МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.И.МАСЛОВ

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Учебник

Рекомендовано
Экспертным советом по профессиональному образованию
Минобразования России для учреждений начального
профессионального образования, подготовки и переподготовки
рабочих на производстве и в центрах занятости,
профессионального обучения учащихся
средней общеобразовательной школы

БИБЛИОТЕКА
профессиональное
училище № 129

AcademA

Москва
1999

ИРПО

УДК 621.791.(075.32)
ББК 34.641.я72
М31

Федеральная программа книгоиздания России

К 100-летию "Метровагонмаша"
Посвящается памяти главного сварщика Петра Васильевича Мумрикова

Рецензенты:
д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Баумана *Г. Г. Чернышев;*
канд. пед. наук, зав. лабораторией методического обеспечения профессий машиностроения и связи ИРПО Минобразования РФ *Т. М. Коровина*

Маслов В. И.
М31 Сварочные работы: Учеб. для нач. проф. образования. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 1999. – 240 с.: ил.
ISBN 5-7083-0107-5 (ИРПО)
ISBN 5-7695-0231-2 (Изд. центр «Академия»)

Содержание учебника базируется на программных материалах по химии, физике, технологии металлов и конструкционных материалов, электротехнике и другим техническим предметам. Книга содержит общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах, электрической сварке плавлением, газовой сварке и резке, контроле качества сварных швов. Кроме основных видов сварки в учебнике рассмотрены их разновидности.

УДК 621.791.(075.32)
ББК 34.641.я72

© Маслов В. И., 1996
© Институт развития профессионального образования, 1996
© Оформление. Издательский центр «Академия», 1998

ISBN 5-7083-0107-5
ISBN 5-7695-0231-2

Предисловие

Учебник написан в соответствии с Государственным образовательным стандартом по профессии "Сварщик" и предназначен для учащихся профессиональных образовательных учреждений при подготовке рабочих кадров по выбранной профессии.

Современный технический прогресс в промышленности неразрывно связан с совершенствованием сварочного производства. Сварка, как высокопроизводительный процесс изготовления неразъемных соединений, находит широкое применение при изготовлении металлургического, кузнечно-прессового, химического и энергетического оборудования, различных трубопроводов, в сельскохозяйственном и тракторном машиностроении, в производстве строительных и других конструкций.

Сварка является таким же необходимым технологическим процессом, как обработка металлов резанием, литье, ковка, штамповка. Она часто конкурирует с этими процессами, а в некоторых случаях и вытесняет их.

Сварка является одним из ведущих технологических процессов обработки металлов. Большие преимущества сварки обеспечили ее широкое применение в народном хозяйстве; без нее сейчас немыслимо производство судов, автомобилей, самолетов, турбин, котлов, реакторов, мостов и других конструкций. Перспективы сварки, как в научном, так и в техническом плане, безграничны. Применение сварки способствует совершенствованию машиностроения и развитию новых отраслей техники — ракетостроения, атомной энергетики, радиоэлектроники. Развитие сварки требует серьезного повышения уровня теоретических знаний и практической подготовки квалифицированных рабочих.

Материал учебника базируется на сведениях по химии, физике, технологии металлов и конструкционных материалов, электротехнике и других технических предметах. После окончания теоретического и практического курсов обучения и получения квалификации по профессии "Сварщик" следует постоянно обогащать свои знания как путем самообразования, так и дальнейшей учебы в техникумах, на производстве или в вузах. Высококвалифицированные сварщики ежегодно подтверждают свою квалификацию в соответствии с требованиями Госгортехнадзора. Это связано с выполнением работ при сварке ответственных конструкций, сосудов, работающих под давлением, и различных трубопроводов.

В Европе создана Международная Ассоциация сварщиков, которая осуществляет подготовку и контроль инженеров, мастеров и рабочих сварщиков через каждые 5 лет по специальной программе теоретического и практического обучения с последующей аттестацией и выдачей международного Сертификата — свидетельства (паспорта) на право производства ответственных сварочных работ.

Более 30 лет функционирует Международный институт сварки (МИС), который периодически собирает ученых, занимающихся вопросами теории и практики сварки, для обсуждения новых достижений в науке и технике, обмена информацией и объединения усилий для реализации сложных научных и технических задач.

По рекомендациям Международного института сварки во всем мире принята единая классификация основных видов и типов сварных соединений за исключением некоторых различий в требованиях собственных ГОСТов стран, входящих в МИС.

Учебник состоит из четырех самостоятельных частей: часть первая — общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах; часть вторая — электрическая сварка плавлением; часть третья — газовая сварка и резка, часть четвертая — контроль качества сварных швов. Кроме основных видов сварки в учебнике рассмотрены их разновидности.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАРКЕ, СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ И ШВАХ

ГЛАВА I. 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 (ГОСТ 2601-84).

Различают два 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, источником теплоты при которой служит электрическая дуга.

В 1802 году российский ученый В. В. Петров открыл явление электрического дугового разряда и указал на возможность использования его для расплавления металлов. Своим открытием В. В. Петров заложил 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 году другой российский 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.

В 1888 году российский инженер Н. Г. Славянов предложил производить сварку плавящимся металлическим электродом. С именем Н. Г. 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 Н. Г. Славянова и экспонируются образцы сварных соединений).

В 1924 — 1935 гг. в основном применяли ручную сварку электродами с тонкими ионизирующими (меловыми) покрытиями. В эти годы под руководством академика В. П. Вологдина были изготовлены первые отечественные котлы и корпуса нескольких судов. С 1935-1939 гг. стали применятся толстопокрытые электроды. Для электродных стержней использовали легированную сталь, что позволило использовать сварку для изготовления промышленного оборудования и строительных конструкций. В процессе развития сварочного производства 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 пятидесятых годов Институтом электросварки им. Е.О.Патона была разработана электрошлаковая сварка, что позволило заменить литые и кованые крупногабаритные детали сварными; заготовки стали более транспортабельными и удобными при сборке-монтаже.

С 1948 г. получили промышленное применение 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 — процесса высокопроизводительного и обеспечивающего 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 конце пятидесятых годов французскими учеными был разработан новый вид электрической сварки плавлением, получивший название электронно-лучевой 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 (ГОСТ 2601-84).

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. Большее 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 также используется и 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 году Н. Н. Бенардос получил патент на способы точечной и шовной контактной сварки между угольными электродами. Позднее эти способы, усовершенствованные применением электродов из меди и ее сплавов, стали наиболее широко распространенными способами контактной сварки.

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 тысячах 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.

Что называется сваркой и какие основные два вида сварки Вы знаете?
Расскажите о сущности сварки плавлением и сварки давлением.
Расскажите о роли российских ученых в области сварки.
Расскажите о новых видах сварки.
Что Вы знаете о применении газовой сварки?
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.

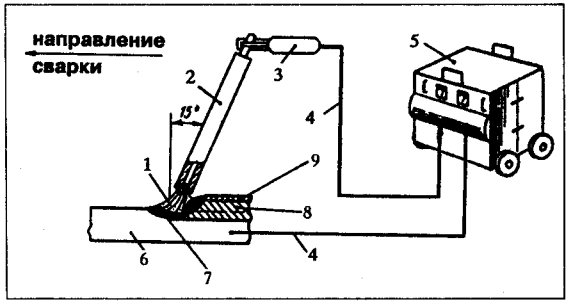


рис. 1.1. Схема ручной сварки покрытым электродом: 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель; 4 – сварочные провода; 5 – источник питания (сварочный трансформатор или выпрямитель); 6 – свариваемая деталь; 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка.

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.

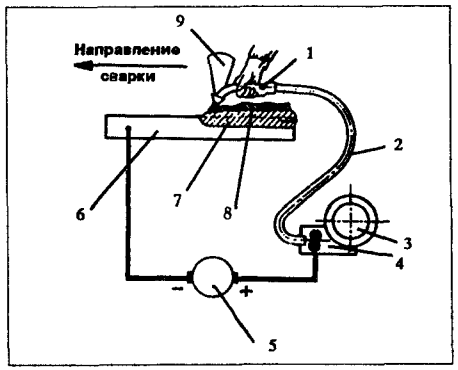


рис. 1.2. Схема механизированной (полуавтоматом) сварки под слоем флюса: 1 – держатель; 2 – гибкий шланг; 3 – кассета со сварочной проволокой; 4 – подающий механизм; 5 – источник питания (выпрямитель); 6 – свариваемая деталь; 7 – сварной шов; 8 – шлаковая корка; 9 – бункер для флюса.

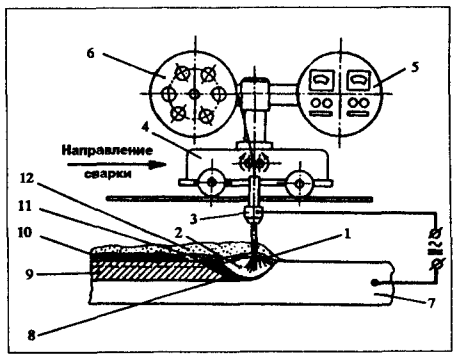


рис. 1.3. Схема автоматической дуговой сварки под слоем флюса: 1 –дуга; 2 –газовый пузырь (полость); 3 – сварочная головка; 4 – тележка (сварочный трактор); 5 – пульт управления; 6 – кассета со сварочной проволокой; 7 – свариваемая деталь; 8 – сварочная ванна; 9 – сварной шов; 10 – шлаковая корка; 11 – расплавленный флюс; 12 – нерасплавленный флюс

При ручной сварке указанные операции выполняются рабочим-сварщиком вручную без применения механизмов (рис. 1.1.).

При сварке на полуавтомате плавящимся электродом механизируются операции по подаче электродной проволоки в сварочную зону, а остальные операции процесса сварки осуществляются сварщиком вручную (рис. 1.2.).

При автоматической сварке механизируются операции по возбуждению дуги и перемещению ее по линии наложения шва с одновременным поддержанием определенной длины дуги (рис. 1.3.). 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.

Контрольные вопросы.

Назовите основные виды сварки плавлением.

Что Вы знаете о механизированных способах сварки?

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 (рис. 1.1.).

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 (рис. 1.3.).

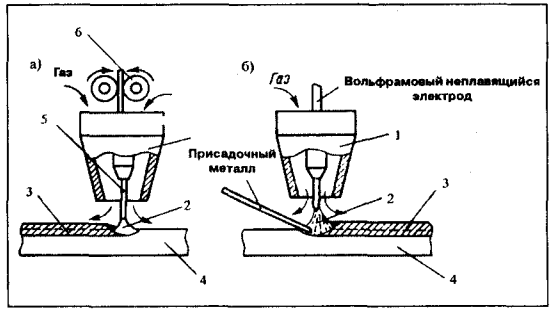


рис. 1.4. Схема сварки в среде защитных газов плавящимся (а) и неплавящимся (б) электродом.
1 – сопло сварочной головки; 2 – сварочная дуга; 3 – сварной шов; 4 – свариваемая деталь; 5 – сварочная проволока (плавящийся электрод); 6 – подающий механизм.

