановительной зоной, называется

факелом и состоит из углекислого газа, паров воды и азота, которые появляются в пламени при сгорании окиси углерода и водорода восстановительной зоны за счет кислорода окружающего воздуха. Температура факела значительно ниже температуры восстановительной зоны. Таким образом, в восстановительной зоне, в точке, отстоящей чуть дальше от конца ядра, достигается максимальная температура ацетилено-кислородного пламени 3150 °С. При метан-кислородном пламени максимальная температура, равная 2150 °

С, может быть достигнута на расстоянии 3—3,5 длины ядра от среза мундштука горелки. Пропан-бутан-кислородное пламя достигает максимальной температуры 2400 °С на расстоянии 2,5 длины ядра от среза мундштука. Эти ориентировочные данные позволяют сварщику наиболее рационально использовать пламя горелки при сварке металла заданной толщины. Окислительное пламя получается при увеличении подачи кислорода или уменьшении подачи ацетилена до величины объема кислорода в смеси, превышающей в 1,3 раза объем ацетилена. Окислительное пламя имеет укороченное заостренное ядро с менее резкими очертаниями и бледным цветом. Температура окислительного пламени выше температуры нормального восстановительного пламени. Такое пламя сильно окисляет свариваемый металл, что приводит к получению хрупкого и пористого шва и выгоранию полезных примесей кремния и марганца. Можно применять окислительное пламя при сварке сталей, но при этом необходимо пользоваться присадочной проволокой, в которой повышено содержание марганца и кремния, являющихся раскислителями. Науглероживающее пламя получается при уменьшении подачи кислорода или увеличении подачи ацетилена. Оно образуется при подаче в горелку 0,95 и менее объема кислорода на один объем ацетилена. В науглероживающем (ацетиленистом) пламени размеры зоны сгорания увеличиваются, ядро теряет резкие очертания, становится расплывчатым, а на конце ядра появляется зеленый венчик, по которому судят о наличии избытка ацетилена. Восстановительная зона светлеет и почти сливается с ядром, пламя принимает желтоватую окраску. При большом избытке ацетилена пламя коптит, так как

кислорода недостаточно и не получается полного сгорания ацетилена. Избыточный ацетилен разлагается на водород и углерод. Углерод переходит в металл шва, поэтому ацетиленистое пламя будет науглероживать металл шва. Температура этого пламени ниже температуры нормального пламени. Если уменьшать подачу ацетилена в горелку до полного исчезновения зеленого венчика на конце ядра, ацетиленистое пламя можно превратить (перевести) в нормальное. Пламя с избытком ацетилена применяют при наплавке твердых сплавов, а также при сварке алюминиевых и магниевых сплавов. Качество наплавленного металла и прочность сварного шва зависят от состава сварочного пламени. Поэтому сварщик должен обращать особое внимание на характер и правильность регулирования сварочного пламени. Характер пламени определяется сварщиком на глаз по форме и цвету пламени. При формировании шва учитываются два основных фактора: угол наклона мундштука; скорость истечения газовой смеси. Сварочное пламя должно обладать достаточной тепловой мощностью, которую выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и его физических свойств. Изменяя тепловую мощность пламени, можно в довольно широких пределах регулировать скорость нагрева и расплавления металла, что является одним из положительных качеств процесса газовой сварки. Однако следует помнить, что КПД использования теплотворной способности горючего при газовой сварке равен всего 7 %. Тепло, выделяющееся при сгорании ацетилена, расходуется следующим образом, %: Полезно используется на сварку для расплавления металла Потери тепла: 6-7 от неполноты сгорания 55-63 с отходящими газами 13-15 на излучение и конвекцию 9-10 на нагрев прилегающих к шву участков 15-18 от угара и разбрызгивания металла 1-2

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте три вида сварочного пламени.
2. Какие две фазы существуют при горении сварочного пламени?

3. Расскажите о строении сварочного пламени. Каковы особенности восстановительного пламени?

4. В каких случаях применяется окислительное пламя?

5. Чем отличается науглероживающее пламя от окислительного?

6. Какие факторы влияют на формирование шва при газовой сварке?

7. Как расходуется тепло при сгорании горючих газов в процессе газовой сварки?

2. Способы ручной газовой сварки

С целью обеспечения полного провара металла по всей толщине перед ручной газовой сваркой производится предварительная подготовка кромок свариваемых деталей. В табл. 63 приведены формы подготовки кромок в обобщенном виде для газовой сварки листового проката углеродистых сталей встык.

Таблица 62

Размеры конструктивных элементов кромок при газовой сварке стыковых соединений листового проката ОСТЗ—5479—83

Название шва	Схема шва	Размеры, мм		
		толщина металла	зазор а	притупление a1
С отбортовкой кромок, без присадочного металла		0,5–1		1–2
Без скоса кромок: односторонний двусторонний		1–3 3–6	0,5–2	– –
V-образный		3–16	2–4	2–3
X-образный		16–25	2–4	2–3
V-образный при листах разной толщины		5–20	2–4	1,5–2,5
X-образный при листах разной толщины		12–30	3–4	2–4

При ручной газовой сварке сварщик держит в одной руке сварочную горелку, а в другой – присадочную проволоку. Пламя горелки

сварщик направляет на свариваемый металл так, чтобы кромки находились в восстановительной зоне пламени на расстоянии 2—6 мм от конца ядра пламени (точка достижения максимальной температуры в восстановительной зоне). Нельзя касаться поверхности расплавленного металла концом ядра пламени, так как это вызывает науглероживание металла сварочной ванны. Конец присадочной проволоки должен находиться также в восстановительной зоне пламени или быть погруженным в сварочную ванну. Скорость нагрева металла регулируется изменением угла наклона мундштука к поверхности свариваемого металла. Чем больше этот угол, тем больше тепла передается от пламени металлу. Металл будет быстрее нагреваться и будет обеспечено более глубокое проплавление металла (рис. 96). При сварке толстого или теплопроводного металла (например, меди) угол наклона мундштука должен быть больше, чем при сварке металла тонкого или с низкой теплопроводностью. На рис. 97 показаны углы наклона мундштука, которые следует выдержать при сварке сталей. Распределения жидкого металла по шву, а также регулирования скорости плавления кромок и присадочной проволоки достигают соответствующим перемещением сварочного пламени по шву. На рис. 98 показаны способы перемещения конца мундштука по шву. Перемещение пламени горелки вдоль кромок является основным движением при получении сварного шва. Поперечные или круговые движения концом мундштука являются дополнительными или вспомогательными и служат для регулирования скорости прогрева и расплавления кромок, способствуя образованию шва нужной формы.



Рис. 96. Влияние угла наклона мундштука горелки на глубину проплавления: а – сварка при малом угле; б – сварка при большом угле



Рис. 97. Углы наклона мундштука горелки в зависимости от толщины свариваемого металла

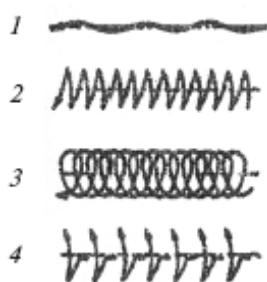


Рис. 98. Способы перемещения мундштука горелки при газовой сварке: 1 – незначительными колебаниями при сварке малых толщин; 2—полумесяцем; 3 — петлеобразно; 4 – полумесяцем с задержкой вдоль шва

Способ 1 применяют для сварки тонких листов, способ 2 для сварки листов средней толщины.

Необходимо стремиться к такому перемещению горелки, чтобы металл ванны всегда был защищен от действия окружающего воздуха газами восстановительной зоны пламени (способ 3). Способ 4, при котором пламя периодически отводится в сторону, применяется редко, так как это вызывает излишнее окисление металла кислородом воздуха. По способу перемещения горелки вдоль шва различают сварку левую и правую. Наиболее распространенным является способ левой сварки, который применяется при сварке тонких деталей, а также деталей из легкоплавких металлов и сплавов (рис. 99). Горелку перемещают справа налево присадочная проволока находится перед пламенем, которые, подогревают несваренный участок и присадочную проволоку. При левой сварке мощность пламени принимают 100—130 дм³ ацетилена в час на 1 мм толщины металла.

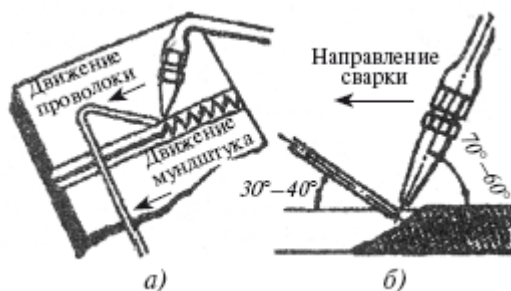


Рис. 99. Левая сварка: а – схема движений мундштука и горелки; б – углы наклона мундштука и проволоки



Рис. 100. Правая сварка: а – схема движения мундштука и горелки; б – углы наклона мундштука и проволоки

При правой сварке (рис. 100) горелку ведут слева направо, а присадочная проволока перемещается вслед за горелкой. Пламя направляют на конец проволоки и сваренный участок шва. Мундштуком производят незначительные поперечные колебания. При сварке толщин менее 8 мм мундштук перемещают вдоль оси шва без колебаний. Конец присадочной проволоки держат погруженным в сварочную ванну и спиралеобразными движениями перемешивают им жидкий металл для облегчения удаления окислов и шлаков. Тепло пламени при правой сварке рассеивается в меньшей степени, чем при левой сварке. В этом случае угол раскрытия кромок деталей можно уменьшить, особенно при больших толщинах. При меньшем угле разделки кромок снижается количество наплавленного металла и расход присадочной проволоки, а также уменьшается коробление изделия от усадки металла шва. Правую сварку применяют при толщине металла свыше 5 мм с разделкой кромок. Качество шва при правой сварке выше, так как металл лучше защищен факелом пламени. Пламя одновременно сжигает наплавленный металл и замедляет его охлаждение. Естественно, что правая сварка больших толщин оказывается более производительной, чем левая. Скорость

правой сварки в среднем на 10—20 % выше скорости левой сварки. Экономия газов составляет 10—15 %. Мощность пламени при правой сварке сталей принимают 120—150 дм³ ацетилена в час на 1 мм толщины металла. Диаметр присадочной проволоки для сварки низкоуглеродистых сталей принимают в зависимости от способа сварки: для левого способа $d = S + 1$ (мм); для правого способа $d = S$ (мм), где d – диаметр присадочной проволоки, мм; S – толщина свариваемой детали, мм. В практике газовой сварки существует множество различных способов и приемов, особенно при ремонтных и монтажных работах.



Рис. 101. Сварка ванночками

Одним из способов, который позволяет получить высокое качество сварного шва, является сварка ванночками (рис. 101). Она применяется при сварке тонких листов и труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей облегченными швами, при сварке стыковых и угловых соединений при толщине деталей до 3 мм. Расплавив ванночку, диаметром 4—5 мм, сварщик вводит в нее конец проволоки и, расплавив небольшое количество ее, перемещает конец проволоки в восстановительную зону пламени. В это время мундштуком делаются круговые движения с небольшим перемещением для образования соседней ванночки. Новая ванночка должна перекрывать предыдущую на 1/3 диаметра. Конец проволоки необходимо держать в восстановительной зоне пламени, чтобы избежать окисления проволоки. Ядро не должно погружаться в ванночку во избежание науглероживания металла шва. Для сварки низкоуглеродистых сталей можно применять и окислительное пламя с небольшим избытком кислорода, в результате чего несколько увеличивается температура пламени. В этом случае для раскисления металла рекомендуется применять сварочную проволоку Св12ГС, Св08Г или Св08Г2С. При этом способе повышается производительность сварки на 10—15 %. Некоторый избыток кислорода допускается также и при сварке пропан-бутан-кислородным пламенем. В

этом случае повышается температура пламени и увеличивается глубина провара. Соотношение газов принимается следующим:

$$\frac{\text{кислород}}{\text{пропан-бутан}} = 3,5.$$

Для раскисления металла шва при сварке тройной смесью применяют проволоку Св12ГС, Св08ГС, Св08Г2С, а также проволоку Св10ГА или используют проволоку Св08, но с раскисляющим покрытием. Сварка городским газом (СН₄) производится горелкой ГЗУ-2 с использованием проволоки Св12ГС. Производительность сварки такая же, как и при сварке пропан-бутаном. Этот способ применяется для сварки неответственных конструкций.