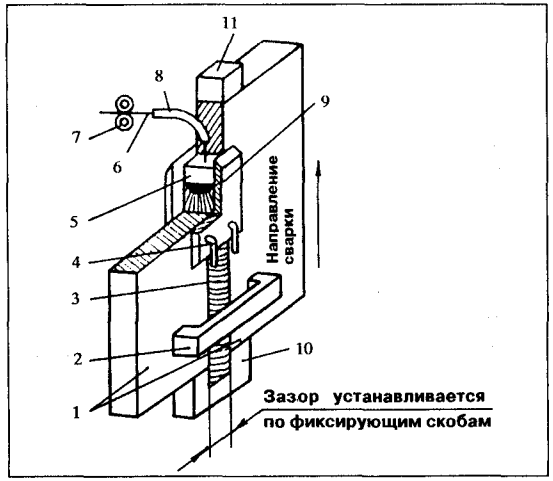


рис. 1.5. Схема электрошлаковой сварки:
1 – свариваемые детали; 2 – фиксирующие скобы; 3 – сварной шов; 4 – медные ползуны (пластины); 5 – шлаковая ванна; 6 – сварочная проволока; 7 – подающий механизм; 8 – токоподводящий направляющий мундштук; 9 – металлическая ванна; 10 – "карман" – полость для формирования начала шва; 11 – выводные планки.

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. 1.4.).

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. 1.5.). 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.

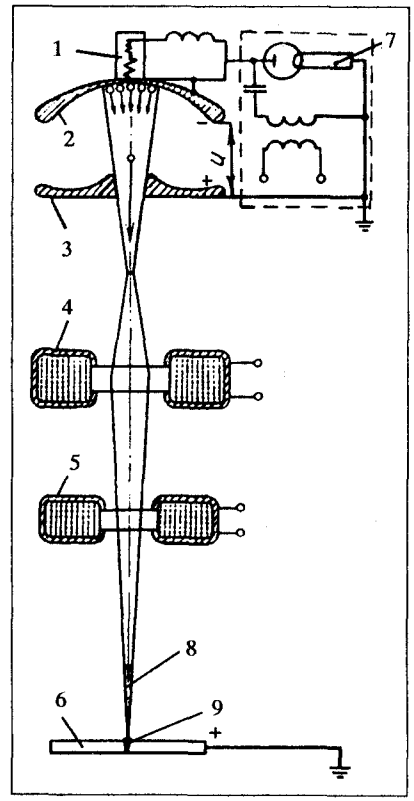


рис. 1.6. Схема формирования пучка электронов при электронно-лучевой сварке:
1 – катодная спираль; 2 – фокусирующая головка; 3 – первый анод с отверстием; 4 – фокусирующая магнитная катушка для регулирования диаметра пятна нагрева на детали; 5 – магнитная система отклонения пучка; 6 – свариваемая деталь (анод); 7 – высоковольтный источник постоянного тока; 8 – сфокусированный пучок электронов; 9 – сварной шов.

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. 1.6.).

Лазерная сварка — эта сварка плавлением, при которой для нагрева используются 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 CO_2 — лазеры и твердотельные снабжены микропроцессорной системой управления и применя-

ются для сварки, резки, наплавки, поверхностной обработки, прошивки отверстий и других видов лазерной обработки различных конструкционных материалов. С помощью CO_2 — 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.

Контрольные вопросы.

Что такое сварочная ванна?
Из чего состоит металл сварного шва при сварке плавящимся и неплавящимся электродами?
Какие функции выполняют плавящиеся и неплавящиеся электроды?
Для чего необходима защита сварочной ванны, дуги и конца нагретого электрода?
На какие виды подразделяется электрическая сварка плавлением по способу защиты?
Расскажите, в чем сущность сварки покрытыми электродами?
За счет чего осуществляется защита зоны горения дуги при сварке под слоем флюса?
В чем сущность сварки в защитных газах?
Кратко охарактеризуйте электрошлаковую сварку.
Каковы достоинства электронно-лучевой и лазерной сварки?

ГЛАВА II. 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. 1.7.)

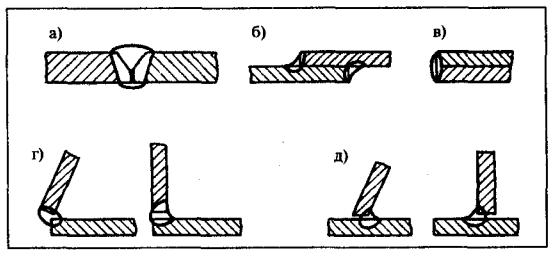


рис. 1.7. Сварные соединения:
а – стыковое; б – нахлесточное; в – торцовое; г – угловое; д – тавровое.

Стыковое соединение — 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.

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.

Какое сварное соединение называется стыковым?
Чем отличается стыковое соединение от нахлесточного?
Какое сварное соединение называется тавровым?
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 (ГОСТ 2601-84). Сварные швы подразделяются также по положению в пространстве (ГОСТ 11969-79): нижнее — Н и в лодочку — Л; полугоризонтальные — Пг, горизонтальные — Г, полувертикальные — Пв, вертикальные — В, полупотолочные — Пп, потолочные — П (рис. 1.8.).

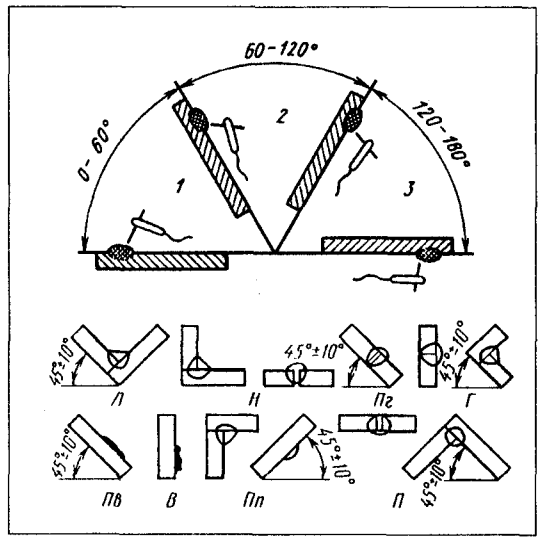


рис. 1.8. Основные положения сварки и их обозначения.
1 – нижнее; 2 – вертикальное или горизонтальное; 3 – потолочное.

По протяженности швы различают сплошные и прерывистые. Прерывистые швы могут быть цепными или шахматными (рис. 1.9. а).

По отношению к направлению действующих усилий швы подразделяются на: продольные, по-

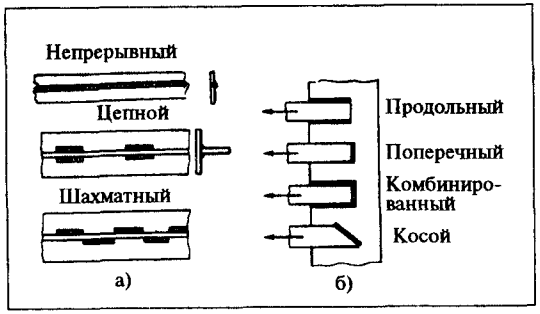


рис. 1.9. Классификация сварных швов: а – по протяженности; б – по отношению к направлению действующих усилий.

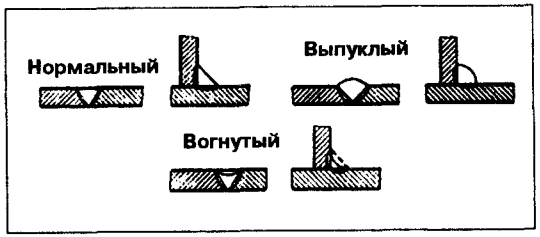


рис. 1.10. Классификация сварных швов по форме наружной поверхности.

перечные, комбинированные и косые (рис. 1.9.б.).

По форме наружной поверхности стыковые швы могут быть выполнены нормальными (плоскими), выпуклыми или вогнутыми. 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. 1.10.).

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 бор-машинками, специальными фрезами или пламенем аргонодуговой горелки (выглаживание).

Основные типы, конструктивные элементы, размеры и условия обозначения швов сварных соединений, выполненных наиболее распространенными способами сварки, регламентированы следующими стандартами: для дуговой сварки в защитном газе ГОСТ 14771-76*; для дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах ГОСТ 14806-80; для соединений сварных стальных трубопроводов ГОСТ 16037-80, для ручной электродуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей ГОСТ 5264-80; для механизированной и автоматической под флюсом — ГОСТ 8713-70 и др. В этих стандартах типы швов сварных соединений

определяются видом сварного соединения, формой подготовленных кромок и типом выполненного шва.

ГОСТ 2.312-72 устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений в конструкторских документах изделий (табл. 1.1.).

Таблица 1.1.

Примеры условного обозначения сварных швов

Наименование шва	*Примеры обозначения*
Стыковой односторонний на остающейся подкладке, со скосом двух кромок, выполненный дуговой сваркой покрытыми электродами	ГОСТ 5264-80-С-16
Стыковой двусторонний, с криволинейным скосом двух кромок, выполненный дуговой сваркой покрытыми электродами	ГОСТ 5264-80-С-19
Стыковой двусторонний, с двумя симметричными скосами двух кромок, выполненный дуговой сваркой покрытыми электродами. Участки перехода от шва к основному металлу дополнительно обработаны	ГОСТ 5264-80-С-21 ⌣⌣
Стыковой односторонний, со скосом двух кромок, замковый. Выпуклость шва снята механической обработкой.	ГОСТ 5264-80-С-17 О
Шов углового соединения односторонний со скосом двух кромок, монтажный. Выпуклость шва снята механической обработкой.	ГОСТ 5264-80-У4 Δ 5 ⌉
Шов таврового соединения невидимый односторонний, выполненный дуговой сваркой в углекислом газе плавящимся электродом. Шов прерывистый. Катет шва 6 мм, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 150 мм	⌉ ГОСТ 14771-76-Т4-УП Δ 6- 50 Z 150
Шов таврового соединения, двусторонний без скоса кромок, выполненный плазменной сваркой по замкнутому контуру. Катет шва 4 мм.	ГОСТ 5264-80-Т1-ПЛ Δ 4
Стыковой двусторонний, с двумя симметричными скосами двух кромок, выполненный ручной дуговой сваркой. Обозначение упрощенное, если стандарт указан в примечаниях чертежа	С 21
Упрощенное обозначение при наличии на чертеже одинаковых швов и при указании обозначения у одного из них за № 1	№ 1

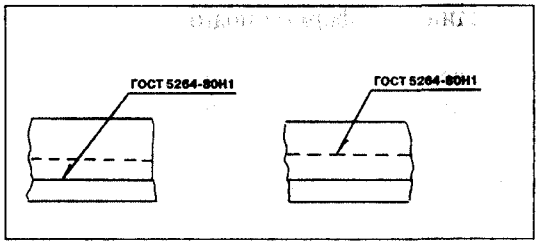


рис. 1.11. Условное обозначение сварного шва.

Независимо от способа сварки условно изображают видимый шов сплошной основной линией, а невидимый — штриховой линией (рис. 1.11.)

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 (табл. 1.2.).

Таблица 1.2.

Пример буквенно-цифрового обозначения швов сварных соединений

ГОСТ	*Наименование ГОСТа*	*Тип соединения*	*Буквенно-цифровое обозначение швов*
5264–80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные	Стыковое Угловое Тавровое Нахлесточное	С1 – С40 У1 – У10 Т1 – Т9 Н1 – Н2
14771–76	Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные	Стыковое Угловое Тавровое Нахлесточное	С1 – С27 У1 – У10 Т1 – Т9 Н1 – Н4

Условные обозначения основных способов сварки следующие:
Р — ручная дуговая сварка (штучным электродом);
ЭЛ — электроннолучевая 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;

Контрольные вопросы.

Что называется сварным швом?
Какие разновидности сварных швов Вы знаете?
К каким соединениям применим угловой шов?
Как подразделяются сварные швы по положению в пространстве?
Как подразделяются сварные швы по отношению к направлению действующих усилий?
Как классифицируются сварные швы по форме наружной поверхности?
Для чего устанавливаются условные изображения и обозначения швов сварных соединений на чертежах?
Какими буквами обозначаются основные виды сварного соединения?
Приведите примеры условного обозначения способов сварки.

§ 3. Конструктивные элементы сварных соединений

Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют три основные конструктивные элемента: зазор — *в*, притупление кромок — с, и угол скоса кромки — β.

Формы разделки кромок и их конструктивные элементы приведены на рис. 1.12.

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 кромки притупляют для правильного формирования шва и предотвращения образования прожогов. Зазор при сборке под сварку определяется толщиной свариваемых металлов, маркой материала, способом сварки, формой подготовки кромок и

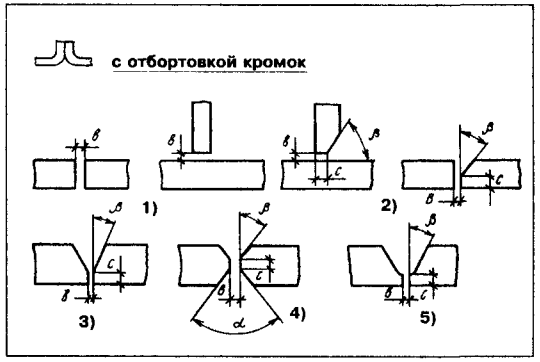


рис. 1.12. Конструктивные элементы разделки кромок под сварку:
в – зазор; с – притупление; β – угол скоса кромок; α – угол

риваемостью. Стали БСт1, БСт2, БСт3 поставляют с гарантией свариваемости по требованию заказчика.

Углеродистую качественную сталь выпускают в соответствии с ГОСТ 1060-74**. 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 ОСТ 14-1-142-84 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; II — удовлетворительно сваривающиеся, 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, для получения качественных сварных соединений которых дополнительно необходим подогрев, предварительная или последующая термообработка: IV — плохо сваривающиеся, т.е. сварные швы склонны 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. Первые две цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента, буквы являются условным обозначением легирующих элементов, цифра после буквы обозначает содержание легирующего элемента в %, 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 уг-

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.

Для определения эквивалента углерода Международным институтом сварки рекомендуется формула:

$$Сэ = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

При подсчете Сэ содержание химических элементов принимается в процентах.

Если Сэ меньше 0,4% , то трещины в зоне термического влияния не возникают.

При Сэ = (0,4 — 0,7%) — необходим предварительный подогрев.

Если Сэ = (0,7 — 1,0%) — нужны предварительный и сопутствующий подогрев.

При Сэ более 1,0% сталь не сваривается обычными (традиционными) методами сварки плавлением.

Образование холодных трещин уменьшается 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 закреплений, 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 термоупрочненных 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.

На какие группы подразделяются углеродистые стали обыкновенного качества?
Как подразделяются стали обыкновенного качества по степени раскисления?
Стали какой группы применяются для изготовления сварных конструкций и почему?
Что называется свариваемостью сталей?
На какие группы углеродистые стали подразделяются по свариваемости?
Охарактеризуйте III группу сталей по свариваемости?

Чем вызвано образование холодных трещин?
Чем отличаются легированные стали от углеродистых?
Как обозначается высококачественная легированная сталь?
Какие примеси в сталях считаются вредными?
Как влияет марганец на свойства стали?
Для чего вводится кремний и алюминий в состав сталей?
Что вызывает возникновение горячих трещин в сталях?
Какими мероприятиями можно предупредить образование горячих трещин в сталях?

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ДУГОВАЯ СВАРКА

ГЛАВА I. 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 название их — "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. 2.1.) состоит из трех зон: катодной с ка-

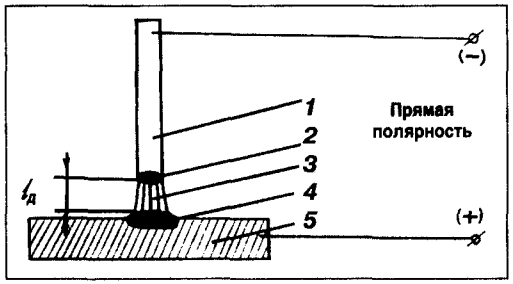


рис. 2.1. Схема строения свободной дуги:
1 – электрод; 2 – катодная зона; 3 – столб дуги;
4 – анодная зона; 5 – изделие;
$l_д$ – длина дуги (расстояние между торцом электрода и поверхностью сварочной ванны).

тодным 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.

Температура в зоне столба дуги при сварке достигает 6000 — 7000°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 (рис. 2.2.)
- 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 вольтамперной характеристики — дуга с падающей, жесткой и возрастающей характеристикой (рис. 2.3.).

Дугу называют "короткой", если длина ее составляет 2 — 4 мм. Длина "нормальной" дуги составляет 4 — 6 мм. Дугу длиной более 6 мм называют "длинной".

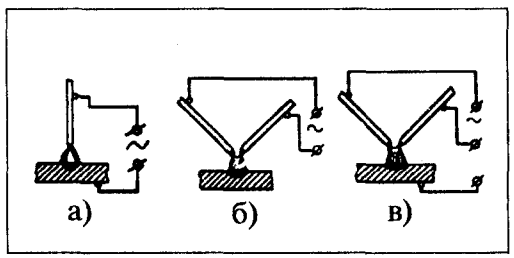


рис. 2.2. Сварочные дуги:
а – прямого действия; б – косвенного действия;
в – прямого действия двумя электродами при трехфазном токе.

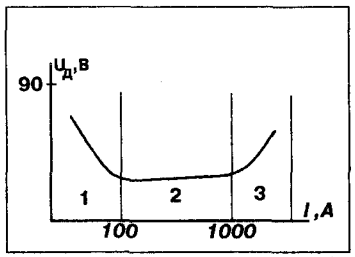


рис. 2.3. Статическая вольтамперная характеристика дуги в общем виде.

Контрольные вопросы.

Назовите три основных состояния вещества и в чем их различие?
Почему газы в обычных условиях не проводят электрический ток?
Что называют сварочной дугой?
Чем переносятся электрические заряды в сварочной дуге?
Расскажите о зажигании дуги.
Расскажите о строении свободной дуги.
Расскажите о классификации сварочных дуг.
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 вольтамперной характеристикой дуги, которая графически представлена на рис. 2.3.

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. Вольтамперная характеристика будет падающей и дуга горит неустойчиво. В области 2 (100 — 1000 А) при увеличении тока напряжение сохраняет постоянную величину, так как поперечное сечение столба дуги и площади анодного и катодного пятен увеличиваются пропорционально току. Вольтамперная характеристика будет жесткой, дуга горит устойчиво, и обеспечивается нормальный процесс сварки. В области 3 (свыше 1000 А) увеличение тока вызывает возрастание напря-

жения, так как увеличение плотности тока выше определенного значения не сопровождается увеличением катодного пятна из-за ограниченного поперечного сечения электрода, при этом вольтамперная характеристика будет возрастающей. Дуга с возрастающей вольтамперной характеристикой используется при сварке под флюсом и в защитных газах.

Для примера на рис. 2.4. приведена вольтамперная 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.

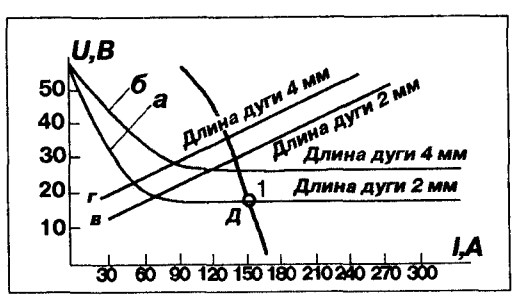


рис. 2.4. Вольтамперная характеристика дуги при ручной дуговой сварке низкоуглеродистой стали: – кривые (а, б); при автоматической сварке под флюсом: – кривые (в, г); кривая (д) – вольтамперная характеристика источника питания; точка 1 – точка устойчивого горения дуги,.

Однако полная стабилизация горения дуги достигается в точке пересечения вольтамперных характеристик дуги и источника питания. Эта точка будет определять устойчивое горение дуги (рис. 2.4.).

При струйном переносе образуются мелкие капли, которые следуют одна за другой 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.

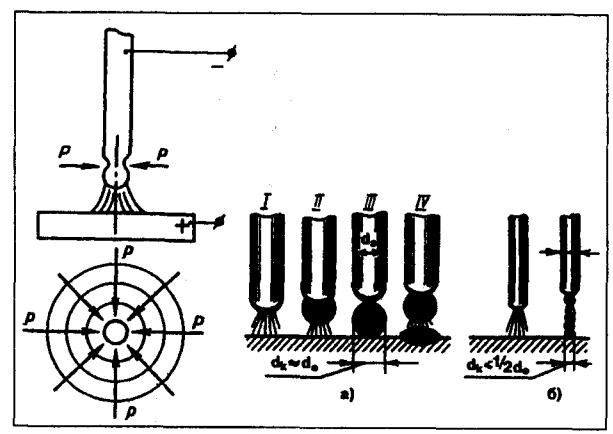


рис. 2.6. Процесс переноса электродного металла на изделие при короткой дуге: а – крупнокапельный; б – струйный; I – IV – последовательные этапы переноса металла; dк – диаметр капли; dэ – диаметр электрода.

Контрольные вопросы.

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

§ 4. Особенности металлургических процессов при сварке, влияние кислорода, азота и водорода воздуха 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 течении 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. Это 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 толстопокрытых электродов и флюсов, тщательной зачисткой свариваемых кромок от ржавчины, окалины и других загрязнений, предварительным нагревом деталей.

Одновременно с удалением из металла шва кислорода, азота и водорода необходимо также очищать (рафинировать) металл шва от серы и фосфора, являющихся вредными примесями в сталях.

Сера попадает в сварочную ванну из основного металла, сварочной 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 (красноломкость). 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 содержание в основном и электродном металле, в покрытии электродов и флюсах строго ограничивается соответствующими ГОСТами.

Контрольные вопросы.

Расскажите о влиянии атмосферных газов на качество сварных швов.
Расскажите об особенности влияния водорода на качество сварного шва.

Каково влияние вредных примесей (серы и фосфора) на качество сварных швов?

В чем заключается рафинирование?

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

При сварке под плавленными 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 плавленым 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 проплавления, так как энергичнее протекают реакции окисления марганца и кремния с выделением теплоты.

Контрольные вопросы.

Каково назначение флюсов?

Расскажите об особенностях металлургических процессов при сварке под флюсом.

Какое влияние оказывает режим сварки на содержание вредных примесей в сварном шве?

В чем достоинства керамических флюсов?

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 (рис. 2.1.). При электрошлаковой сварке теплота получается за

счет прохождения тока по шлаковой ванне. Электрическая мощность (Вт) в общем виде выражается уравнением

$$P = I_{св} \cdot U_{св},$$

где $I_{св}$ — ток, протекающий в сварочной цепи, А;

$U_{св}$ — 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

$$Q = k \cdot I_{св} \cdot U_{св} \cdot (Вт),$$

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 (k= 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) и т. д.; эта часть составляет потери теплоты при сварке. Эффективная тепловая мощность определяется из уравнения:

$$Q_{эф} = Q \cdot \eta = k \cdot I_{св} \cdot U_{св} \cdot \eta$$

$$\eta = Q_{эф} / Q$$

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	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.

$$q_п = \frac{Q_{эф}}{V} = \frac{I_{св} \cdot U_д \cdot \eta}{V}$$

Исходя из этой формулы устанавливается, что поперечное сечение однопроходного или многопроходного шва (валика), выполненного дуговой сваркой, будет находиться в прямой зависимости от ее погонной энергии.