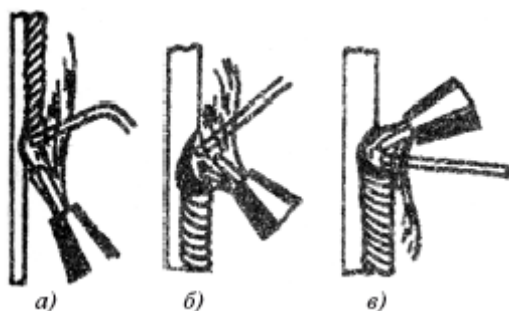


Рис. 102. Сварка вертикальными швами: а – сверху вниз; б, в – снизу вверх

Необходимо отметить некоторые особенности формирования сварного шва при его вертикальном расположении (рис. 102). Вертикальные и наклонные швы сваривают сверху вниз только правым способом, а снизу вверх – и левым, и правым способами. Эти способы сварки применяются при толщине металла до 5 мм. Объем сварочной ванны мал и металл можно удерживать от отекания давлением газов пламени. Сварка тонкого металла (до 3 мм) по отбортовке кромок без присадочной проволоки производится зигзагообразными движениями мундштука вверх-вниз в вертикальной плоскости.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы перемещения пламени по шву вы знаете?
2. В чем сущность левой сварки и когда она применяется?
3. В чем достоинства правой сварки и ее особенности?

4. Как выбрать необходимый диаметр присадочной проволоки при сварке низкоуглеродистых сталей?

5. Расскажите о сварке ванночками.

6. Каковы особенности сварки окислительным пламенем? Расскажите об особенностях сварки пропан-бутаном.

7. В чем особенности сварки вертикальных швов?

3. Термическая обработка и правка изделий после сварки

Термическую обработку применяют для устранения напряжений, остающихся в изделии после сварки, а также для улучшения структуры металла сварного шва. После сварки или в процессе сварки применяют такие виды термической обработки, как отжиг, нормализация, отпуск. Нагрев при отжиге изделия в предварительной печи ведут постепенно. Для низко- и среднеуглеродистых сталей температура достигает 600—680 °С. При этой температуре сталь становится пластичной и напряжения снижаются. После нагрева следует выдержка при достигнутой температуре из расчета 2,5 мин на 1 мм толщины свариваемой детали, но не менее 30 мин. Затем изделие охлаждается вместе с печью. Существуют и другие виды отжига: местный и полный отжиг. Режимы отжигов выбирают по справочной литературе. Для разных сталей применяют свои технологические параметры отжига. Нормализация отличается от отжига тем, что после отжига сваренную конструкцию охлаждают на спокойном воздухе. После нормализации сохраняется мелкозернистая структура металла, что позволяет обеспечить его относительно высокую прочность и твердость, но без напряженного состояния. Стали с высоким содержанием углерода в процессе сварки закаляются, возрастает их твердость и хрупкость. Такие изделия из углеродистых сталей подвергают нормализации с последующим отпуском. В этом случае нагревание производят до 400—700 °С и после этого сваренные детали медленно охлаждают. При газовой сварке сталей термическая обработка служит средством повышения пластичности металла шва. В некоторых случаях, участки шва нагревают до светло-красного цвета каления и в этом состоянии

проковывают. Зерна металла измельчаются, пластичность и вязкость повышаются. Во избежание появления наклепа (новое напряженное состояние) проковку следует прекратить при остывании металла до темно-красного цвета. После проковки необходимо провести повторную нормализацию. Для правки изделий часто используют местный нагрев пламенем горелки. Нагревают выпуклую часть изделия, которое надо выправить (рис. 103). При нагревании металл стремится расшириться, но так как этому препятствуют холодные участки, возникают напряжения сжатия, вызывающие пластическую деформацию сжатия. При охлаждении в этом участке возникают напряжения растяжения, которые и выправляют изделие.



Рис. 103. Правка изделий местным нагревом

При необходимости повторной операции правки нагревают следующий участок, не затрагивая соседнего, который уже подвергался нагреву. В табл. 64 приведены ориентировочные режимы правки листов углеродистой стали ацетилено-кислородным пламенем.

Таблица 64

Режимы правки листов углеродистой стали ацетилено-кислородным пламенем

Толщина листа, мм	Номер наконечника	Скорость нагрева, мм/мин	Ширина зоны нагрева, мм	
			видимая при температуре выше 600 °С	фактическая
2	3	420	15	20
3	4	360	15	20
4	5	270	20	35
5	6	240	20	35
6	6	180	30	55

Толстолистовой металл после резки его на заготовительных ножницах всегда имеет ярко выраженную выпуклость. Правка осуществляется нагревом по схеме, показанной на рис. 104.

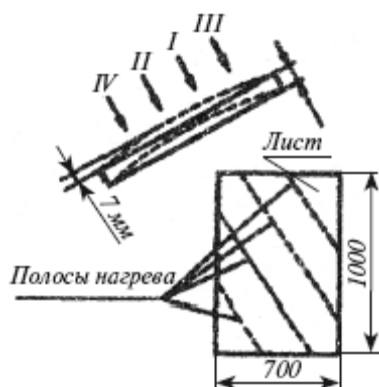


Рис. 104. Схема правки стального листа толщиной 15 мм

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются отжиг и нормализация?
2. Какие виды отжига применяются при правке?
3. При каких условиях можно заниматься проковкой швов?
4. Что необходимо предпринять при сварке закаливающих сталей?
5. В чем достоинства местного нагрева?
6. Каким образом осуществляют правку изделий из толстолистового металла?

4. Особенности сварки труб

Газовая сварка достаточно широко применяется при монтаже труб небольшого диаметра до 100—150 мм, при изготовлении угольников, тройников, отводов и других конструктивных элементов трубопроводов. Трубы сваривают стыковыми швами с допустимой выпуклостью шва до 1—3 мм в зависимости от толщины стенки. Перед сваркой трубы выравнивают, чтобы их оси совпадали, затем прихватывают в нескольких местах по окружности и приступают к сварке. Для центровки труб во время сварки используют различные приспособления, одно из которых показано на рис. 105. Если трубу можно поворачивать, то сварку лучше вести в нижнем положении (рис. 106). Неповоротный стык сваривают последовательно нижним, вертикальным и потолочным швами. Этот случай является наиболее трудным для сварщиков, так как

требует умения выполнять разные швы по ориентации их в пространстве. В неповоротных стыках труб диаметром до 150 мм сначала сваривают нижнюю половину, затем в обратном направлении – верхнюю. Начало и конец верхнего шва сваривают перекрытием на участках А и Б (рис. 107). При сварке труб диаметром до 300 мм и более сварку начинают с какой-либо точки окружности и выполняют четырьмя участками (рис. 108).

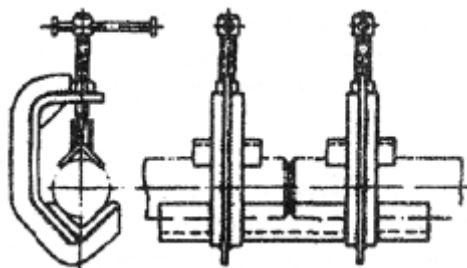


Рис. 105. Струбцинный центратор для труб диаметром 60—100 мм

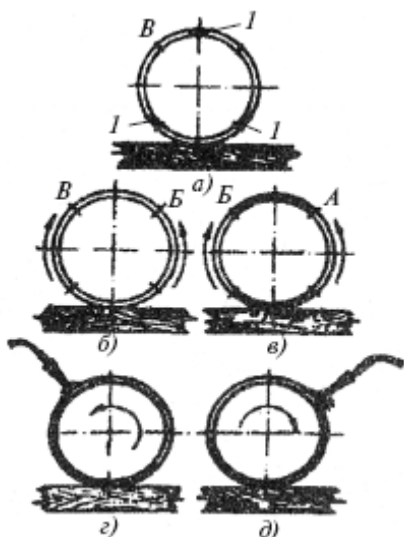


Рис. 106. Порядок сварки стыков труб с поворотом: а – места размещения прихваток (1) и участков шва (А, Б, В, Г); б – выполнение первого слоя на участках А—Б и Г—В; в – поворот стыка и выполнение первого слоя на участках Г—А и В—Б; г – выполнение второго слоя шва, д – выполнение третьего слоя шва

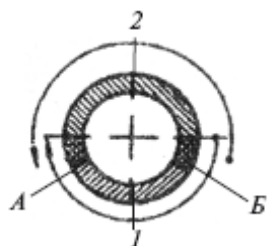


Рис. 107. Последовательность сварки неповоротного стыка труб диаметром до 150 мм

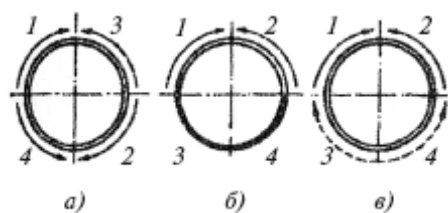


Рис. 108. Последовательность сварки труб большого диаметра: а – (200—300) мм; б – (500—600) мм; в – сварка без поворота трубы

При сварке промышленных и бытовых газопроводов с давлением газа до 1,2 МПа (12 кгс/см²), трубы предварительно сваривают в производственных условиях в секции, длина которых выбирается исходя из возможности транспортировки. Секции труб очищают и грунтуют противокоррозионной изоляцией, после чего производят подготовительные работы. На сварочную проволоку должен быть сертификат. При отсутствии сертификата сваривают специальные образцы с последующим испытанием по определенной методике (3 образца для испытания на разрыв и 3 – на угол загиба). После окончания подготовительных работ поверхность кромок и прилегающие к ним наружную и внутреннюю поверхности труб зачищают до металлического блеска на ширину не менее 10 мм по окружности. Сборка и сварка торцов труб с продольным изготовительным швом должна производиться со смещением продольных швов на 50 мм по окружности по отношению к шву предыдущей трубы. К сварке труб допускаются сварщики, сдавшие экзамен по специальности в соответствии с Правилами Госгортехнадзора и имеющие удостоверение на право сварки газопроводов. Каждому сварщику присваивается номер или шифр, который он обязан наплавливать на расстоянии 30—50 мм от стыка. Ручная газовая сварка труб выполняется только в один слой. При выполнении работ в зимних условиях необходимо обеспечить надежную защиту сварщика и места сварки в соответствии с требованиями работы в полевых условиях. После сварки стыка проводится внешний осмотр для выявления дефектов: шлаковых включений, подрезов, пор, трещин и пр. Внешнему осмотру подлежат все сваренные стыки после их очистки

от шлака, брызг металла и окалины. Поверхность наплавленного металла по всей окружности должна быть слегка выпуклой с плавным переходом к основному металлу без подрезов и незаваренных мест. Высота выпуклости шва допускается 1—3 мм, но не более 40 % от толщины стенки трубы. Ширина шва не должна превышать толщину стенки трубы более чем в 2,5 раза. Не допускаются наплывы и грубая чешуйчатость. Стыки, не удовлетворяющие по внешнему виду перечисленные требования, бракуются или подлежат исправлению. Не допускается исправление стыков методом повторного наложения шва. Существует способ газовой сварки в условиях, когда невозможно приблизиться с горелкой к объекту. Например, трубы для горячей или холодной воды в помещениях располагают вблизи стен, что создает сложные условия для сварки. В этих случаях применяется способ сварки с козырьком. Подготовка стыка под сварку требует определенных профессиональных навыков. Сваренный стык обладает высокой надежностью (рис. 109).



Рис. 109. Порядок сварки стыков труб с козырьком

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются трудности сварки труб?
2. В каких случаях требуется подготовка стыка труб и в чем она выражается?
3. Чем различаются приемы газовой сварки поворотных и неповоротных стыков?
4. Каковы особенности сварки промышленных и бытовых газопроводов?
5. Где и при каких обстоятельствах применяется сварка с козырьком?

Глава 5

ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОЙ СВАРКИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

1. Сварка сталей

Низкоуглеродистые стали можно сваривать любым способом газовой сварки. Пламя горелки при сварке стали должно быть нормальным, мощностью 100—130 дм³(л)/ч ацетилена на 1 мм толщины металла при левой сварке и 120—150 дм³(л)/ч – при правой сварке.

При газовой сварке толщиной до 6 мм в качестве горючих газов применяют: ацетилен, пропан-бутановую смесь или природный газ (ограниченное применение). Сварочная проволока выбирается в зависимости от марки стали и должна удовлетворять требованиям существующих нормативных документов (табл. 65). Режимы газовой сварки сталей приведены в табл. 66, 67.