Контрольные вопросы.

По какой формуле можно определить эффективную тепловую мощность?

*Что характеризует коэффициент **k** в формуле тепловой мощности сварочной дуги?*

Что Вы знаете об эффективном КПД нагрева изделия?

При каком виде сварки наиболее рационально используется теплота, выделяемая в дуге?

Какая температура нагрева электрода является оптимальной для формирования качественного сварного шва?

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 является прямой, она несколько изогнута в направлении вершины шва (рис. 2.7.).

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

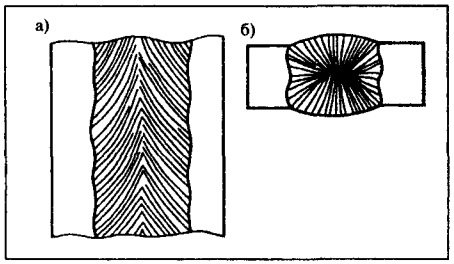


рис. 2.7. Направление столбчатых кристаллитов в швах, выполненных электрошлаковой сваркой: а – разрез вдоль шва; б – разрез поперек шва.

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 ликваций (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 % С) (рис. 2.8.).

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 повы-

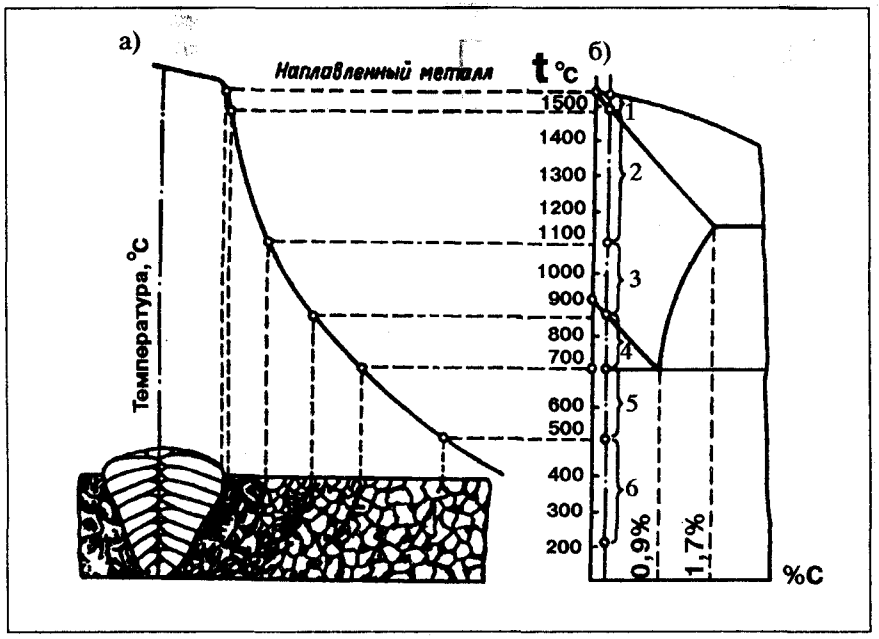


рис. 2.8. Схема изменения структур околошовной зоны однопроходного шва: а – температурные границы участков околошовной зоны; б – часть диаграммы состояния сплавов Fe – C.

шенным 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 от725 до850°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 и охлаждения.

Контрольные вопросы.

Расскажите о формировании и структуре шва в момент перехода металла из жидкого состояния в твердое.
Чем вызвано направление роста кристаллов в процессе охлаждения?
Каково влияние скорости охлаждения на структуру шва?
Каково влияние химического состава на структуру шва?
Что такое зона термического влияния и ее основные участки?
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 дис-

тиллированной 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.

Например, при ремонте корпусов речных и морских судов 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, содержащая 0,9-1,2% никеля.

Контрольные вопросы.

Что называется старением металла? Какие виды старения Вы знаете?
Каковы причины возникновения коррозии?
В чем отличие химических видов коррозии от электрохимических видов?
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

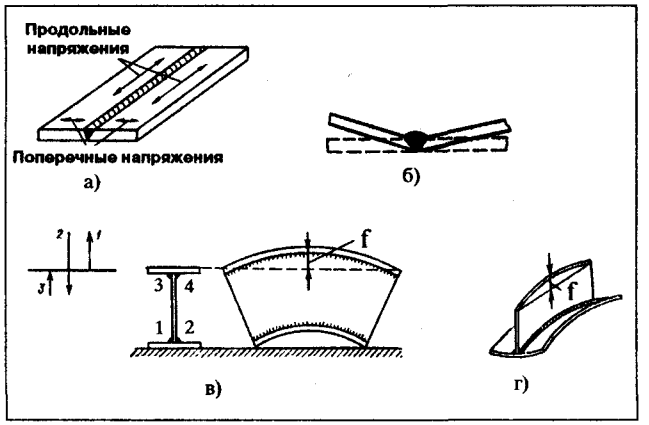


рис. 2.9. Основные виды деформаций сварных соединений:
а – направление действия продольных и поперечных напряжений;
б – деформация стыкового соединения;
в – деформация сварной двутавровой балки (цифрами указан порядок наложения сварных швов, стрелками – направления действующих напряжений);
г – вид деформированного сварного тавра;
f – стрела прогиба.

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. 2.9.).

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно рассматривать по двум группам:

1) мероприятия, предотвращающие возможность возникновения напряжений и деформаций или уменьшающие их влияние;

2) 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 относятся: 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. Удается 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 350000 км.

Контрольные вопросы.

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

ГЛАВА II. Оборудование для электрической сварки плавлением

§ 1. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки.

Рабочее место сварщика — это сварочный пост (рис. 2.10.), 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.

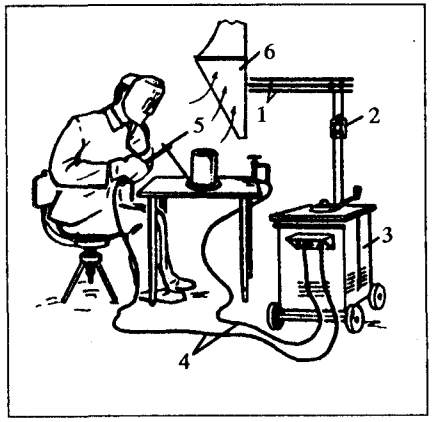


рис. 2.10. Сварочный пост для ручной сварки: 1 – сеть электрического питания; 2 – рубильник или магнитный пускатель; 3 – источник питания; 4 – сварочные провода; 5 – электрододержатель; 6 – зонд местной вытяжки воздуха.

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.

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 как источником питания, так и электрододержателем, сварочными проводами, зажимами для токопроводящего 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. Среди всего многообразия применяемых электрододержателей наиболее безопасными являются пружинные, изготавливаемые по требованиям и классификации ГОСТ 14651-78Е: 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 8-10 тысяч зажимов. Время замены электрода не превышает 3-4 с. По конструкции различаются винтовые, пластинчатые, вилочные и пружинные электрододержатели (рис. 2.11.).

Щитки сварочные изготавливаются двух типов: ручные и головные из легких негорючих материалов по ГОСТ 12. 4. 035-78. 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 по ГОСТ 12. 4. 080-79. 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 различ-

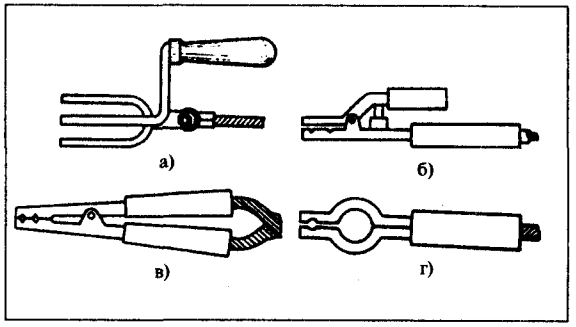


рис. 2.11. Типы электрододержателей: а – вилочный; б – щипцовый; в – завода "Электрик"; г – с пружинящим кольцом.

Таблица 2.1.

Площадь поперечного сечения сварочных проводов

Сила тока, А	*Площадь сечения провода, мм²*	
	одинарного	*двойного*
125	25	–
315	50	2x16
500	70	2x25

ных номеров в зависимости от величины сварочного тока: 100А-№С5; 200А-№С6; 300А-№С7; 400А-№С8; 500А-№С9 и т. 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 CO_2 применяют следующие светофильтры: до 100 А — №С1; 100-150 А — №$С_2$; 150-250 А -№С3; 250-300 А — №С4; 300-400 А — №С5 и т. 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 (ГОСТ 6731-77Е). 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. 2.1.).

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. 2.12.).

Одежда сварщика изготовляется из различных тканей, которые должны удовлетворять двум основным требованиям:

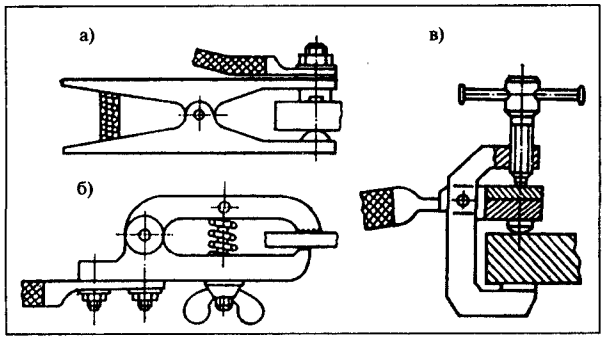


рис. 2.12. Токоподводящие зажимы: а – быстродействующий с пружинным зажимом; б – с винтовым зажимом; в – с винтовой струбциной.

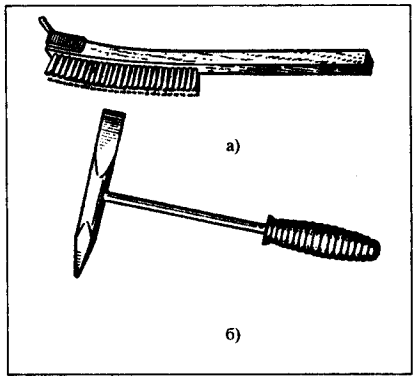


рис. 2.13. Инструмент для зачистки сварного шва и свариваемых кромок: а – металлическая щетка; б – молоток-шлакоотделитель.

— 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 "Автохимэкс". 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, полукомбинезон 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 (карщетка) 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. 2.13.).

Контрольные вопросы.

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

Какие источники питания применяются для оснащения сварочного поста?

Что Вы знаете об устройстве кабины для сварочного поста и ее оснащении?

Что представляет собой электрододержатель?

Расскажите о назначении сварочных щитков и применяемых светофильтров.

Какие кабели и сварочные провода применяются при оснащении сварочных постов?

Для чего применяются токоподводящие зажимы?

Какие основные требования предъявляются к одежде сварщика?

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 чего 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 одета поверх брюк и застегнута, брюки должны закрывать обувь.

Запрещается пользоваться неисправными сварочными щитками и 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 присоединения, 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.

Расскажите об обязанностях обучающихся перед проведением сварочных работ.

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.

Область применения источников переменного и постоянного тока

переменный ток	Ручная дуговая сварка штучными электродами. Автоматическая сварка под слоем флюса. Ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легких сплавов в среде инертных газов.
постоянный ток	Ручная дуговая сварка штучными электродами. Автоматическая сварка под слоем флюса. Механизированная (полуавтоматом) и автоматическая сварка плавящимся электродом в среде активных и инертных газов. Ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легированных сталей, меди и титана 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 аргонодуговой 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 CO_2 и при автоматической сварке под флюсом при постоянной скорости подачи электродной проволоки применяют источники питания с ЖВХ. 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 сварочного 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 %:

$$ПН = t_{св} /(t_{св} + t_{хх})\times 100\ \%$$

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 $t_{п}$.

ПВ также определяется в %:

$$ПВ = t_{св} /(t_{св} + t_{п})\times 100\ \%$$

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 по ГОСТ 15150-69 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 возду-

хе; 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 по ГОСТ 95-77 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. 2.14.).

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

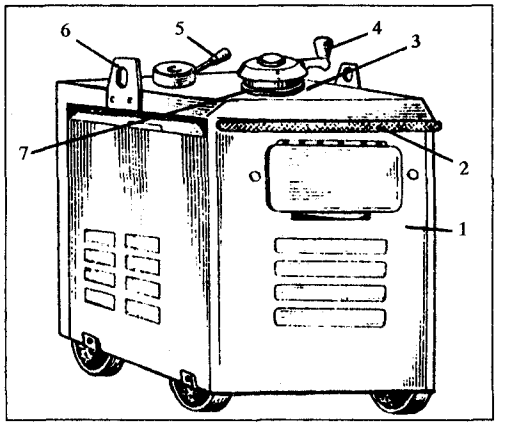


рис. 2.14. Внешний вид передвижного сварочного трансформатора типа ТДМ-317:
1 – металлический кожух; 2 – ручка для перемещения; 3 – крышка; 4 – рукоятка для плавного изменения сварочного тока; 5 – переключатель диапазонов сварочного тока; 6 – рымболты для подъема и разгрузки; 7 – токоуказатель.

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. 2.2.

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 по ГОСТ 12-77 на номинальные токи 1000 и 2000 А. Они выпускаются в стационарном исполнении, рассчитаны на продолжительный режим работы; имеют два варианта климатического исполнения — У3 и Т4.

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.2.3.

Таблица 2.2.

Технические данные трансформаторов ТДМ

Параметр	*ТДМ-165*	*ТДМ-254*	*ТДМ-317*	*ТДМ-317-1*	*ТДМ-401*	*ТДМ-401-1*	*ТДМ-503*	*ТДМ-503-1*	*ТДМ-503-2*	*ТДМ-503-3*	*ТДМ-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
К. п. д., %.....	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,Т2	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

Таблица 2.3.

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
К. П. Д.,	%	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 уравнительным 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.

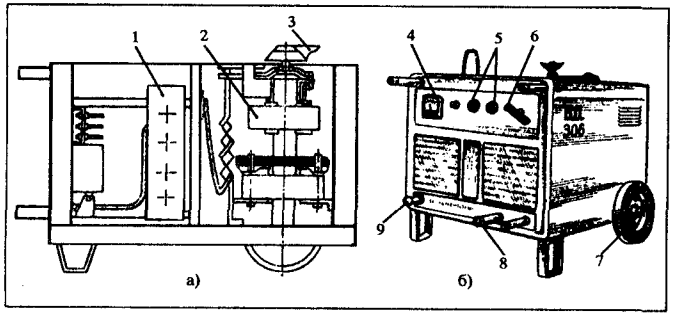


рис. 2.15. Выпрямитель ВД-306:
а – вид сбоку со снятым кожухом; б – общий вид.
1 – выпрямительный блок с вентилятором; 2 – трехфазный понижающий трансформатор; 3 – рукоятка плавного регулирования сварочного тока; 4 – амперметр; 5 – кнопки "Пуск" и "Стоп"; 6 – переключатель диапазонов сварочного тока; 7 – колеса; 8 – разъемы для подключения (+) и (–); 9 – разъем для подключения выпрямителя к сети.

Выпрямители для ручной дуговой сварки выпускаются по ГОСТ 13821-77 на токи 200, 315, 400 А при ПН= 60% и имеют крутопадающие характеристики. Общий вид широко применяемого выпрямителя ВД-306 представлен на рис 2.15.

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.

Технические данные выпрямителей серии ВД приведены ниже:

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
К. п. д.,	%	60	72	69
Первичная мощность,	кВА	15	21	28
Габариты,	мм	716x622x775	785x780x795	772x770x785
Масса,	кг	120	164	200

Технические данные выпрямителей приведены ниже:

Выпрямители	ВДГ-303	ВСЖ-303	ВСЖ300-Б	ВС-632
Номинальный сварочный ток, А	315	315	315	630
Номинальное рабочее напряжение, В	40	34	34	50
Пределы регулирования тока, А	50 - 315	50 — 315	50 — 315	100 — 630
Пределы регулирования напряжения, В	16 - 40	16 — 34	16 — 34	20 — 50
К. п. д., %	76	76	75	83
Первичная мощность, кВА	21	20	16	46
Габариты, мм	723x593x938	600x650x900	650x600x900	750x880x1200
Масса, кг	220	200	180	380

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 числа 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. 2.4.

Выпрямители ВДУ-505, ВДУ-506, ВДУ-601 выполнены на тиристорах по двойной трехфазной схеме выпрямления с уравнительным 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.

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 нержавеющих сталей в среде аргона.

Таблица 2.4.

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	
К. п. д., %	82	82	79	79	75	75	83	
Первичная мощность, кВА	40	40	40	40	60	60	120	
Габариты, мм	790 x 670x 880		820 x 620x 1100		860 x 690x1100		1150x700x950	
Масса, кг	300	300	300	300	320	320	590	

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; К. П. Д. = 74%; первичная мощность — 17,3 к ВА; 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.

Преимущества многопостовых систем связаны с относительно небольшой стоимостью сварочного оборудования, простотой обслуживания, высокой загрузкой и высокой экономичностью многопостовых выпрямителей. Однако К.П.Д. сварочных постов снижается из-за значительных потерь электроэнергии в балластных реостатах.

Многопостовые выпрямители ВДМ-4x301 с тиристорным регулированием имеют единый трансформатор и самостоятельные тиристорные блоки с уст-

ройством фазового управления для каждого поста. Тиристорные блоки выпол-

Таблица 2.5

Технические характеристики инверторных источников питания

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.

Пример обозначений: ПДГ-516УЗ — полуавтомат для дуговой сварки, газовая защита сварочной дуги, номинальный сварочный ток 500А; 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 500А, первая модификация, эксплуатация в районах с умеренным и холодным климатом, в помещениях с принудительной вентиляцией и отоплением.

газовая защита сварочной дуги, сварочный номинальный ток 315А; 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 строительно-монтажных конструкции 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:

1) в активных защитных газах (Г);
2) в инертных газах (И);
3) под флюсом (Ф);
4) 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 300А) и с принудительным охлаждением (500А). Срок службы сварочных полуавтоматов принят пять 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 по-

Таблица 2.6.

Технические данные полуавтоматов

Тип, марка	*Условия сварки*	ПВ, %	I св. Ном.	d э, мм	V п.п. м/ч	Тип сварочного выпрямителя	Масса механизма подачи, кг
ПДГ-312 У3	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*1 (спл.сечения) 2,0-3,0*2	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-515 У3	В CO_2 малоуглеродистых и низколегированных сталей протяженными и прерывистыми швами	60	500	1,2-2,0	75-960	ВДУ-505	13
ПДГ-516 У3	В CO_2 стальных металлоконструкций	60	500	1,2-2,0	100-960	ВДУ-506	16
ПДО-517 У3 (А-765У3)	Порошковой проволокой открытой дугой постоянным током	60	500	2,0-3,0	100-750	ВДУ-506	29
ПДГ-603	Сплошной и порошковой проволокой в CO_2 стальных металлоконструкций	60	630	1,2-2,5*2 2,0-3,0*3	98-1012	ВДУ-601	16
ПДИ-304 У3	Для ИДС алюминиевых сплавов и нержавеющих сталей в аргоне	60	315	1,2-2,0*4 (алюмин.) 1,4-1,4*5 (стальн.)	80-960	ВДГИ-302	13

**1 Номинальный.* **3 Порошковая.* **5 Стальная.*

**2 Сплошного сечения.* **4 Алюминиевая.*

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 электродвигатель постоянного тока; А-1197С с подающим механизмом, который работает от асинхронного электродвигатель. 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. На рис. 2.19. показана широко применяемая сварочная горелка для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа.

Таблица 2.7.

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	1135x495x360	360x660x5680	364x290x130	760x500x550	530x330x350
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.

Рукоятка сварочной горелки должна быть прочной и удобной в работе. С этой целью ее изготовляют 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.

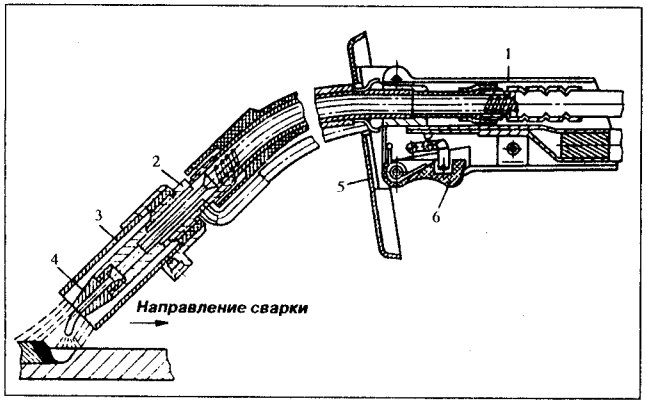


рис. 2.19. Сварочная горелка полуавтомата для сварки плавящимся электродом в среде защитных газов:
1 – рукоятка; 2 – переходная втулка; 3 – сопло; 4 – токоподводящий наконечник; 5 – предохранительный щиток; 6 – пусковая кнопка.

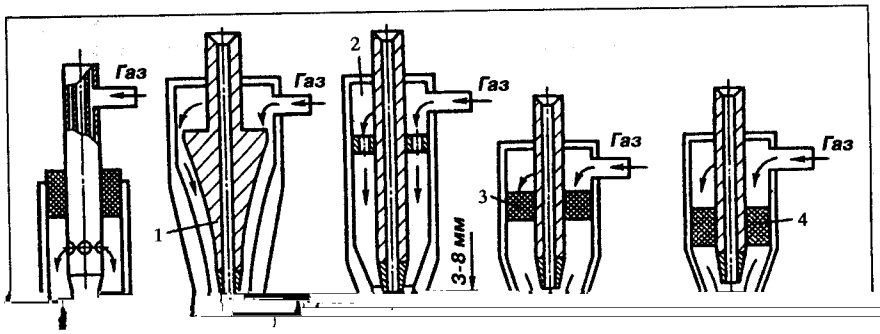


Таблица 2.8.