Таблица 65

Выбор присадочной проволоки и номера флюса для газовой сварки углеродистых и легированных сталей

Марка свариваемой стали	Марка присадочной проволоки	Расход ацетилена на 1 мм толщины свариваемого материала, дм ³ /ч	Номер флюса
25, 30, 35, 40	Св08А, Св08ГА, Св10ГА, Св12ГС СВ08Г2С	75–100 для левой сварки	№ 1, № 2, № 3 (табл. 67)
20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА	Св08, Св08А, Св18ГСА, Св18ХГСА	70–75 для левой сварки	Без флюса
09Г2СД, 10ХСНД, 15ХСНД	Св08, Св08А, Св10Г2	90–120 для левой сварки; 120–150 для правой сварки	Без флюса

Таблица 66

Выбор режимов газовой сварки изделий из сталей с использованием ацетиленовой смеси

Толщина свариваемого металла, мм	Предварительный зазор стыка сварного соединения, мм	Угол скоса кромок	Расстояние между прихватками, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер наконечника горелки		Расход, дм ³ /ч	
					типа Г3	типа Г2	ацетилена	кислорода
От 0,3 до 0,6 вкл.	–	–	20–30	1,0	–	0	20–60	28–65
Св. 0,5÷1,5	–	–	20–30	1,5–2,0	1	1	50–125	55–135
1,0÷2,5	0,8–1,5	–	30–50	2,0–2,5	2	2	120–240	130–260
2,5÷4,0	1,5–2,5	60–65°	50–80	2,5–3,5	3	3	230–430	250–440
4,0÷7,0	2,5–4,0	70–90°	80–100	3,5–5,5	4	–	400–700	430–750
7,0÷10,0	3,0–6,0	70–90°	100–120	5,0–6,0	5	–	560–1100	740–1200

Примечание. Режимы сварки уточнять в каждом конкретном случае.

Таблица 67

Выбор режимов газовой сварки изделий из сталей с использованием пропан-бутановой смеси

Толщина свариваемого материала, мм	Величина зазора стыка, мм	Угол разделки кромок	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер наконечника горелок	Расход, дм ³ /ч	
					пропан-бутановой смеси	кислорода
От 0,5 до 1,0 вкл.	1,0–1,5	Без скоса кромок	1–1,5	1–2	30–90	105–315
Св. 1,0 до 2 вкл.	1,5–2,0		1,5–2	2–3	60–180	210–680
Св. 2,0 до 3 вкл.	2,0–3,0		2–2,5	3–4	120–270	420–950
Св. 3,0 до 5,0 вкл.	3,0–4,0	60–90°	2,5–4	4–5	180–540	630–1 900

Примечание. Давление рабочих газов при входе в горелку пропан-бутановой смеси 0,2–0,5 кгс/см² (0,02–0,05 МПа), кислорода 0,2–0,4 кгс/см² (0,02–0,04 МПа).

Флюсы для газовой сварки в соответствии с отраслевыми стандартами маркируют номерами. По номерам определяют компоненты флюсов, которые приведены в табл. 68.

Флюсы, применяемые при газовой сварке сталей

Наименование компонентов флюса	Номер флюса				
	1	2	3	4	5
	Химический состав, %, по массе				
Бура	100				
Калий углекислый		50			
Натрий двууглекислый		50			
Кислота борная			70	55	
Натрий углекислый			30		
Кремний двуокись				10	
Ферромарганец				10	10
Феррохром				10	
Ферротитан				5	10
Концентрат рутиловый				5	
Шпат плавиковый				5	
Мрамор					28
Фосфор красный тети чести					
Ферросилиций					6
Титан двуокись					20

При сварке пламенем большой мощности во избежание перегрева металла уменьшают угол наклона мундштука к основному металлу, а пламя преимущественно направляют на конец проволоки.

При сварке следует стремиться к одновременному расплавлению кромок шва и конца проволоки, чтобы капли расплавленного присадочного металла не попадали на недостаточно нагретую кромку основного металла. С целью уплотнения и повышения пластичности шва можно применять проковку. При сварке листов большой толщины, а также сварке ответственных изделий применяют термическую обработку сварного шва или изделия в целом.

При сварке сталей важное значение имеет чистота поверхности кромок, так как загрязнения вызывают в шве поры, непровар, шлаковые включения. Подготовка кромок должна соответствовать существующим стандартам (табл. 69).

Прихватку деталей под газовую сварку необходимо производить той же присадочной проволокой и тем же наконечником горелки, каким выполняется основная сварка. Расположение прихваток, их количество, длину устанавливают согласно существующим стандартам. Прихватки необходимо производить в местах наименьшей концентрации

напряжений. Не рекомендуется производить прихватку в острых углах, в местах резких переходов, на окружностях с малым радиусом.

Удовлетворительно свариваются газовой сваркой низколегированные строительные стали 10ХСНД и 15ХСНД. Данные о мощности наконечника и других необходимых параметрах режима сварки этих сталей представлены в табл. 65, 66 и 67. Для улучшения качества шва целесообразно проковать шов при температуре 800—850 °С с последующей нормализацией.

При ремонте паровых котлов и трубопроводов применяют газовую сварку низколегированных молибденовых теплоустойчивых сталей. Мощность при сварке этих сталей выбирают из расчета 100 дм³/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Сварочную проволоку применяют следующих марок: Св08ХНМ, Св10НМ, Св18ХМА, Св10ХМ. Сварку необходимо производить небольшими участками длиной 15—25 мм, поддерживая весь свариваемый участок нагретым до светло-красного каления.

Широко применяют низколегированные хромокремнемарганцовые стали (хромансилы) для изготовления нагревающих устройств и трубопроводов, работающих в области невысоких температур. При газовой сварке этих сталей выгорают легирующие элементы, что вызывает появление в шве включений окислов и шлаков. Для предупреждения этого явления сварку ведут нормальным пламенем, мощностью 75—100 дм³/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Рекомендуется применять низкоуглеродистую сварочную проволоку Св08 и Св08А или легированную Св18ХГСА и Св18ХМА. Сварку производят только в один слой. Большое значение для качества шва при сварке этих сталей имеют тщательная очистка и подгонка кромок, а также точное соблюдение зазора между ними, который, должен быть одинаковым по всей длине. Эти стали при резком охлаждении склонны к образованию трещин, поэтому горелку необходимо отводить медленно, подогревая конечный участок сварки. Сварку необходимо производить по возможности быстро, без перерывов и не останавливаясь.

Подготовка кромок при газовой сварке сталей

Вид соединения	Условное обозначение	Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм				
				подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения	<i>S</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>q</i>
Стыковое	C1	С отбортовкой двух кромок	Односторонний			От 0,5 до 2	—	—	От 3	До 8
	C2	Без скоса кромок				Св. 1,0 до 3,5	0,5–2,0	—	6–10	1–2,5
	C3		Двусторонний			Св. 3,5 до 5	1–2	—	7–8	1,5–2,0
	C4	Со скосом двух кромок	Односторонний			Св. 5 до 10	2–4	1,5–3,0	10–20	2,0–2,5
	C5	С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний			Св. 10 до 25	2–4	2–4	18–26	2–3
Угловое	У1	С отбортовкой одной кромки	Односторонний			От 1,0 до 4,0	0–2	—	5–12	—
	У2	Без скоса кромок				До 1,5 1,6–3,0	0,3–1 0,5–1,5	—	S+3	—
	У3	Со скосом кромок				Св. 3,0 до 5,0	0,8–1,5	1,0–1,1	10–12	1–2
Тавровое	T1	Без скоса кромок				До 1,5 Св. 1,6–3,0	0,3–1, 0,5–1,5	—	4–5 4–7	4–7 4–9
	T2	Со скосом одной кромки				Св. 3 до 5	0,8–1,5	1–2	12–14	5±2
Нахлесточное	H1	Без скоса кромок				До 2	—	—	3–8	—

Стали типа «хромансиль» после сварки подвергают закалке с последующим отпуском.

Контрольные вопросы:

1. Какими горючими газами можно пользоваться при сварке углеродистых сталей?
2. Как осуществляется выбор номера флюса?
3. Каким критерием пользуются при выборе сварочной проволоки?

4. В чем особенности сварки конструкционных строительных низколегированных сталей?

2. Сварка меди и ее сплавов

Медь обладает высокой теплопроводностью, поэтому к месту расплавления металла в процессе сварки необходимо подводить значительно больше тепла, чем при сварке сталей, а следовательно, для сварки меди требуется более мощное пламя. В этом случае неизбежен перегрев металла и укрупнение зерна в его структуре. Прочность резко уменьшается. Чем чище медь от всевозможных примесей и чем меньше она содержит кислорода в виде Cu_2O , тем лучше она сваривается. Основная трудность при газовой сварке меди заключается в том, что медь в расплавленном состоянии активно растворяет кислород и водород в процессе окисления образуется закись меди Cu_2O , которая располагается по границам зерен и делает медь хрупкой. Для уменьшения окисления меди при сварке применяют только восстановительное пламя.

Избыток ацетилена вызывает реакцию восстановления закиси меди водородом и окисью углерода, содержащихся в пламени. В результате чего в наплавленном металле образуются поры и трещины – это явление называется «водородной болезнью». Из-за высокой жидкотекучести меди сварку преимущественно выполняют в нижнем положении. Флюсы для сварки меди по номерам приведены в табл. 70.

Таблица 70









Флюсы, применяемые при газовой сварке меди

Наименование компонентов флюса	Номер флюса								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Химический состав %, по массе								
Бура	100	25	50	30	50	50	70	56	78
Кислота борная	–	75	50	50	35	–	10	–	4
Натрий хлористый	–	–	–	10	–	–	20	22	13
Натрий кислый фосфорнокислый	–	–	–	10	15	15	–	–	–
Песок кварцевый	–	–	–	–	–	15	–	22	–
калий углекислый	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Уголь древесный	–	–	–	–	–	20	–	–	–
Натрий двууглекислый	–		–	–	–	–	–	–	5

Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку изделий из меди и бронзы приведены в табл. 71.

Таблица 71

Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку меди и бронзы

Вид соединения	Условное обозначение	Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм				
				подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения	<i>S</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>q</i>
Стыковое	C1	С отбортовкой двух кромок	Одно-сторонний			До 2			3-6	1-2
	C2	Без скоса кромок				До 4	1-2		6-10	1-2
	C3	Со скосом двух кромок				Св. 4 до 10	1-2	2-3	10-25	1,5-2,0
	C4	С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний			Св. 10 до 25	1-2	2-3	20-30	2-3

Выбор присадочной проволоки, номера флюса и температуры подогрева осуществляется по данным табл. 72.

Таблица 72

Выбор присадочной проволоки и номера флюса для сварки меди

Марка свариваемого металла	Марка присадочной проволоки	Номер или марка флюса	Температура подогрева
M1	M1, M1p, M3p, Пор-1	1, 2,	Предварительный и сопутствующий 150-200 °С
M2	MНЖКТ-5-1-0,2-0,2	3, 4,	
M3		5	

При сварке меди и медных сплавов прихватки не применяют. Из-за высокой жидкотекучести меди зазор между кромками не оставляют и детали стараются плотнее припасовывать друг к другу. При толщине деталей свыше 3 мм кромки скашивают под углом 45°. Притупление кромок составляет 0,2 от толщины деталей. Кромки зачищают до металлического блеска или протравливают в растворе азотной кислоты с

последующей промывкой в воде. Для уменьшения окисления меди при сварке применяют восстановительное пламя, ядро которого держат почти под прямым углом к кромкам листов, на расстоянии 3—6 мм от поверхности сварочной ванны. Сварку ведут быстро, без перерывов. После сварки деталей толщиной до 4 мм швы проковываются без предварительного подогрева. При толщине деталей от 5 до 15 мм применяют подогрев до 500—600 °С с последующей проковкой. Выбор режимов газовой сварки для меди и ее сплавов (бронзы и латуни) осуществляется по табл. 73, 74.

Таблица 73

Режимы газовой сварки для бронзы

Толщина свариваемых деталей, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Номер наконечника	Расход, дм ³ /ч			
			ацетилена	кислорода	пропан-бутановой смеси	кислорода
До 1,5	1,6	2-3	150-225	180-250	90-140	315-490
Св. 1,6 до 2,5 вкл.	2,0	3-4	225-375	250-450	140-225	490-800
Св. 2,6 до 4,0 вкл.	3,0	4-5	375-700	450-850	225-420	800-1470
Св. 4,0 до 8,0 вкл.	4,0-5,0	5-6	700-1600	850-1960	420-960	1470-3360
Св. 8,0 до 15,0 вкл.	6,0	6-7	1600-3000	1960-3600	-	-

Таблица 74

Режимы газовой сварки для латуни

Толщина свариваемых деталей, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Номер наконечника	Расход, дм ³ /ч			
			ацетилена	кислорода	пропан-бутановой смеси	кислорода
До 0,5	-	1	30-90	40-130	20-50	200
Св. 1,0 до 1,0 вкл.	2,0	2-3	180-360	250-630	100-230	400-600
Св. 2,0 до 3,0 вкл.	3,0	4	350-580	600-810	215-350	600-1200
Св. 3,0 до 0,4 вкл.	4,0	4-5	580-920	810-1300	350-550	1200-2000
Св. 5,0 до 0,6 вкл.	5,0	5-6	790-1400	1100-1920	475-800	2000-3500
Св. 7,0 до 10,0 вкл.	9,0	7	1270-2 000	1780-2 800	-	-

Газовую сварку широко применяют для сварки латуни, так как она трудно сваривается электродуговой сваркой.