Техническая характеристика горелок для механизированной сварки плавящимся электродом

Тип горелки	*Номинальный сварочный ток, А*	*Диаметр электрод-ной проволоки, мм*	*Габарит, мм*	*Масса, кг*
А-547УМУЗ	250	1 – 1,2	290x28x128	2,9
А-1231-4-Г2УЗ	400	1,6 – 2	284x110x160	5,4
А-1231-5-Г2УЗ	500	1,6 – 2		5,4
А-1231-5-Г3УЗ	500	2 – 3		5,6
А-1231-4-02УЗ	400	1,2 – 2	239x110x120	5,4
А-1231-5-02УЗ	500	1,6 – 2		5
А-1231-5-03УЗ	500	2 – 3		5

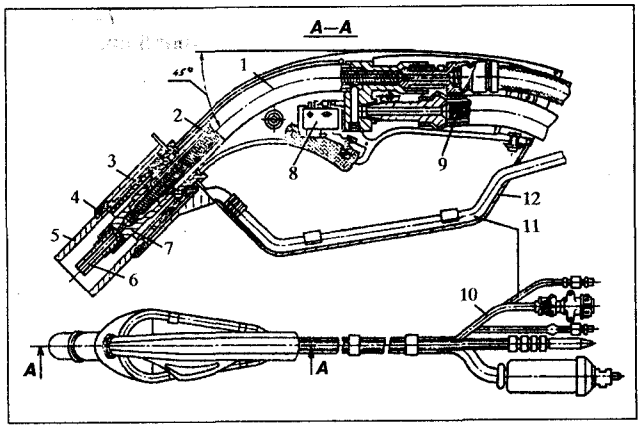


рис. 2.21. Сварочная горелка типа ГДПГ-501-4:
1 – корпус; 2 – сменный канал; 3 – водоохлаждающее сопло;
4 – пружинное кольцо; 5 – сменное сопло; 6 – токоподводящий наконечник; 7 – держатель наконечника; 8 – выключатель;
9 – токогазопровода; 10 – провода управления; 11 – шланг.

Для подачи электродной проволоки от полуавтомата к сварочной горелке используют гибкие шланги. Для сварочных горелок, работающих на токах до 315А 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 изготовляют 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 омедненной стальной электродной проволокой срок службы направляющих каналов и самих шлангов увеличивается почти в два раза. Диаметр канала и диаметр проволоки должны быть строго согласованы. Конструкции некоторых типов гибких шлангов приведены на рис. 2.22.

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

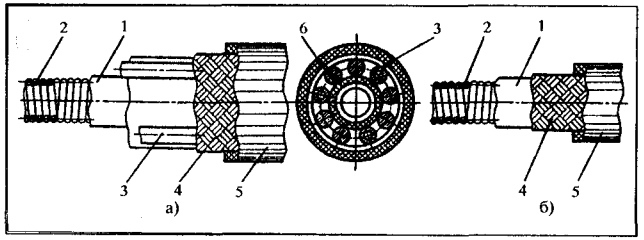


рис. 2.22. Конструкции гибких шлангов: а – типа КШПЭ; б – КМ.
1 – защитный слой; 2 – направляющий канал;
3 – провода цепи управления; 4 – внутренняя защитная оболочка;
5 – наружный защитный слой.

горелки и снижению ее маневренности. Применяют комбинированные варианты подающих механизмов, работающих по схеме "тяни-толкай". В этом случае требуется установка дополнительного электродвигателя с направляющими роликами. Для синхронизации процесса "тяни-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. 2.23.) являются планетарные подающие ролики 1, корпус 2 с коническим отверстием, основание головки 3, электропривод 4. Безредукторный подающий механизм "Интермигмаг" применяют при импульсно-дуговой сварке.

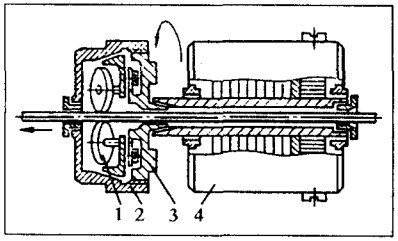


рис. 2.23. Безредукторный подающий механизм типа "Изаплан":
1 – планетарные подающие ролики;
2 – корпус с коническим отверстием;
3 – основание головки; 4 – электропривод.

Планетарная подающая головка "Изаплан" укреплена на полом валу электродвигателя постоянного тока. Электродная проволока проходит через полый валик и поступает на планетарные ролики подающей головки.

Ролики располагаются под определенным углом к оси электродной проволоки, это создает осевое усилие в процессе ее обкатки. Электродная проволока перемещается по направляющему каналу к сварочной головке.

Скорость подачи проволоки регулируется изменением частоты вращения ротора электродвигателя постоянного тока. Усилие сжатия роликов регулируется перемещением по резьбе конусного корпуса подающей головки.

Число ведущих роликов в подающих механизмах, как редукторных, так и в безредукторных определяется в зависимости от диаметра и материала сварочной проволоки. Для тонкой стальной проволоки диаметром 1,2 мм применяют механизм с одним ведущим роликом; для стальной проволоки диаметром 1,6 — 2,5 мм применяют механизм с двумя ведущими роликами; для алюминиевой и порошковой проволоки — с четырьмя ведущими роликами. Ролики изготавливают из легированной стали с последующей термообработкой. Наиболее часто применяют ролики цельные (одинарные) с накаткой и коническими гладкими канавками и составные из двух подающих роликов с фасками и накаткой по фаске. Для уменьшения засорения направляющего канала высота накатки на ведущих роликах не должна превышать 0,6 мм.

Для сварки в среде защитных газов сварочный пост необходимо обеспечить комплектом соответствующей аппаратуры, в который входят:

баллон с защитным газом, инертным газом или несколькими баллонами для использования смеси газов ($Ar+CO_2+O_2$);

подогреватель, осушитель и смеситель газов;

редукторы с манометрами или расходомерами для точной дозировки каждого газа.

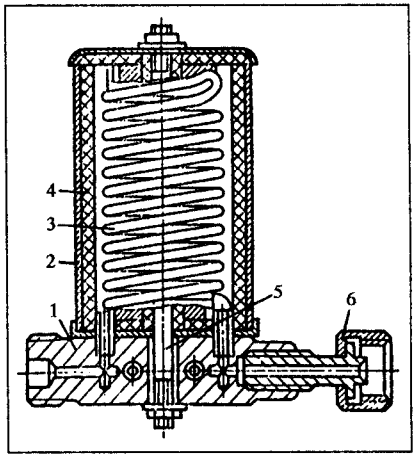


рис. 2.24. Подогреватель углекислого газа: 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – трубка змеевик; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – нагревательный элемент; 6 – накидная гайка.

Баллоны предназначены для хранения и транспортировки защитных газов. Все газы находятся в баллонах в сжатом состоянии, под высоким давлением, кроме углекислого газа, который содержится в виде углекислоты в жидком состоянии.

Подогреватель газа предназначен для повышения температуры углекислого газа, поступающего из баллона. Конструкция подогревателя представлена на рис. 2.24.

Осушитель газа поглощает влагу (см. рис. 2.25.), из углекислого газа. В качестве осушителя применяют медный купорос или силикагель.

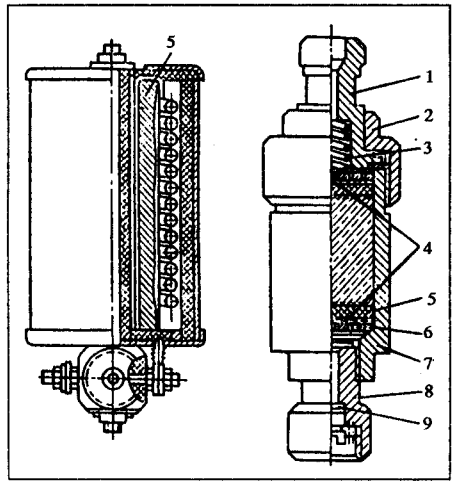


рис. 2.25. Осушитель углекислого газа: 1 – втулка; 2 – накидная гайка; 3 – пружина; 4 – сетки; 5 – фильтр; 6 – сетчатая шайба; 7 – корпус; 8 – штуцер; 9 – сетка.

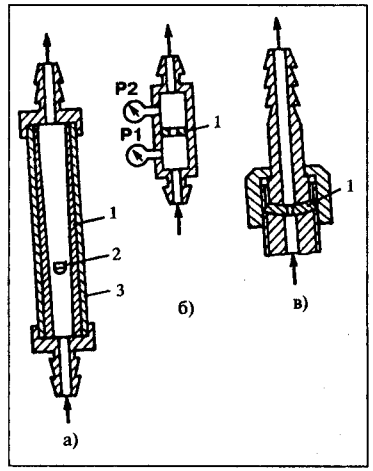


рис. 2.26. Расходомеры: а – с конусной стеклянной трубкой (ротаметр); б – с дросселирующей диафрагмой; в – с калиброванной диафрагмой;а – 1 (стеклянная трубка); 2 (поплавок); 3 (корпус); б, в – 1 (диафрагма); б – (P1 – P2) перепад давления.

Объем осушителя на одну зарядку позволяет осушить четыре-шесть баллонов CO_2.

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 $C0_2$ — У-30. При сварке в инертных газах применяются редукторы давления АР-10, АР-40 и АР-150.

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. 2.26.).

В комплект аппаратуры сварочного поста входит и отсекатель газа.

Отсекатель газа — это электромагнитный клапан, который предназначен для автоматического управления подачей газа. Включение электромагнитного клапана сблокировано 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.

Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки?

Почему применяют унифицированные узлы на полуавтоматах и автоматах?
Расскажите о системе обозначения аппаратов для дуговой сварки?
Расшифруйте марку ПДГ-516УЗ.
Каковы достоинства полуавтоматов?
По каким признакам классифицируются полуавтоматы?
Из каких основных элементов состоит горелка?
Расскажите о назначении гибких шлангов.
Какие типы подающих механизмов вы знаете?
Расскажите о достоинствах подающего механизма "Изаплан".
Что входит в комплект сварочного поста для сварки в среде защитных газов?
Какие типы расходомеров вы знаете? Расскажите об их устройстве.
Какие операции обеспечивает блок управления БУСП-2?
Для каких целей комплектуют полуавтоматы ПДГ консольно-поворотным устройством?
Расскажите о применении полуавтомата ПШ-112 и его достоинствах.
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

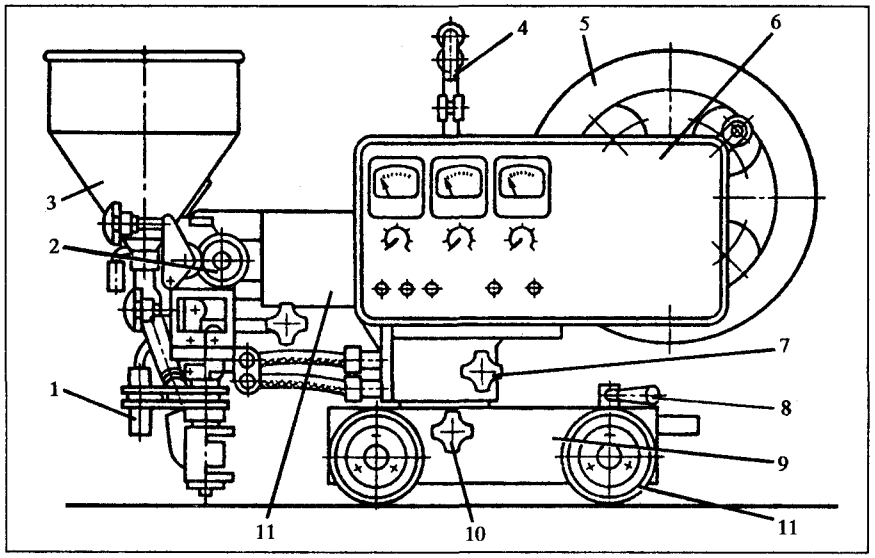


рис. 2.27. Сварочный автомат тракторного типа АДФ:
1 – светоуказатель пути; 2 – подающий механизм; 3 – флюсобункер; 4 – промежуточные ролики;

Таблица 2.10.

Технические данные автоматов.