Главная трудность при сварке латуни состоит в том, что при 900 °С начинается активное испарение (выгорание) цинка. Швы получаются пористыми. Поры возникают и по причине поглощения жидким металлом водорода из сварочного пламени, так как водород не успевает выделиться при быстром охлаждении латуни и образует в шве газовые пузырьки. Пары цинка, попадая в газовые пузырьки и расширяясь в них, увеличивают их размеры, образуя крупные поры. Для уменьшения испарения цинка сварку латуни необходимо производить с избытком кислорода до 30 —40 %, т. е. на 1 м³ ацетилена подается 1,3—1,4 м³ кислорода. Для сварки наиболее распространенных латуней выбор присадочной проволоки и флюса осуществляется по табл. 75.

Таблица 75

Выбор присадочной проволоки и номера флюса для сварки латуни



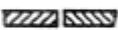





Марка свариваемого металла	Марка присадочной проволоки	Номер или марка флюса	Температура подогрева
Л62, Л68, Л70, Л80, Л96	Л62, ЛО60-1 ЛК62-0,5, ЛОК59-1-0,3	1, 2, 3, 4, 5, 6	500–550 °С предварительный при толщине детали более 5 мм

В качестве флюса можно применять одну буру, которую разводят водой и в виде пасты наносят кистью на свариваемые кромки. Для сварки всех видов латуни и большинства бронз можно применять любые горючие газы: ацетилен, пропан-бутановую смесь, природный газ.

Размеры конструктивных элементов подготовки кромок стыковых соединений под газовую сварку изделий из латуни приведены в табл. 76.

Таблица 76

Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку латуней

Вид соединения	Условное обозначение	Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм				
				подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения	S	b	C	e	q
Стыковое	C1	С отбортовкой двух кромок	Одно-сторонний			Св. 0,5 до 1,0	–	–	2–4	2–4
	C2	Без скоса кромок				Св. 1,0 до 6,0	0,5–2,0	–	4–12	1–2
	C3	Со скосом кромок				Св. 3,0 до 5,0	2,0–3,0	1–1,5	6–10	1–2
	C4	Со скосом двух кромок				Св. 6,0 до 15,0	1–2	1–1,5	10–25	2–3
	C5	С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний			Св. 15 до 25,0		2–4	15–30	2–3

В кромки металла перед сваркой латуни зачищают шкуркой, напильником или карцовочной щеткой до металлического блеска. Иногда применяют травление в 10%-ном растворе азотной кислоты с последующей промывкой в горячей воде и просушкой. Теплопроводность латуни выше, чем у стали, на 70 %, но применять мощное пламя нельзя из-за увеличения испарения цинка, поэтому мощность пламени выбирают такую же, как при сварке сталей 100–120 дм³/ч на 1 мм толщины детали. Для снижения испарения цинка и уменьшения поглощения водорода металлом конец ядра пламени держат от свариваемого металл на расстоянии, в 2–3 раза большем, чем при сварке сталей. Проволоку держат по углом 90° к оси мундштука. Периодически конец проволоки погружают во флюс или подсыпают его в сварочную ванну и на края шва. Сварку ведут по возможности быстро. Выбор режимов газовой сварки латуни осуществляется из данных табл. 74. После сварки латуни шов для повышения плотности и прочности иногда проковывают, иногда применяют проколотку или выглаживание неровностей шва «заподлицо». После этого производят отжиг при

температуре 600—650 °С с последующим медленным охлаждением вместе с печью для снятия наклепа и получения мелкозернистой структуры. При сварке латуней наилучшие результаты дает применение флюса БМ-1. При ремонте изделий из бронзы, при наплавке работающих на трение поверхностей деталей слоем антифрикционных бронзовых сплавов также применяют газовую сварку. Подготовка кромок и общие принципы технологии сварки сохраняются такими же, как при сварке меди или латуни. Выбор присадочной проволоки и флюса для наиболее широко применяемых бронз осуществляется по данным табл. 77. При газовой сварке оловянистых и кремнистых бронз применяют флюсы, состав которых приведен в табл. 70.

Таблица 76

Выбор присадочной проволоки и номера флюса для сварки бронз

Марка свариваемого металла	Марка присадочной проволоки	Номер или марка флюса	Температура подогрева
Бр О10Ц2	Бр ОЦ4-3	1, 2	400–500 °С предварительный подогрев литых бронз
Бр ОФ6-0,15			
Бр О5Ц5С5 Бр АЖ9-4 Бр АМц9-2	Бр ОФ6,5-0,15 Бр АЖМц-10-3-1,5 Бр АМц9-2	3, 4 АФ-4А	

Сварочное пламя должно иметь восстановительный характер, так как при окислительном пламени увеличивается выгорание из бронзы ее компонентов: олова, кремния и алюминия. При этом образующиеся окислы затрудняют сварку, шов получается пористым, с большим количеством шлаков в качестве присадочного материала применяют прутки или проволоку. Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку бронз приведены в табл. 71. Выбор режимов при сварке бронз осуществляется по данным табл. 73. Для раскисления металла в процессе сварки в присадочную проволоку вводят до 0,4 % кремния. Для защиты металла от окисления и удаления окислов в шлаки применяют флюсы тех же составов, что и при сварке меди и латуни. Для алюминиевых бронз применяют флюсы, содержащие хлористые и фтористые соединения натрия, бария, калия и лития. После сварки детали подвергают отжигу при температуре 750 °С, охлаждению

до 600° и дальнейшему охлаждению в воде. После сварки проковке подвергают только прокатную бронзу, но не литую.

Контрольные вопросы:

1. Каковы свойства меди, влияющие на процесс ее газовой сварки?
2. Каковы особенности газовой сварки меди?
3. Каковы особенности газовой сварки латуни?
4. Каковы особенности газовой сварки бронзы? За счет чего можно пополнять выгорающие элементы при газовой сварке цветных металлов и сплавов?

3. Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий и его сплавы относительно хорошо свариваются газовой сваркой. Особенность, которую следует учитывать при сварке алюминия, состоит в том, что поверхность алюминия и его сплавов покрыта очень тугоплавкой пленкой окиси алюминия Al_2O_3 (температура плавления выше 2060 °С), которую полностью удалить невозможно. В процессе сварки она мгновенно образуется на жидком металле и препятствует сплавлению частиц металла, ослабляя прочностные характеристики шва. Частично оксидную пленку удаляют с металла путем химического травления в процессе подготовки изделия под сварку, частично удаляют за счет применения флюсов. Газовую сварку алюминия целесообразно применять для деталей толщиной 1—5 мм. Сварка дает хорошие результаты при правильном выборе режимов и выборе флюсов, хорошо растворяющих окись алюминия. Состав флюсов для газовой сварки алюминия, алюминиевых сплавов и алюминиевых бронз приведен в табл. 78.

Таблица 78

Флюсы, применяемые при газовой сварке алюминия и его сплавов

Наименование компонентов флюса	Номер флюса				Марка флюса		
	1	2	3	4	ВАМИ	УН-1	АФ-4А
	Химический состав %, по массе						
Натрий хлористый	30	19	41	16	30	20	28
Калий хлористый	45	29	51	44	50	45	50
Литий хлористый	15	–	–	–	–	–	14
Барий хлористый	–	48	–	20	–	20	–
Натрий фтористый	–	–	8	20	–	15	8
Калий фтористый	7	–	–	–	–	–	–
Кальций фтористый	–	4	–	–	–	–	–
Натрий кислый сернокислый	3	–	–	–	–	–	–
Криолит	–	–	–	–	20	–	–

Размеры конструктивных элементов кромок сварных соединений под газовую сварку изделий из алюминия и алюминиевых сплавов определяются по данным из табл. 79. Особое значение имеет правильный выбор мощности пламени, так как пленка окиси алюминия полностью закрывает сварочную ванну и мешает сварщику контролировать начало расплавления металла. При мощном пламени этот момент может быть упущен и тогда в этом месте может возникнуть сквозное проплавление или провис целого участка шва, которые трудно поддаются исправлению. Присадочная проволока выбирается по данным табл. 80. Выбор режимов газовой сварки алюминия и алюминиевых сплавов осуществляется по табл. 81.

Таблица 79

Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку алюминия и его сплавов

Вид соединения	Условное обозначение	Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм				
				подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения	<i>S</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	<i>e</i>	<i>q</i>
Стыковое	C1	С отбортовкой двух кромок	Односторонний			От 0,5 до 2,0	–	–	6–10	1,0–2,5
	C2	Без скоса кромок				От 0,8 до 4,0	0–2	–	6–10	1,0–1,5
	C3	Со скосом двух кромок				От 4 до 10	2,5–4,0	1,5–3,0	14–20	1,5–2,0
	C4	Двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний			Св. 10 до 20	3,5–5,0	3,0–4,0	17–25	3–4
Угловое	У1	Без скоса кромок	Односторонний			До 1,5 Св. 1,5 до 3,0	0,3–0,5 0,5–1,0	–	2–5 4–7	–
	У2	Со скосом двух кромок				Св. 3,0 до 5,0 Св. 5,0	0,8–1,5 0,1–2,0	1,0–1,2 1,2–1,5	8–15 12–20	1+1
Тавровое	T1	Без скоса кромок				До 1,5 Св. 1,5 до 3,0	0,3–0,5 0,5–1,0	–	3–6 3–10	1+1
	T2	Со скосом одной кромки				Св. 3,0 до 5,0 Св. 5,0	0,8–1,5 0,1–2,0	–	5–12 12–16	5±3

Таблица 80

Выбор присадочной проволоки алюминия и его сплавов

Марка свариваемого металла	Марка присадочной проволоки
АД, АД1, АД0	Св АК5, Св А97
АМц	СвАМц
АМг2, АМг3, АМг4	Св АМг3, Св АМгб
АМг5	Св АМг5, Св АМгб
Амгб	Св АМгб, Св АМгб1
МВ, АД31, АД33	Св АК5, Св 1557
АЛ2, АЛ4, АЛ6	Св АК5

Выбор режимов газовой сварки алюминия и его сплавов

Толщина свариваемого материала, мм	Величина зазора, мм	Расстояние между прихватками, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход, дм ³ /ч			
				ацетилена	кислорода	пропан-бутановой смеси	кислорода
От 1,0 до 1,5 вкл.	0,5–1,0	20–30	1,5–2,5	50–125	55–135	90–120	250–350
Св. 1,6 до 3,0 вкл.	0,8–2,0	30–50	2,5–3,0	120–240	130–260	120–250	420–900
Св. 3,1 до 5,0 вкл.	1,8–3,0	50–80	3,0–4,0	200–400	250–440	250–600	900–1200
Св. 5,1 до 10,0 вкл.	2,5–4,0	80–120	4,0–6,0	400–700	430–750	600–1200	2100–4000
Св. 10,0 до 15,0 вкл.	3,5–5,0	120–210	6,0–8,0	700–1 200	740–1 400	1200–800	4500–5400

Все флюсы для сварки алюминия, особенно содержащие соединения лития, гигроскопичны. Они активно поглощают влагу, поэтому должны храниться в стеклянных, герметично закрывающихся банках, небольшими порциями, по фактическому расходу флюса на сварку. Оставшийся после сварки на изделии флюс вызывает коррозию шва, поэтому флюсы после сварки необходимо удалять промывкой изделий в горячей воде. Для создания защитной пленки на поверхности шва его промывают в течение 5 мин 5%-ным раствором азотной кислоты с добавлением 2%-ного хромпика. Удалять пленку окиси алюминия из сварочной ванны можно и без помощи флюса, пользуясь специальным скребком. Но в этом случае требуется большой навык, иначе можно не столько удалить пленку, сколько скомкать ее на поверхности шва и получить крупный дефект. Для сварки алюминия и его сплавов предусмотрено 12 марок присадочной проволоки диаметром от 1 до 12 мм. Проволока поставляется как в бухтах, так и в кассетах по установленным требованиям стандартов. Алюминий и его сплавы сваривают левой сваркой, восстановительным пламенем или с небольшим избытком ацетилена. Угол наклона мундштука к поверхности

металла должен быть не более 45°. Для закрепления кромок делают предварительную прихватку. Допускается легкая проковка шва в холодном состоянии. Литой алюминий сваривают участками по 50—60 мм с предварительным подогревом до 250 °С. После сварки для получения мелкозернистой структуры литые детали подвергают отжигу при 350 °С с последующим охлаждением.

Контрольные вопросы:

1. Какие трудности существуют при газовой сварке алюминия?
2. В чем сложность при выборе мощности пламени горелки при сварке алюминия?
3. Какова роль флюса при газовой сварке алюминия?
4. Расскажите об особенностях технологии сварки алюминия.

4. Пайка мягкими и твердыми припоями

Пайкой называется технологический процесс получения неразъемных соединений, выполняемый с применением припоя – проволоки из сплава, имеющего температуру плавления более низкую, чем температура плавления основного металла. В результате взаимодействия расплавленного при определенной температуре припоя с кромками основного металла и последующего остывания образуется спай. Кромки основного металла соединяются (спаиваются) вследствие эффекта смачивания их поверхностей, взаимного растворения и диффузии (проникновения) припоя и основного металла в зоне шва (спая). В связи с развитием современных ресурсосберегающих технологий процесс пайки находит широкое применение при изготовлении продукции машиностроения, приборостроения, электротехнической и электронной промышленности. По сравнению с другими методами получения неразъемных соединений (в том числе и по сравнению со сваркой) пайка имеет ряд преимуществ: простота выполнения операции, сохранение размеров и формы соединяемых деталей, сохранение неизменного химического состава и физико-механических свойств паяемых материалов. Кроме того, при пайке отпадает необходимость в последующей механической и термической

обработке, легче получаются соединения в труднодоступных местах и есть возможности для механизации и автоматизации процесса пайки. Процесс получения паяного соединения газопламенной горелкой состоит из нескольких стадий. Подготовка деталей перед пайкой аналогична подготовке под сварку. Перед предварительным нагревом для защиты металла от окисления на детали наносят флюс. При пайке применяют горелку, как правило, малой мощности. Состав пламени, присадочную проволоку и флюсы подбирают в зависимости от паяемого металла. Восстановительным пламенем производят пайку меди, бронз, латуни и различных сталей. Нейтральным пламенем паяют, как правило, сплавы цветных металлов специального назначения. Пламенем горелки осуществляют общий или местный нагрев до температуры пайки. Обычно температура пайки превышает температуру плавления припоя на 30—50 °С. Затем расплавляют припой, который смачивает соединяемые поверхности и заполняет зазор соединения. Исходя из условий образования соединения, припои должны удовлетворять следующим основным требованиям: иметь температуру плавления ниже температуры плавления паяемых материалов; хорошо смачивать поверхность соединяемых материалов, хорошо растекаться по ним и заполнять капиллярные зазоры; не вызывать в последующем химическую эрозию, не подвергаться старению; не изменять свои физико-механические свойства в процессе эксплуатации изделия. Припои классифицируют по следующим основным признакам: температуре плавления – особолегкоплавкие до 145 °С, легкоплавкие до 450 °С, среднеплавкие до 1100 °С, высокоплавкие до 1850 °С, тугоплавкие свыше 1850 °С; способу образования – готовые, образующиеся в процессе пайки; химическому составу (основному компоненту) – оловянные, медные, никелевые, марганцевые, железные, титановые, серебряные, золотые и т. д.; способности к флюсованию – флюсуемые и самофлюсующиеся; виду полуфабриката – листовые, ленточные, проволочные, порошковые и др. Выбор марки припоя и метода нанесения определяется конструкцией и требованиями, предъявляемыми к соединению. В настоящее время разработано большое количество всевозможных

припоев и флюсов. Различают два основных вида пайки: мягкими и твердыми припоями. Мягкие припои имеют невысокую механическую прочность и их плавление осуществляется при температуре до 400 °С. Прочность твердых припоев значительно выше, а температура плавления – свыше 550 °С. Пайку мягкими припоями применяют главным образом для получения плотного соединения деталей, не подверженных значительным нагрузкам. Широко известны припои оловянно-свинцовые (ПОС). Химический состав, температура плавления и примерное назначение некоторых мягких припоев приведены в табл. 82.

Таблица 82

Химический состав, температура плавления и примерное назначение некоторых мягких припоев

Марка	Химический состав, %, по массе					Температура плавления, °С	Примерное назначение
	Sn	Sb	Pb	Bi	Cd		
ПОС90	89–90	Не более 0,15	Остальное	Не более 0,1	–	222	Для пищевой промышленности и внутренних швов хозяйственной посуды
ПОС40	39–40	1,5–2,0	Остальное	Не более 0,1	–	235	Для радиаторов, электро- и радиоаппаратуры, физико-технических приборов
ПОС18	17–18	2,0–2,5	Остальное	Не более 0,1	–	277	Для изделий из цинка, оцинкованного железа, меди и ее сплавов, лужения подшипников
Легкоплавкий сплав	13	–	27	50	10	70	Для пайки изделий из легкоплавких металлов сплавов

При пайке железа мягким припоем применяют в качестве флюсов хлористый цинк $ZnCl_2$ или хлористый аммоний NH_4Cl (нашатырь). Эти флюсы, как все хлориды, ускоряют последующее ржавление и поэтому после пайки поверхность необходимо тщательно промыть. Для пайки меди и латуни часто применяют канифоль, а для пайки легкоплавких сплавов и металлов – стеарин; они хорошо растворяют оксидные пленки. Пайка твердыми припоями дает возможность получить соединение,

приближающееся по прочности к сварным, и поэтому широко применяется в производстве. Соединения могут быть внахлестку, встык или в «ус». Наиболее прочное соединение получается при пайке внахлестку. Подготовка кромок состоит в их точной подгонке, в обезжиривании горячей щелочью и в фиксации деталей, чтобы обеспечить заданный зазор. Чем меньше зазор, тем прочнее спай. Наиболее приемлемый и широко применяемый на практике зазор составляет 0,01—0,02 мм. Стальные детали обычно паяют электролитической медью. Кроме меди для пайки различных сталей и особенно сплавов цветных металлов применяют различные припои: медно-цинковые, медно-никелевые, серебряные, палладиевые, марганцевые, марганцово-никелевые, никелевые, германиевые, титановые, алюминиевые. Наиболее широко применяемые припои стандартизованы. Можно применять в качестве припоев латунь Л62 и Л68, силумины и др. Наиболее известные в практике припои приведены в табл. 83.

Таблица 83

Химический состав, температура плавления и назначение некоторых твердых припоев

Марка	Химический состав, %, по массе					Температура плавления, °С	Примерное назначение
	Cu	Zn	Ag	Si	Al		
ПМЦ36*	34–38	Остальное	–	–	–	825	Для пайки изделий из латуни с содержанием меди не более 68 %
ПМЦ48	46–50	Остальное	–	–	–	865	Для пайки медных сплавов, содержащих более 68 % меди
ПСр45**	30(0,5)	Остальное	45(0,5)	–	–	720	То же, что и ПМЦ48, но при более тонких работах, когда требуется высокая чистота места спая
ПСр72	28(0,5)	Остальное	72(0,5)	–	–	780	Для пайки проводников, когда место спая не должно резко уменьшать электропроводность
АЛ2 (силумин)	–	–	–	10–13	80–87	577	Для пайки алюминиевых изделий

* ПМЦ – припой медно-цинковый. ** ПСр – припой серебряный.

В качестве флюса при пайке твердыми припоями используют традиционную обезвоженную буру ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$). Широко известны флюсы ПВ200, ПВ201, ПВ209, ПВ284; для пайки алюминия применяется флюс типа З4А на основе щелочных и щелочноземельных металлов.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность пайки?
2. Какие преимущества пайки вы знаете?
3. Каким требованиям должны удовлетворять припои?
4. В чем сущность пайки мягкими припоями?
5. Какими достоинствами обладает пайка твердыми припоями?

Глава 6

КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

1. Сущность и основные условия резки

Кислородная резка стали основана на свойстве железа гореть в струе чистого кислорода, будучи нагретым до температуры, близкой к температуре плавления. Температура загорания железа в кислороде зависит от состояния, в котором оно находится. Например, железный порошок загорается при 315 °С, тонкое полосовое и листовое железо – при 930 °С, а поверхность крупного куска стали – при 1200— 1300 °С. Горение железа происходит с выделением тепла и резка может поддерживаться за счет теплоты сгорания железа. При резке нагревание производят газокислородным пламенем. В качестве горючих газов при резке используют ацетилен, пропан-бутан, пиролизный, природный, коксовый, городской газ, а также керосин. Кроме подогрева металла до температуры горения в кислороде, подогревающее пламя выполняет и некоторые дополнительные функции: подогревает переднюю кромку реза впереди струи режущего кислорода до температуры воспламенения, что обеспечивает непрерывность резки; вводит в зону реакции окисления дополнительное тепло; создает защитную оболочку вокруг режущей струи кислорода. Мощность пламени зависит от толщины и состава разрезаемой стали и температуры металла перед резкой. Металл нагревают на узком участке в начале реза, а затем на нагретое место направляют струю режущего кислорода, одновременно передвигая резак по размеченной линии реза. Металл сгорает по всей толщине листа, в котором образуется узкая щель. Интенсивное горение железа в кислороде происходит только в слоях, приграничных с поверхностью режущей струи кислорода, который проникает в металл на очень малую глубину. Чтобы ускорить процесс резки, желательно применить подогрев. Для заготовительной резки стали применяют чистый кислород (98,5—99,5 %). Скорость резки, толщина металла, расход ацетилена в подогревающем пламени и эффективная мощность пламени связаны между собой определенной зависимостью. Для процесса резки металла кислородом необходимы следующие условия: температура горения

металла в кислороде должна быть ниже температуры плавления, иначе металл будет плавиться и переходить в жидкое состояние до того, как начнется его горение в кислороде; образующиеся окислы металла должны плавиться при температуре более низкой, чем температура горения металла, и не быть слишком вязкими (в противном случае необходимо применять флюсы); количество тепла, выделяющееся при сгорании металла в кислороде, должно быть достаточным, чтобы обеспечить поддержание процесса резки; теплопроводность металла не должна быть высокой, иначе процесс резки может прерваться из-за интенсивного теплоотвода. Разрезаемость сталей при их резке ацетилено-кислородным пламенем условно подразделяется на 4 группы (табл. 84).

Таблица 84

Классификация сталей по разрезаемости их ацетилено-кислородным пламенем

Группа	Сз, в % эквивалент углерода	% углерода в марке стали	Марка стали	Условия резки
I	До 0,6	До 0,3	10-25; МСт 1-МСт 4; 15Г; 20Г; 10Г2; 15М; 15НМ 30-35;	Режутся хорошо в любых условиях и не требуют термообработки
II	0,61-0,8	До 0,5	30Г-40Г, 15Х; 20Х; 20ХФ и др. 30-35; 30Г-40Г; 15Х; 20Х; 20ХФ и др.	Режутся удовлетворительно. Летом – резка без подогрева. Зимой при резке больших сечений – подогрев до 120 °С
III	0,81-1,1	До 0,8	50-70; 50Г-70Г; 12М-35ХМ; 18ХГМ; 20ХГС и др.	Режутся ограниченно, склонны к закалке и трещинам при резке; резку ведут в горячем виде при температуре листа 200-300 °С
IV	Более 1,1	Более 0,8	25ХГС-50ХГС; 33ХС-40ХС; 40ХГМ; 50ХГА и др.	Режутся плохо, склонны давать трещины, требуют дополнительного подогрева до 300-450 °С и замедленного остывания после резки

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность и условия резки металла?
2. Какие функции выполняет подогревающее пламя?
3. Какие условия необходимы для процесса резки металла газокислородным пламенем?
4. Расскажите о разрезаемости сталей кислородом.