Тип, марка	*Назначение*	*ПВ, %*	*Номинальный сварочный ток, к А*	*Диаметр электродной проволоки мм*	*Скорость подачи проволоки, м/ч*	*Источник питания*	*Масса автомата, кг*	*Цена, руб. (1990)*	*Изготовитель*
АДГ–602, УХЛ4	В CO2 низкоуглеродистых и низколегированных сталей	60	0,63	1,2 – 3,0	120 – 960	ВДУ–601 У3	60	2600	З–д "Электрик"
АДФ–1002, У2	Под флюсом	100	1,0	3,0 – 5,0	60 – 360	ТДФЖ–1002	45	2215	З–д "Искра"
АДФ–1202, У3	Под флюсом	100	1,25	2,0 – 6,0	60 – 360	ВДУ–1201	78	2950	З–д "Электрик"
А–1406, УХЛ4	Для комплектации наплавочных станков У–653, У–654 (подвесная)	100	1,0	2,0 – 5,0*1 2,0 – 3,0*2	17 – 553	ВДУ–1202	215	4380	КЗЭСО
А–1412, УХЛ4	Для сварки под флюсом на переменном токе	100	2x16	2 x (2–5)	17 – 553	ТДФЖ–2002		7180	КЗЭСО
А–1416	Под флюсом на постоянном токе	100	1,0	2,0 – 5,0	49 – 509	ВДУ–1202	365	5100	КЗЭСО
АДФ–2001, УХЛ4	Под флюсом соединений стержней арматурной стали	60	2,0	8 – 40*3 (стержни)	54 (стержни)	ТДФЖ–2002	385	3930	ТЗЭСО

**1 Сплошная. *2 Порошковая. *3 Стержни.*

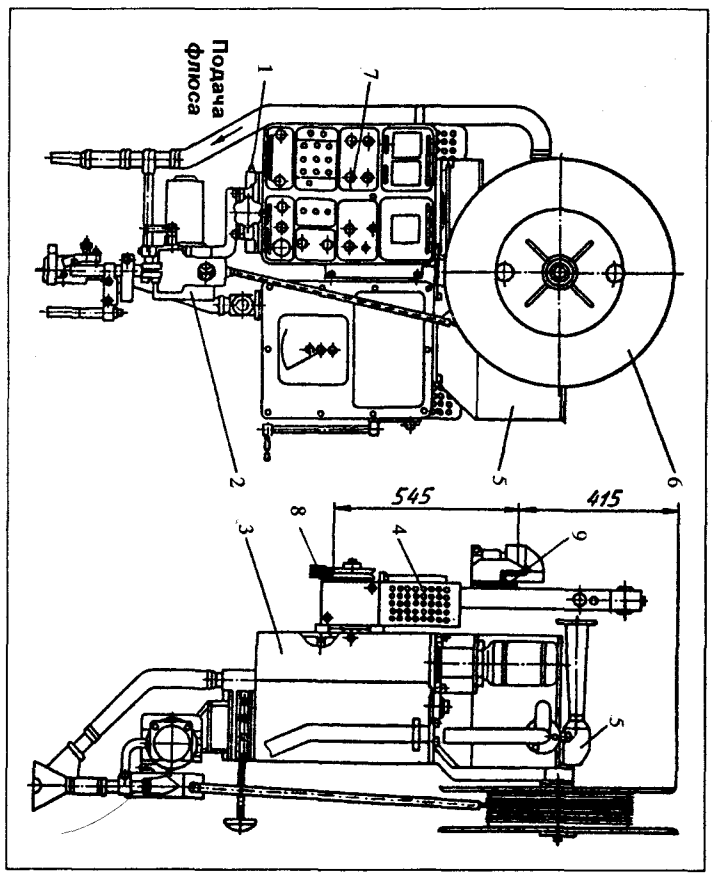


рис. 2.29. Сварочный автомат подвесного типа, самоходный, серии А–1400:
1 – суппорт; 2 – подающий механизм; 3 – механизм вертикального перемещения; 4 – самоходная тележка; 5 – флюсовая аппаратура; 6 – кассета; 7 – пульт управления; 8 – опорный монорельс; 9 – фиксатор от опрокидывания.

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 (рис. 2.29.).

Технические характеристики некоторых автоматов серии А-1400 приведены в табл. 2.11.

Одним из направлений повышения производительности сварочного процесса является увеличение скорости сварки. Однако скорость переме-

Таблица 2.11.

Технические характеристики самоходных автоматов подвесного типа.

Параметр	*А-1406*	*А-1410*	*А-1411П*	*А-1416*	*А-1417*
Номинальный сварочный ток, А	1000	2000	1000	1000	1000
Диаметр электродной проволоки,мм	2 – 5	2 – 5	2 – 4	2 – 5	2 – 5
Скорость, м/ч: подачи электродной проволоки, ...	13 – 133	53 – 532	53 – 530	17 – 558	53 – 532
сварки	12 – 120	24 – 240	12 – 120	12 – 120	12 – 120
Габаритные размеры, мм	1010x890x1725	1070x845x1820	890x960x1650	1820x815xx930	1070x770x1650
Масса, кг	215	325	350	365	240

Параметр	*А-1431*	*АД-111*	*ГДФ-1001*	*АД-143*
Номинальный сварочный ток, А	750	315	100	1200
Диаметр электродной проволоки,мм	1,4 – 4	1,4	3 – 5	3 – 4
Скорость, м/ч: подачи электродной проволоки, ...	80 – 800	–	55 – 558	60 – 600
сварки	12 – 120	10 – 70	–	3 – 30
Габаритные размеры, мм	1070x770x1650	515x405x1480	1845x1050x1680	1400x610x1265
Масса, кг	240	80	298	297

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-1411П - в среде углекислого и инертного (аргон) газов; автоматы А-1431 и АД-143 - в среде аргона; автомат АД-111 - 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 - 12мм, скорость его перемещения 14 - 21м/ч.

щения 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 являются: уменьшение сварочных деформаций, увеличение объема продукции с единицы производственной площади и более компактное размещение источников питания.

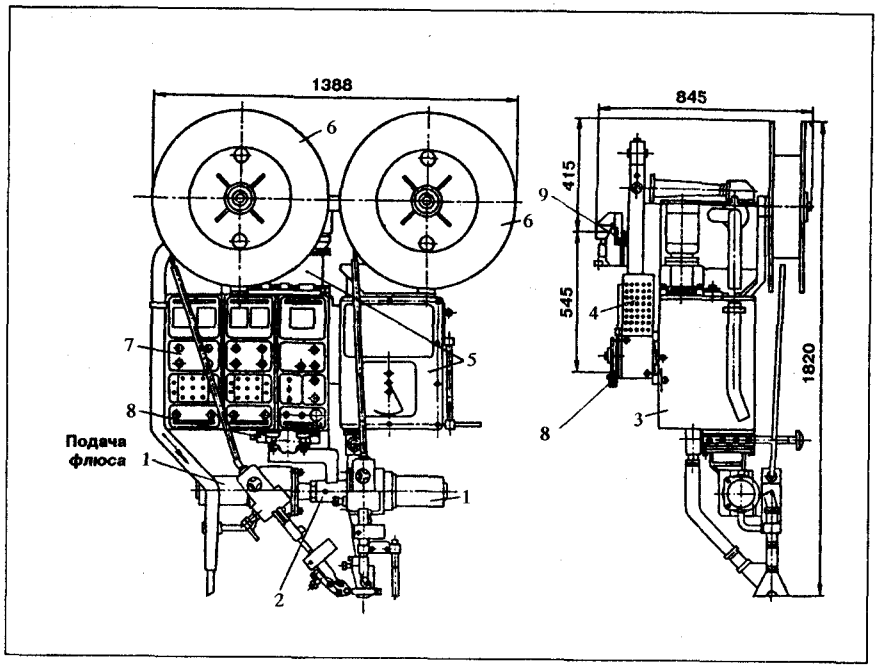


рис. 2.30. Двухдуговой сварочный автомат А-1412.
1 – подающие механизмы; 2 – подвеска для крепления подающих механизмов; 3 – механизм вертикального перемещения; 4 – самоходная тележка; 5 – флюсобункер; 6 – кассета; 7 – пульт управления; 8 – опорный монорельс; 9 – фиксатор опрокидывания.

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.

Автомат А-1412 имеет два подающих механизма 1, которые закреплены на специальной подвеске 2 и две кассеты 6 с электродной проволокой. Основными узлами автомата являются: механизм вертикального перемещения 3, самоходная тележка 4, флюсобункер 5 с флюсовым аппаратом, пульт управления 7 и суппорт 8, которые аналогичны однодуговому автомату серии А-1400. Схематично конструкция автомата А-1412 изображена на рис. 2.30.

Технические характеристики некоторых многодуговых автоматов приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

Техническая характеристика многодуговых автоматов

Параметр	*А-1412*	*А-1713*	*А-1599*
Номинальный сварочный ток, А	2х1600	1500	1800
Число электродов, шт	2	3	2
Диаметр электродной проволоки,мм	2 - 5	3 - 5	3 - 5
Скорость, м/ч: подачи электродной проволоки, ...	53 - 532	100 - 400	125 - 560
сварки	24 - 240	80 - 300	80 - 250
Габаритные размеры, мм	1388х845х1820	-	-
Масса, кг	390	1340	680

Параметр	А-1373	АД-132	ДТС-38
Номинальный сварочный ток, А	1800	300	2х1600
Число электродов, шт	3	5 и 2	2
Диаметр электродной проволоки,мм	3 - 5	1 - 2	2 - 5
Скорость, м/ч: подачи электродной проволоки, ...	100 - 500	5 - 50	58 - 580
сварки	45 - 270	5 - 50	16 - 160
Габаритные размеры, мм	1650х1620х2370	310х350х305	900х410х930
Масса, кг	850	10	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 : описываемый диаметр 1100, 430; длина 2800, 3750.*

Контрольные вопросы.

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

Какими источниками питания могут комплектоваться автоматы типа АДФ и АДГ?

Для чего выпускаются и применяются автоматы подвесного типа?

В чем различие однодуговых и двухдуговых автоматов?

ГЛАВА IV. Сварочные материалы

§ 1. Электродные материалы

При электрической сварке плавлением применяют следующие сварочные материалы: сварочная проволока, неплавящиеся и плавящиеся электродные стержни, покрытые электроды.

Стальная сварочная проволока, предназначенная для сварки и наплавки, регламентируется ГОСТ 2246-70. Она классифицируется по группам и маркам стали. ГОСТ предусматривает три группы сварочной проволоки: низкоуглеродистую — 6 марок, легированную — 30 марок и высоколегированную — 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. 2.13.

Таблица2.13.

Условное обозначение элементов химического состава в основном металле и в 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

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. 2.14.

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

Таблица 2.14.

Некоторые марки сварочной проволоки по ГОСТ 2246-70

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 А1
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	–	–	0,20–0,35	0,25 0,25	0,10–0,23 Nb

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 методами. Различные виды проволоки имеют 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 —

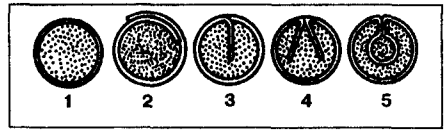


рис. 2.31. Некоторые виды конструкций порошковой проволоки:
1 – трубчатая; 2 – с нахлестом;
3, 4 – с загибом в оболочке;
5 – двуслойная.

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, ГОСТ. К каждой партии проволоки прилагается документ (сертификат), удостоверяющий соответствие проволоки требованиям ГОСТа. 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. 2.31.