2. Резаки для ручной резки

Резаки можно классифицировать по следующим признакам: по виду резки – для разделительной, поверхностной, кислородно-флюсовой; по назначению – для ручной резки, механизированной резки, специальные; по роду горючего – для ацетилена, газов-заменителей, жидких горючих; по принципу действия – инжекторные, безынжекторные; по давлению кислорода – высокого, низкого; по конструкции мундштуков – щелевые, многосопловые. Наибольшее применение имеют универсальные инжекторные ручные резаки для разделительной резки со щелевыми мундштуками. Конструкция резака состоит из рукоятки, газоподводящих трубок, корпуса с вентилями и головкой, в которую ввертываются мундштуки. Применяются два основных типа мундштуков: с кольцевым подогревательным пламенем или щелевые и многосопловые. Щелевые мундштуки состоят из внутреннего и наружного мундштуков, которые ввертывают на резьбе в головку резака или присоединяют к ней накидной гайкой. По кольцевому зазору между наружным и внутренним мундштуками поступает горючая смесь подогревательного пламени. По центральному каналу внутреннего мундштука подается струя кислорода, в которой сгорает разрезаемый металл. Многосопловые мундштуки изготавливают цельными из одного куска металла или составными. Они имеют ряд каналов (сопел) диаметром 0,7–1,0 мм, расположены вокруг центрального канала для подачи режущей струи кислорода и крепятся к головке резака накидной гайкой. Многосопловые мундштуки применяют при работе на газах-заменителях: природном, нефтяном, коксовом и других газах, обладающих низкими скоростями горения. Эти мундштуки более трудоемки в изготовлении, чем щелевые, поэтому щелевые мундштуки нашли более широкое применение. В современных конструкциях резаков применяют самоцентрирующиеся щелевые мундштуки. Резаки, как правило, при резке устанавливают на опорную каретку с двумя роликами. Благодаря этому выдерживается постоянное расстояние от конца мундштука до поверхности металла и отпадает необходимость держать резак на весу во время работы. Давление

кислорода устанавливается в пределах 0,3—1,4 МПа (3—14 кгс/см²), давление ацетилена – в пределах 0,2—1 МПа (2—10 кгс/см²). Безынжекторные резаки объективно лучше по своим технологическим качествам, так как сопла их мундштуков не забиваются каплями расплавленного металла и шлака при резке. Перед началом работы следует проверить, плотны ли все соединения резака и есть ли разрежение в ацетиленовом канале инжекторного резака. При зажигании подогревающего пламени слегка открывают вентиль подогревающего кислорода, затем открывают вентиль ацетилена. Когда в ацетиленовом канале создается разрежение, зажигают горючую смесь у выходного отверстия мундштука и регулируют пламя кислородным и ацетиленовым вентилями. Ядро должно иметь правильную, очерченную форму. Если при зажигании смеси и пуске режущей струи кислорода последняя находится не в центре, то это указывает на неправильную посадку внутреннего мундштука в головке; в этом случае необходимо выправить мундштук. Причиной неправильной формы подогревающего пламени являются также заусенцы, царапины, забоины на кромках мундштуков. Эти дефекты следует исправлять перешлифовкой кромок мундштуков и калибровкой каналов. Если резак при зажигании смеси начинает давать хлопки, значит, имеется пропуск режущего кислорода в месте посадки внутреннего мундштука в головку. В этом случае необходимо притереть место посадки. Для определения плотности соединений в головку ввертывают мундштук с заглушенным выходным отверстием для кислорода, резак погружают в воду и в каналы подают кислород или воздух под давлением 1 МПа (10 кгс/см²) через шланг, надетый на кислородный ниппель. Наличие пропусков проявится при выделении пузырьков. Для раскроя металла и правки конструкций в условиях монтажа применяются керосинорезы, так как они менее взрывоопасны.

Керосин подается в резак под давлением 0,05—0,2 МПа (0,5—2 кгс/см²) из бачка емкостью 5 дм³, снабженного ручным воздушным насосом, манометром и запорным вентиляем.

Контрольные вопросы:

1. Какие резакИ применяются для ручной резки металла?
2. В чем различие щелевых мундштуков и многосопловых?
3. Каков порядок обращения с резаками при подготовке их к работе?
4. Расскажите основные правила обращения с керосинорезом.
5. Какие неисправности встречаются чаще всего в резаках керосинорезов?

Глава 7

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ И РЕЗКЕ

1. Правила обращения с оборудованием и аппаратурой

При работе с ацетиленовыми генераторами прежде всего следует учитывать взрывоопасность смеси ацетилена с воздухом. Исходя из этого условия необходимо строго соблюдать следующие требования безопасности. К обслуживанию ацетиленовых генераторов допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, знающие устройство и работу генератора. Генератор предназначен для работы на открытом воздухе. Для временных сварочных работ допускается устанавливать аппарат в жилых и производственных помещениях объемом не менее 300 м³. Генератор необходимо устанавливать на расстоянии не менее 10 м от места работы горелки или резака, а также от любого другого источника пламени или нагреваемых приборов. Для вскрытия барабанов с карбидом кальция нельзя применять обычные слесарные инструменты (молоток, зубило, ножи), так как при работе с ними может возникнуть искра. Допускается пользоваться омедненным инструментом или изготовленным из сплавов меди. Барабан разрешается вскрывать на открытом воздухе под навесом. Для хранения карбида кальция следует пользоваться герметически закрывающимися емкостями.

Запрещается:

загружать карбид кальция в мокрые ящики или корзины; применять карбид тех грануляций, которые не указаны в эксплуатационной характеристике генератора; пользоваться удлиненными рукоятками винта для увеличения усилия при уплотнении крышки генератора; работать от генераторов без предохранительных затворов. При работе генераторов необходимо постоянно следить за тем, чтобы не было утечки газа из кранов, пробок и других соединений. Запрещается оставлять работающий генератор без надзора. Прежде чем подойти к работающему генератору, необходимо убедиться, не тлеют ли рукавицы или спецодежда. При неисправной работе генератора запрещается открывать крышку и вынимать корзину с горячим, неразложившимся карбидом. Это можно будет сделать только после

остывания генератора по истечении 2—3 ч и выпуска газа через горелку или резак. После окончания работы генератор необходимо разгрузить. Очистку корзины и корпуса от ила необходимо производить только скребками из цветных металлов или сплавов. Карбидный ил необходимо выносить в специально отведенные для него ямы или специальные ящики. Генератор после очистки должен быть установлен в такое место, чтобы исключить доступ к нему посторонних лиц. При выполнении газосварочных работ приходится иметь дело с баллонами со сжатыми, сжиженными и растворенными газами. В процессе эксплуатации этих баллонов во избежание взрывов следует соблюдать крайнюю осторожность. Наиболее частыми причинами взрывов баллонов являются механические удары. Опасность взрыва возникает также при нагреве баллонов до высокой температуры, вследствие того что внутри баллонов возрастает давление газа.

При эксплуатации баллонов необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

1. Не допускать падения баллонов, а также ударов их друг о друга или с различными предметами.

2. Тщательно закреплять баллоны на рабочем месте, чтобы они случайно не упали.

3. Хранить баллоны следует в вертикальном положении, с плотно навинченными предохранительными колпаками, вентилями вверх. Для хранения баллонов должны быть оборудованы специальные гнезда или клетки с барьерами, которые предохраняют баллоны от падения.



Рис. 111. Носилки для переноски одного баллона к месту работы

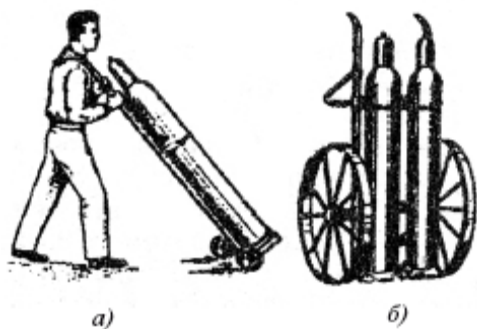


Рис. 110. Тележки для транспортировки баллонов: а – для перевозки одного баллона к месту работы; б – для перевозки двух баллонов

4. Устанавливать баллоны следует на расстоянии не менее 5 м от очагов с открытым огнем. В летнее время их необходимо защищать от нагрева солнечными лучами.

5. Перемещать баллоны на небольшие расстояния разрешается путем перекачивания в слегка наклоненном положении, переносить баллоны на руках или на плечах запрещается.

6. Перемещать баллоны из одного помещения в другое только на специальных ручных тележках (рис. 110) или на специальных носилках (рис. 111).

7. Отбор газа из баллона следует производить через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет.

8. Перед присоединением редуктора необходимо продуть штуцер вентиля, на короткое время открыв баллон поворотом маховичка на 0,5 оборота; при этом нельзя находиться напротив штуцера вентиля (рис. 112), а также пробовать струю газа рукой.

9. Открывать вентиль баллона рекомендуется плавно, без рывков. Если открыть вентиль от руки не удастся, следует пользоваться специальным ключом. Неоткрывшиеся баллоны следует сдавать на склад, предварительно прикрепив к ним этикетки с надписью «Неисправен». Закрывать вентиль при помощи ключа не рекомендуется.

10. Если редукторы и вентили баллонов замерзли, их следует отогревать смоченной в горячей воде ветошью. Открытым пламенем отогревать редукторы и вентили категорически запрещается.

11. Особая осторожность требуется при эксплуатации кислородных баллонов. Необходимо защищать их от загрязнений и всегда помнить, что в струе кислорода горят многие вещества (включая некоторые металлы), а легковоспламеняющиеся жидкости, масла, жиры, нефть и т. д. горят или воспламеняются со взрывом, поэтому спецодежда сварщика или помощника должна быть чистой, на руках и на инструменте не должно быть даже следов масел и жиров.

12. При воспламенении кислородного вентиля или какой-либо части заградительного приспособления необходимо немедленно перекрыть кислородный вентиль, после чего тушить огонь при помощи огнетушителя и песка.

В процессе работы с аппаратурой для газовой сварки необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

1. Перед началом работы сварочная горелка или резак должны быть проверены на исправность работы и герметичность.

2. При зажигании пламени необходимо сначала открывать кислородный вентиль, а затем – ацетиленовый.

3. При гашении пламени необходимо первым закрывать ацетиленовый вентиль, а затем кислородный.

4. Шланги следует предохранять от попадания на них искр, огня, раскаленных или тяжелых предметов. Нельзя допускать перегибов и загрязнений шлангов масляными или жирными веществами. Сварку и резку необходимо производить обязательно в специальных очках с защитными светофильтрами, выбираемыми в зависимости от мощности пламени. Для газовой сварки используются I очки шоферского типа с защитными светофильтрами марок Г-1; Г-2; Г-3. Все сварочные работы следует производить только в спецодежде.

При работе с керосинорезом необходимо соблюдать ряд следующих требований безопасности:

1. Давление в бачке с керосином не должно быть выше давления кислорода после редуктора.

2. При перерывах в работе необходимо плотно закрывать вентиль подачи керосина в испаритель и вентиль для подогревающего кислорода, а резак керосинореза класть головкой вниз.

3. Для защиты кислородного шланга от обратных ударов пламени требуется применять предохранительный клапан, который устанавливается на кислородном ниппеле керосинореза.

4. Перед подкачкой воздуха в бачок следует открыть вентиль на пол-оборота. При этом вентили резака на линиях керосина и кислорода должны быть перекрыты, а инжектор керосинореза открыт. Зажигать пламя следует только убедившись в исправности резака. Сначала пускается горючее, затем подогревающий кислород, зажигается пламя; только после прогрева испарителя пускают режущий кислород.

5. Запрещается работать резаком с перегретым испарителем.

6. При прекращении работы сначала необходимо закрыть вентиль режущего кислорода, затем вентиль горючего газа, затем вентиль подогревающего кислорода. И только после этого открывают спускной кран на бачке для снижения давления в нем до атмосферного.

7. Для устранения хлопков пламени необходимо увеличить поступление в резак горючего и кислорода или прочистить мундштук, прекратив работу.

8. При обратном ударе пламени необходимо немедленно закрыть сначала вентиль подачи кислорода на резаке, затем перекрыть подачу кислорода от баллона, после чего закрыть вентиль подачи горючего на резаке и бачке.

9. При засорении сопла необходимо прекратить работу, вывернуть сопло из головки резака и прочистить канал медной проволокой.

10. Необходимо прочищать испаритель резака не реже 1 раза в неделю, промывая асбестовую оплетку в горячей воде.

11. Применять керосин как горючее целесообразно при окружающей температуре не ниже -15°C и резке стали толщиной не более 200 мм. При более низких температурах окружающего воздуха и необходимости резать сталь большей толщины в качестве горючего можно использовать бензин А-66, соблюдая повышенные меры

предосторожности. Резак в этом случае должен иметь мундштуки, рассчитанные для работы на бензине. Следует помнить, что применение этилированного бензина запрещается.

12. Запрещается подходить с зажженным резаком к бачку с горючим.

13. Токоведущие провода следует располагать не ближе 3 м от места резки и открытого огня.

Контрольные вопросы:

1. В каких помещениях допускается устанавливать ацетиленовый генератор при газосварочных работах?

2. Какими инструментами разрешается вскрывать барабаны с карбидом кальция?

3. Почему запрещается работать от генераторов без предохранительных затворов?

4. По истечении какого времени и при каком условии разрешается вскрывать неисправный заряженный генератор? . Какими инструментами разрешается производить очистку генератора после работы?

6. Какой порядок закрывания вентилях при зажигании пламени и гашении пламени?

7. Как необходимо обращаться с керосинорезом при перерывах в работе?

8. В каком порядке необходимо открывать вентили на керосинорезе перед зажиганием пламени?

9. Какой порядок закрывания вентилях керосинореза при обратном ударе?

10. При какой температуре окружающего воздуха можно работать керосинорезом?

2. Противопожарные мероприятия

Для предупреждения пожаров необходимо соблюдать следующие противопожарные мероприятия. Постоянно следить за наличием и исправным состоянием противопожарных средств (огнетушителей,

ящиков с сухим песком, лопат, пожарных рукавов, асбестовых покрывал и т. д.). Нельзя хранить вблизи от места сварки легковоспламеняющиеся или огнеопасные материалы (паклю, ветошь, бензин, керосин, различные краски и растворители).

Пламя горелки или резака нельзя направлять в сторону газопитателя. Не разрешается перемещение рабочего с зажженной горелкой или резаком за пределами рабочего места. При перерывах в работе пламя горелки или резака должно гаситься, а вентили плотно закрываться. Заправка жидким горючим бачка керосинореза должна производиться в специальном помещении, надежно оборудованном и безопасном в пожарном отношении. При работе с керосинорезом бачок должен быть расположен так, чтобы на него не попадали искры. После окончания сварочных работ необходимо выключить электрические установки, перекрыть подачу газов и убедиться в отсутствии горящих или тлеющих предметов. При тушении горящих нефтепродуктов, помещений с карбидом кальция, электрических установок запрещается применять воду и пенные огнетушители. В этих случаях необходимо применять только углекислотные огнетушители или сухие порошковые огнетушители.

Контрольные вопросы:

1. Какой противопожарный инвентарь должен быть в установленном месте для обеспечения пожаробезопасных мероприятий при производстве сварочных работ?
2. Как следует обращаться с горелкой или резаком в пределах рабочего места?
3. В каком помещении следует заправлять бачок керосинореза?
4. Какими средствами пожаротушения следует пользоваться при тушении очагов загорания, где имеются электроустановки, нефтепродукты и карбид кальция?

Раздел четвертый

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Глава 1

Наиболее распространенные виды дефектов в сварных швах

Надежность эксплуатации сварных соединений зависит от их соответствия нормативно-технической документации, которая регламентирует конструктивные размеры и форму готовых сварных швов, прочность, пластичность, коррозионную стойкость и свойства сварных соединений. Сварные соединения, выполненные в производственных условиях, могут иметь отступления от заданных размеров, формы и свойств. В процессе эксплуатации изделий эти отступления могут привести к разрушению сварных швов и даже всей конструкции. Каждое такое несоответствие требованиям, установленным нормативной документацией, называется «дефектом». Задача контроля сварки заключается в выявлении причин возникновения дефектов и разработке мероприятий, направленных на устранение этих причин. Наиболее часто встречающиеся типы дефектов сварных соединений можно условно разделить на четыре группы: по их расположению – наружные, внутренние и сквозные; по форме – компактные и протяженные, плоские и объемные, острые и округлые; по размерам – мелкие, средние и крупные; по количеству – единичные и групповые. К наружным дефектам относятся нарушения формы, размеров и внешнего вида швов: неравномерная ширина шва по длине, неравномерная высота шва, неравномерные катеты угловых швов, подрезы, наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, свищи. Подрезы – это дефекты сварного соединения, представляющие собой местные уменьшения толщины основного металла в виде продольных канавок. Подрезы относятся к наиболее часто встречающимся дефектам, чаще всего они образуются при сварке угловых швов в случае смещения электрода или при несколько завышенном напряжении дуги. Одна из кромок проплавляется глубже, жидкий металл стекает на горизонтально расположенную деталь и его не хватает для заполнения канавки. Обычно при повышенном напряжении дуги и завышенной скорости сварки на стыковых

соединениях образуются двусторонние подрезы. Такие же дефекты могут образовываться в случае увеличения угла разделки при механизированной и автоматической сварке. Односторонние подрезы всегда образуются при сварке горизонтальных швов на вертикальной плоскости. Подрезы выявляют внешним осмотром, и если их глубина и протяженность превышают допустимые нормы, то эти дефекты зачищают и заваривают. Наплывы – дефекты сварного соединения, получающиеся, когда жидкий металл шва натекает (наплывает) на основной металл, но с ним не сплавляется. Чаще всего наплывы образуются при заниженном напряжении дуги, наличии на свариваемых кромках толстого слоя окислы, излишнего количества присадочного металла, который в расплавленном состоянии не уместается в разделке кромок или в зазоре. При сварке кольцевых поворотных стыковых швов появление наплывов вызывается неправильным расположением электрода относительно оси шва. Наплывы не имеют большой ширины, но вдоль шва в некоторых случаях располагаются по всей длине. Прожоги – дефекты, которые заключаются в том, что жидкий металл сварочной ванны вытекает через сквозное отверстие в шве с образованием ярко выраженного углубления или отверстия. Первопричиной появления прожогов является завышенный сварочный ток или внезапная остановка сварочного автомата. Кроме этого следует учитывать и другие причины: неоправданно увеличенный зазор между кромками, недостаточная толщина подкладки или неплотное прилегание ее к основному металлу вдоль кромок. При сварке поворотных кольцевых швов появлению прожогов способствует смещение электрода в сторону вращения изделия, что вызывает отекание жидкого металла из-под конца электрода и более активное прожигающее воздействие дуги. Дефектные места должны быть зачищены и заварены. Кратеры – это дефекты сварных швов. В местах неправильного обрыва дуги образуется углубление, в котором могут быть усадочные рыхлости, приводящие к образованию трещин. Поэтому эти дефекты чаще всего вырубают, зачищают и заваривают. При механизированных и автоматизированных процессах сварки применяют выводные планки, на которых начинают

или заканчивают швы. После сварки эти выводные планки вместе с кратерами удаляются. При правильной настройке автомата кратеры завариваются автоматически за счет плавного снижения сварочного тока. Свищи – дефекты, которые образуются из канальных пор в виде полостей, выходящих на поверхность. Все основные виды наружных дефектов показаны на рис. 113. Образование внутренних дефектов при сварке связано с металлургическими, термическими и гидродинамическими явлениями, происходящими при формировании сварного шва. К внутренним дефектам относятся трещины (горячие и холодные), непровары, поры, шлаковые включения, вольфрамовые и оксидные.

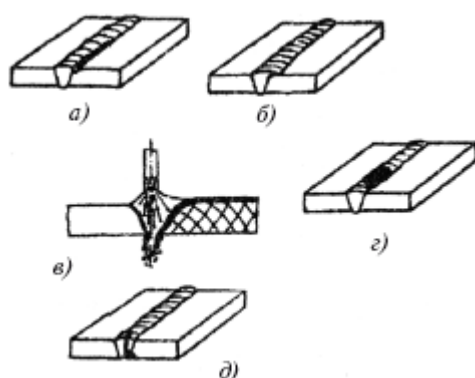


Рис. 113. Наружные дефекты сварных швов, выявляемые внешним осмотром: а – подрез; б – наплыв; в – прожог; г – незаваренный кратер; д – свищ

Трещины – это дефекты сварных швов, представляющие собой макроскопические и микроскопические межкристаллические разрушения, образующие полости с очень малым начальным раскрытием. Под действием остаточных или последующих рабочих напряжений трещины могут распространяться с большой скоростью (соизмеримой со скоростью звука). Разрушения происходят почти мгновенно и представляют собой большую опасность целостности всей конструкции. Различают холодные и горячие трещины в зависимости от температуры, при которой происходит их возникновение. Горячие трещины представляют собой разрушения кристаллизующегося металла, происходящие в жидких прослойках вокруг зерен под действием растягивающих напряжений. Эти напряжения появляются вследствие

несвободной усадки металла шва и примыкающих к нему неравномерно нагретых участков основного металла. Образование горячих трещин связано с совокупным действием двух факторов. Во-первых, по мере кристаллизации сокращается количество жидкой фазы, что приводит к уменьшению деформационной способности сплава. Во-вторых, в температурном интервале хрупкости пластические свойства сплавов наиболее низкие. Кристаллизационные (горячие) трещины образуются, если пластическая деформация за время пребывания металла в температурном интервале хрупкости превзойдет запас пластичности его в этом интервале температур. Именно поэтому характерным для горячих трещин является межкристаллитный вид разрушения, развивающегося по границам зерен при наличии между ними жидкой прослойки или за счет межзеренного проскальзывания, происходящего при повышенных температурах после окончания процесса кристаллизации. Горячие трещины возникают как в металле шва (чаще), так и в зоне термического влияния. Они бывают продольными, поперечными, продольными с поперечными ответвлениями, могут выходить на поверхность шва или оставаться скрытыми. Вероятность образования горячих трещин зависит от химического состава металла шва, скорости нарастания и величины растягивающих деформаций и напряжений, формы сварочной ванны и шва, размера первичных кристаллов. Вероятность появления трещин увеличивается с повышением содержания в металле шва углерода, кремния, никеля и особенно вредных примесей серы и фосфора. Заметно снижают возможность образования горячих трещин в сварном шве марганец, хром и отчасти кислород. Для снижения величины и скорости нарастания растягивающих напряжений, в процессе сварки применяют порошкообразный присадочный металл в виде крупки (ППМ). Снижение жесткости закрепления узлов в процессе сварки и применение предварительного подогрева также частично снижают напряжения. Холодные трещины образуются в большинстве случаев в зоне термического влияния, реже в металле шва сварных соединений средне-легированных и высоколегированных сталей. Появление холодных

трещин объясняется действием многих причин. Одна из них – влияние высоких внутренних напряжений, возникающих в связи с объемным эффектом при структурных превращениях, происходящих в условиях снижения пластичности металла. Поэтому холодные трещины наблюдаются как при температурах 120 °С и ниже, так и при комнатной температуре через несколько минут после окончания сварки, а иногда и через несколько часов. Высокие внутренние напряжения могут также развиваться вследствие присутствия водорода в металле и на поверхностях внутренних дефектов, накопления его в микронесплошностях. На рис. 114 приведены наиболее характерные трещины. Непровары – это участки сварного соединения, где отсутствует сплавление между свариваемыми деталями, например, в корне шва, между основным и наплавленным металлом (по кромке) или между смежными слоями наплавленного металла. Поверхности непроваров обычно покрыты тонкими оксидными пленками и другими загрязнениями. Чаще всего непровары заполняются расплавленным шлаком. Непровары уменьшают рабочее сечение сварного шва, что приводит к снижению работоспособности сварного соединения и узла в целом. Они являются концентраторами напряжений и могут вызвать появление трещин, уменьшить коррозионную стойкость сварного шва и привести к коррозионному растрескиванию.

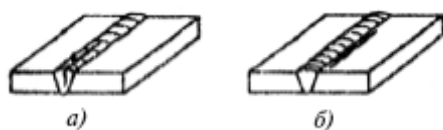


Рис. 114. Трещины в сварном шве и околошовной зоне: а – продольная горячая трещина; б – холодная трещина в околошовной зоне

Непровары могут быть вызваны: малым углом раскрытия кромок; малым зазором; большим притуплением нижних кромок деталей и при заниженном сварочном токе; большой скоростью сварки; смещением электрода от оси шва (особенно при сварке двухсторонних швов); плохой зачисткой от шлака перед наложением последующих слоев шва; излишним количеством ППМ при заниженном сварочном токе и большой скорости сварки; низкой квалификацией сварщика. Непровары не всегда

удается определить внешним осмотром, но это очень опасный дефект в сварном шве. Следует помнить, что при наличии непроваров могут возникать незначительные трещины в процессе эксплуатации изделия. Эти трещины порой очень трудно обнаружить, но трещины постепенно разрастаются и доходят до критического размера – в следующее мгновение происходит разрушение узла. Поры – это полости в металле шва, заполненные газами. Обычно поры имеют округлую форму, в углеродистых сталях встречаются поры, имеющие трубчатую форму. Они возникают в жидком металле шва из-за интенсивного газообразования, при котором не все газовые пузырьки успевают подняться на поверхность металла и выйти в атмосферу. Размеры остающихся в металле пор колеблются от микроскопических, до 2—3 мм в диаметре. В результате диффузии газов (ив первую очередь водорода) поры могут увеличиваться в размерах. В этом случае образуются раковины или свищи, выходящие на поверхность. Кроме одиночных пор в сварных швах появляются цепочки или отдельные скопления пор. К основным причинам, вызывающим появление пор, относятся: плохая зачистка свариваемых кромок от ржавчины, масел и различных загрязнений; повышенное содержание углерода в основном и присадочном металле; большая скорость сварки, при которой не успевает произойти нормальное газовыделение и поры остаются в металле шва; высокая влажность электродных покрытий, флюса, сварка при сырой, влажной погоде. Шлаковые включения – это полости в металле сварного шва, заполненные шлаками, не успевшими всплыть на поверхность шва. Шлаковые включения образуются при завышенной скорости сварки, при загрязнении кромок деталей и при многослойной сварке, если плохо зачищены от шлака поверхности предыдущих швов, особенно между слоями. Размеры шлаковых включений могут достигать нескольких десятков миллиметров по длине шва. Форма их может быть весьма разнообразной, поэтому эти дефекты более опасны, чем поры. Некоторые виды дефектов приведены на рис. 115—117.

Вольфрамовые включения появляются в металле шва при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, например, при сварке

алюминиевых сплавов, в которых вольфрам не растворим. Частицы вольфрама попадают в шве вследствие нарушений режима сварки, они погружаются в расплавленную ванну из-за большей плотности. На рентгеновских снимках вольфрамовые включения выглядят светлыми пятнами неправильной формы и располагаются изолированно или группами. Окисные включения могут возникать в металле сварных швов, если они труднорастворимы (например, Al_2O_3) и металл шва очень быстро охлаждается. Оксидные включения располагаются в виде раздробленных пленок и образуют несплошности металла шва. Резко снижаются механические свойства шва, даже больше, чем при порах и шлаковых включениях, так как плотность оксидных пленок выше, чем у алюминия; они проникают внутрь шва через расплавленную ванну.

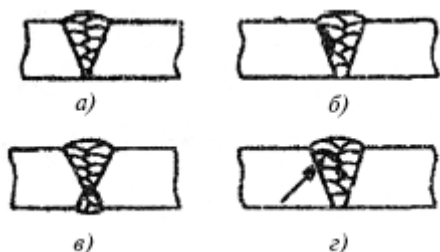


Рис. 115. Непровары в сварном шве: а – в корне одностороннего стыкового шва; б – по кромке между основным и наплавленным металлом; в – в корне двустороннего шва; г – между слоями сварного шва



Рис. 116. Расположение пор по сечению сварного шва



Рис. 117. Расположение шлаковых включений по сечению сварного шва

Контрольные вопросы:

1. От каких основных факторов зависит надежность сварных соединений в процессе эксплуатации?

2. По каким группам подразделяются дефекты?
3. Перечислите наружные дефекты.
4. Охарактеризуйте дефект подреза. Чем отличаются наплывы от подрезов?
5. Охарактеризуйте влияние прожогов и кратеров на качество сварного шва.
6. Каковы причины появления свищей?
7. В чем причины появления горячих трещин?
8. Расскажите о причинах появления холодных трещин.
9. Каковы причины появления непроваров и их характеристика?
10. Объясните причины появления пор и шлаковых включений.
11. В чем особенности влияния на прочность сварного шва оксидных пленок?

Глава 2

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Методы контроля качества сварных соединений могут быть разделены на две основные группы: методы контроля без разрушения образцов или изделий – неразрушающий контроль; методы контроля с разрушением образцов или производственных стыков – разрушающий контроль. Обе группы методов контроля регламентируются соответствующими стандартами. Группа методов контроля, объединенная общими физическими характеристиками, составляет вид контроля. Все виды неразрушающего контроля классифицируются по следующим основным признакам: по характеру физических полей или излучений, взаимодействующих с контролируемым объектом; по характеру аналогичных взаимодействий веществ с контролируемым объектом; по различным видам информации о качестве контролируемого объекта. Существуют десять видов неразрушающего контроля: акустический, капиллярный, магнитный, оптический, радиационный, радиоволновой, тепловой, течеисканием, электрический, электромагнитный. Для контроля качества сварных соединений могут быть применены все перечисленные виды, однако наиболее широкое применение на практике нашли методы: акустический, капиллярный, магнитный, радиационный и течеисканием. Каждый вид контроля имеет свою оптимальную область применения, отличается определенными достоинствами и недостатками. Поэтому наиболее полную информацию о качестве изделия или сварного шва можно получить только при сочетании различных видов контроля. Наиболее распространенным видом неразрушающего контроля является внешний осмотр и обмер сварных швов, который имеет существенное значение для получения качественных сварных конструкций. Широкое применение получил радиационный вид контроля, осуществляемый с помощью рентгеновского и гамма-излучений, которые проникают через контролируемый объект и изменяют интенсивность излучения в местах наличия дефектов. Это изменение регистрируется на рентгеновской пленке или на пластине (радиографический метод). Радиационные

методы позволяют выявить скрытые внутренние дефекты в стыковых швах практически любых материалов. Невозможно обнаружить дефекты только в угловых швах. Из акустических методов контроля наибольшее распространение, получила ультразвуковая дефектоскопия. Хорошо обнаруживаются дефекты с малым раскрытием, типа трещин, газовых пор и шлаковых включений, в том числе и те, которые невозможно определить радиационной дефектоскопией. Среди магнитных методов контроля следует отметить магнитографический и магнитопорошковый. Наибольшее распространение имеет магнитопорошковый метод, так как он позволяет визуально наблюдать расположение ферромагнитного порошка вокруг дефекта. Однако этот метод применим только для контроля ферромагнитных материалов (углеродистые стали). В капиллярном виде контроля используют движение индикаторного вещества, т. е. проникновение индикатора по микропорам и микротрещинам вглубь дефектов как бы по капиллярам. После нанесения индикаторов на поверхность шва и выдержки излишний индикатор удаляют. Оставшийся в дефектах индикатор под воздействием облучения начинает высвечиваться, и тем самым обнаруживаются дефекты сварного шва. При контроле течеисканием также используют движение контрольного вещества для обнаружения течей – сквозных несплошностей в сварных соединениях. С помощью этого вида контроля проверяют герметичность свариваемого изделия. Как правило, это сосуды и трубопроводы, работающие под давлением. Он основан на регистрации специальными приборами или счетчиками утечки индикаторных жидкостей или газов через сквозные дефекты в сварных швах. Контроль герметичности течеисканием может быть применен для любых материалов любой толщины. К основным методам контроля относятся: пневматический, гидравлический, керосиновый, галоидный, химический и люминесцентно-гидравлический. Выбор метода контроля связан с определением возможностей различных методов выявить опасные для работы данного сварного соединения дефекты, их производительностью и стоимостью. Из всего многообразия методов и видов контроля представляется необходимым подробно рассмотреть

только основные, широко применяемые в производственных условиях. Осмотр и обмер готового сварного изделия является первым и наиболее важным этапом приемочного контроля. Прежде всего осматривают все сварные швы и поверхность изделий в зонах термического влияния. Внешний осмотр позволяет обнаружить такие наружные дефекты, как подрезы, незаваренные кратеры, выходящие на поверхность трещины, непровары, наплывы и т. д. При осмотре предварительно очищенной от шлака и брызг поверхности швов и околошовных зон применяют лупы и при необходимости – дополнительное местное освещение. Размеры швов – ширину, выпуклость, плавность перехода шва к основному металлу, катет шва – проверяют с помощью специальных приборов или шаблонов. Из наиболее известных и широко применяемых методов неразрушающего контроля следует кратко описать гидравлические и пневматические испытания, рентген-контроль, испытание керосином. Гидравлическим испытаниям подвергают трубопроводы, резервуары, технологические аппараты и другие объекты с целью проверки плотности и прочности сварных швов. Гидравлические испытания регламентируются стандартом, который предусматривает осуществление их тремя способами: гидравлическим давлением, наливом воды и поливом водой. При испытании гидравлическим давлением изделие заполняют водой, герметизируют и с помощью насоса создают в замкнутой системе необходимое заданное давление (по манометру), выдерживают установленное время, остукивают молотком с круглым бойком вдоль швов и осматривают сварные швы с целью выявления мест утечек. Испытания наливом воды проводятся для контроля соединений (швов) открытых сосудов, резервуаров и т. д. Сварные швы протирают и сушат, обдувая воздухом. Заполняют изделие водой и по истечении времени все швы подвергают внешнему осмотру. Этот контроль проводят, как правило, при положительных температурах. Испытания поливом водой проводят в тех случаях, когда есть возможность доступа к сварным швам с двух сторон, но изделия очень громоздкие. С одной стороны поливают водой из брандспойта (давление до 1 МПа), а с другой стороны

производят внешний осмотр с целью выявления течей. Вертикальные соединения поливают снизу вверх. Это метод применяется при сварке и проверке корпусов судов, резервуаров и т. д. Пневматические методы испытаний применяют для контроля сварных швов замкнутых систем – трубопроводов, сосудов и аппаратов. Испытания сжатым воздухом проводятся путем создания испытательного давления, приблизительно на 10—20 % выше рабочего. Швы покрывают пенообразующими составами. В местах, где имеются сквозные дефекты, под действием выходящего воздуха образуются пузырьки, по которым и определяют место нахождения дефекта. Пенообразующие вещества наносят на поверхность швов кистью или пульверизатором. Составы пенообразующих веществ различают и применяют для летнего пользования и для соответствующей работы при отрицательных температурах до -30 °С. Контроль рентгеновским излучением в технике известен как контроль радиационным методом и основан на способности рентгеновских лучей проникать через сварное соединение и воздействовать на регистрирующее устройство (фотопленку). В зависимости от способа регистрации результатов различают три метода радиационного контроля: радиографический, радиоскопический и радиометрический. Наибольшее распространение получил радиографический метод контроля сварных соединений, поскольку снимок является документом, подтверждающим качество сварного шва. Рентгеновский снимок на фотопленке хранится столько времени, сколько по техническим условиям должно работать изделие. Например, рессивер вагона метро должен работать 10 лет – столько же лет хранится в архиве рентгеновская пленка продольного шва рессивера. Образцы рентгеновских снимков на рис. 118.

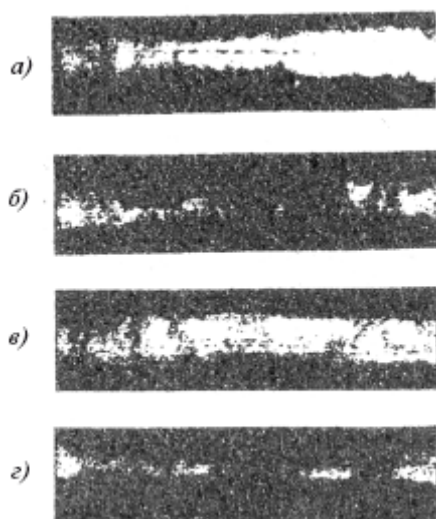


Рис. 118. Дефекты сварных швов, выявленные рентген-контролем: а – продольная трещина; б – непровар; в – поры; г – шлаковое включение

Среди известных смесей жидких углеводородов, применяемых для контроля непроницаемости, наиболее широко используется керосин. Это объясняется его свойствами (высокой жидкотекучестью, высокой смачивающей способностью и т. д.), которые обеспечивают четкое обнаружение дефектов. Контроль керосином отличается простотой и общедоступностью, не требует сложного и дорогого оборудования, дефицитных материалов. Различают четыре способа испытания керосином: керосиновый, керосинопневматический, керосиновакуумный и керосиновибрационный. При керосиновом способе сварное соединение простукивают молотком на расстоянии 30—40 мм от шва и тщательно очищают швы от шлака, масла и других загрязнений. Для лучшего удаления шлака и развития несквозных дефектов в сквозные целесообразно в течение 10—15 мин подвергнуть вибрации сварное соединение. После очистки на поверхность шва наносят тонкий равномерный слой меловой суспензии. Меловую суспензию готовят из расчета 350—450 г молотого просеянного мела на 1 дм³ воды. После высыхания суспензии противоположную сторону сварного шва смачивают керосином 5—10 раз. В местах течей на меловой суспензии появляются темные пятна, обозначающие наличие дефектов. Описывать

другие методы контроля (как неразрушающего, так и разрушающего) не представляется возможным, так как их на сегодняшний день более сотни, разрабатываются и внедряются все более современные (быстродействующие и более точные). Необходимо отметить некоторые виды испытаний при контроле качества сварных соединений разрушающими методами. Механическим испытаниям подвергаются как отдельные образцы, вырезанные из сварных швов, так и детали и узлы. Эти испытания подразделяются на статические и динамические. Статические испытания подразделяются на следующие виды: растяжение, изгиб, смятие, ползучесть. Динамические испытания – на ударный изгиб, усталость. Проводятся и металлографические исследования для выявления изменений, происходящих в металле при различных режимах сварки и термообработки; различают макроанализ и микроанализ. Кроме указанных методов разрушающего контроля проводят измерение твердости, коррозионные испытания, химический и спектральный анализ сварных соединений. Более подробное ознакомление с различными видами и методами контроля сварных соединений представляется самим читателям при самостоятельном углубленном изучении сварочных процессов.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды неразрушающего контроля вы знаете?
2. Какие радиационные виды контроля вы знаете?
3. Какие дефекты обнаруживаются внешним осмотром?
4. В чем суть гидроиспытаний?
5. Расскажите о физической сущности испытания керосином.
6. Перечислите основные виды разрушающего контроля.

Список литературы

1. Маслов В.И. Сварочные работы. –М.: Академия, 1999. – 240 с.: ил.
2. Некрасов Ю.И. Справочник молодого газосварщика и газорезчика. – М.: Высш. шк., 1984. – 168 с.: ил.
3. Никифоров Н.И., Нешумова С.П., Антонов И.А. Справочник молодого газосварщика и газорезчика. –М.: Высш. шк., 1990. – 239 с.: ил.
4. Рыбаков В.М. Сварка и резка металлов. –М.: Высш. шк., 1977, – 319 с.: ил.
5. Сварка разнородных металлов и сплавов / В.Р. Рябов, Д.М. Рабкин, Р.С. Курочко, Л.Г. Стрижевская. –М.: Машиностроение, 1984. – 239 с.: ил.
6. Шебеко Л.П. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. –М.: Высш. шк., 1986. – 279 с.: ил.