Более сложные конструкции порошковой проволоки приводят к увеличению глубины проплавления, 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. 2.15. приведены характеристики некоторых типов самозащитных порошковых проволок.

Таблица 2.15.

Характеристика некоторых типов самозащитных порошковых проволок

Марка проволоки.	Диаметр мм	Режим сварки I, A	U,B	Производительность, кг/ч	Металл шва. Массовое содержание (%) C	Mn	Si	Механические свойства $\sigma_в$ МПа	δ_5, %	KCU, Дж/см²
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-АН3	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

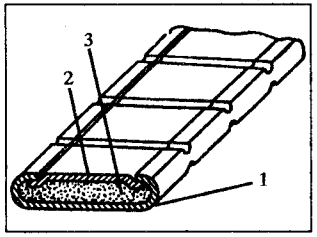


рис. 2.32. Порошковая лента: 1 – нижняя лента; 2 – верхняя лента; 3 – шихта.

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 изготовляют порошковую ленту (рис. 2.32.).

Неплавящиеся электродные стержни изготавливают из электротехнического угля или синтетического графита, а также из вольфрама. Угольные (ГОСТ 4425-72) и графитовые (ГОСТ 4426-71) 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 (ГОСТ 23949-80). 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 требуемых 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. Это 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. Этими 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.

Газообразующие вещества при нагревании разлагаются и образуют газы, которые оттесняют атмосферные газы от плавильной зоны и обеспечивают дополнительную защиту расплавленного металла. В качестве газообразующих веществ используются: крахмал, декстрин, оксицеллюлоза, древесная мука, мрамор, магнезит, доломит.

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 элементов используют ферросплавы и значительно реже — чистые металлы.

Связующие и цементирующие добавки связывают порошковые материалы покрытия в однородную, вязкую массу и цементируют покрытие на электродном стержне, чтобы после сушки покрытие не осыпалось. Хорошими связующими материалами являются натриевое жидкое стекло ($Na_2O \cdot SiO_2$) и калиевое жидкое стекло ($K_2O \cdot SiO_2$). В качестве добавок применяют и другие элементы — пластификаторы: бентонит, каолин, силикатная глыба и др.

Материалы, используемые для изготовления электродных покрытий, должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов или ТУ (табл. 2.16.).

На электроды для сварки и наплавки сталей имеются четыре ГОСТа (электроды металлические для ручной дуговой сварки и наплавки): ГОСТ 9466-75; ГОСТ 9467-75; ГОСТ 10051-75; ГОСТ 10052-75. Классификация электродов, общие технические требования к ним, а также размеры, правила приемки, методы испытаний, требования к упаковке, маркировке, хранению и транспортировке определены в ГОСТ 9466-75. Требования ГОСТа содержат также указания по системе обозначения электродов для их опознания. Требования к электродам для ручной дуговой сварки углеродистых, низколегированных конструкционных и других сталей определены ГОСТ 9467-75.

Типы этих электродов обозначаются буквой Э, затем следуют цифры, указывающие прочностную характеристику наплавленного металла. Например, обозначение Э-42 означает, что электроды этого типа по ГОСТ 9467-75 обеспечивают минимальное временное сопротивление 420 МПа.

Таблица 2.16.

Требования ГОСТов и ТУ к некоторым материалам электродных покрытий

Материал	Массовое содержание соединений и элементов, %.														ГОСТ или ТУ
	$SiO2$	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	MoO	$CaCO_3$	CaF	C	Si	Mn	Ti	S не более	P не более	Прочие примеси	
Гематит	6	92	1,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,15	0,1	–	–
Гранит	66–71	2–7	15–21	2–5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	0,08	5–8 KO_2	ТУЦНИИТмаш ГОСТ 4417-75
Кварцевый песок	97	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	–	0,03	0,015	–	ГОСТ 22938-78
Концентрат рутиловый	1,5	3	1,0	–	–	94	–	–	–	–	–	–	–	0,05	0,03	1 ZrO_2	ГОСТ 4416-73
Мрамор	–	–		–	3	–	–	92	–	–	–	–	–	0,04	0,015	–	–
Магнезит	1,5	1,5	1,5	0,5	45	–	1,2	–	–	–	–	–	–	0,03	0,05	–	
Марганцевая руда	10	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	45	–	0,1	0,2	–	ГОСТ 4418-75
Полевой шпат	64–70	1,5	17–21	1,5	0,5	–	1,0	–	–	–	–	–	–	0,04	0,04	$10K_2O$ $+Na_2O$	ГОСТ 4422-73
Плавиковый шпат	5	–	–	–	–	–	–	–	92	–	–	–	23	0,1	0,15	–	ГОСТ 4421-73
Ферро марганец	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	2,0	80	–	0,03	0,3	–	ГОСТ 4755-80
Ферросилиций	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40–47	0,8	–	0,04	0,05	0,5Cr	ГОСТ 1415-78
Ферротитан	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,28	–	–	0,08	0,08	4,0Cu 0,4Al	ГОСТ 4761-80
Мусковит $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$	45–45	–	38	–	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	0,04	0,03	$11K_2O$	ГОСТ 14427-82
Крахмал	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–	–	ГОСТ 7699-78
Оксицел люлоза.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ТУ 417-54

Таблица 2.17.

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 (по ГОСТ 9467-75)

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре. металл шва или наплавленный металл			сварочное соединение при $d_э$< 3 мм		Содержание в наплавленном металле, % (по массе)	
	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	KCU, МДж/м²	$\sigma_в$,	$\alpha_{загиба}$,	S	P
	не менее			МПа	рад (град)	не более	
Э38	380	14	0,3	380	1,0 (60)		
Э42	420	18	0,8	420	2,6 (150)		
Э46	460	18	0,8	460	2,6 (150)	0,040	0,045
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)		
Э55	550	20	1,2	550	2,6 (150)		
Э60	600	18	1,0	600	2,0 (120)		
Э70	700	14	0,6	–	–	0,030	0,035
Э85	850	12	0,5	–	–		
Э100	1000	10	0,5	–	–		
Э125	1250	8	0,4	–	–		
Э150	1500	6	0,4	–	–		

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 $d_э \leq 3$ мм, должны соответствовать требованиям стандартов или ТУ на электроды конкретных марок.

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.2.17), в которых требованиями ГОСТ 9467-75 определены основные механические свойства и содержание вредных примесей (серы и фосфора). Аналогичные требования к электродам для наплавки определены ГОСТ 10051-75.

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. 2.18.).

Таблица 2.18.

Характеристики наиболее распространенных электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Электрод		Коэф. наплавки $\alpha_н$, г/(А·ч)	Род тока, полярность**	Основное назначение электрода
тип*	марка			
Э42	ВСЦ-2	10,5	=	Углеродистая и низколегированная сталь
	ЦМ-7	10,6	=,~	Малоуглеродистая сталь
	АНО-6	10,0	=,~	То же
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 $\sigma_в \le 400$ 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
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 Т ≥ -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 Т ≤ -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, $\sigma_в \le 650$ МПа
	УОНИ-13/65	9,5	= (ОП),~	Низколегированные хромистые, хромомолибденовые и хромокремнисто-марганцевые стали

** По ГОСТ 9467-75 ; ** ОП - обратная полярность, ток постоянный (=) или переменный (~).*

Покрытые электроды для ручной дуговой сварки и наплавки по ГОСТ 9466-75 подразделяются по назначению:

для сварки углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей и обозначаются буквой У;

для сварки легированных сталей — Л;

для сварки теплоустойчивых сталей — Т

для сварки высоколегированных сталей — В;

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. 2.19.

Таблица 2.19.

Составы наиболее распространенных видов электродных покрытий

Вид покрытия	Содержание, по массе, %								Коэффициент массы покрытия,%
	Двуокись титана	Силикаты	Руды	Карбонаты	Плавиковый шпат	Ферросплавы	Железный порошок	Органика	
Кислый (руднокислый)	-	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	15-35	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 ГОСТам и ТУ (техническим условиям) устанавливаются специальные обозначения, которые сварщик должен уметь читать, понимать и правильно реализовывать в процессе сварки.

Перед сваркой необходимо ознакомиться с надписью на этикетке пачки. Например, в технической документации стоит обозначение на применяемые электроды:

УОНИ-13/45-3, 0-2 ГОСТ 9466-75.

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

Таблица 2.20.

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.*

Таблица 2.21.

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

Фирма-изготовитель	*Марка электродов*	*Индекс электродов по стандартам*		
		ISO 2560	*AWS A5, 1-69*	*Тип по ГОСТ 9467-75*
"ESAB" (Швеция)	OK53.05 OK53.05	E515B21/H/ E514B56/H/	E7016 E7016	Э50А Э50А
"Lincoln Electric" (США)	Jetweld LH 70 Jet-LH 72	E515B26 E515B26	E7016 E7016	Э50А Э50А
"Oerlicon" (Швейцария)	Tenacito Supercito Special Extra	E515B29 E434B26 E434B23 E514B23	E7018 E7018 E7016 E7016	Э50А Э46А Э46А Э50А
"Phoenix Union" (ФРГ)	400 SH Grun K45 401 SH Grun K50 402 SH Grun K50R 421 SH Grun K70W 420 SH Grun K70	E434B29 E434B26 E514B26 E514B23 E514B26	E6015 E6015 E6016 E7016 E7016	Э46А Э46А Э50А Э50А Э50А
"Messer Griesheim" (ФРГ)	Gricon (15) HB 50 Gricon (14) HB 50W Gricon (43) KRONA	E434B20 E434B26 E514B26	E7018 E7016 E7016	Э46А Э46А Э50А
"Bohlev" (Австрия)	FOX EV Supra FOX EV 47 FOX EV 50 FOX KDE	E432B16 E434B29/H/ E514B26/H/ E514B16	E6015 E7016 E7018 E7016	Э46А Э46А Э50А Э50А
"Hobart" (США)	Habart LH-718	E515B16	E7018	Э50А
"Kobe Steel" (Япония)	LB-26 LB-47 A LB-26V ZERODE-6V LB-52 ZERODE-52 LB-52V LB-52UL LB-57	E515B26/H/ E434B26/H/ E515B16/H/ E515B16/H/ E515B26/H/ E515B26/H/ E515B16/H/ E515B26/H/ E515B26/H/	E7016 - E7048 E7048 E7016 E7016 E7048 E7016 E7016	Э50А Э46А Э50А Э50А Э50А Э50А Э50А Э50А Э50А

Таблица 2.22.

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 по ГОСТ 9467-75*
"ESAB" (Швеция)	OK48.00 OK48.30 OK55.00 OK Femax 38.65 OK Femax 38.85 OK Femax 38.95	E515B12020/H/ E515B12020/H/ E515B12026/H/ E514B17036/H/ E514B22036/H/ E514B25046/H/	E7018 E7018 E7018 E7028 E7028 E7028	Э50А Э50А Э50А Э50А Э50А Э50А
"Oerlicon" (Швейцария)	OH blau Kb	E514B15036	E7028	Э50А
"Phoenix (ФРГ)	750 SH Multifer 150 K1 755 Universal K 150 771 SH Multifer 210 K	E514B15036 E514B15023 E514B15036	E7028 E7018 E7028	Э50А Э50А Э50А
"Messer Griesheim" (ФРГ)	Gricon (45) FERRA 160 K Gricon (46) FERRA 180 K	E433B16043 E514B18046	E7028 E7028	Э50А Э50А
"Bohlev" (Австрия)	FOX HL 180Kb	E433B18036/H/	E7028	Э50А
"Arcum" (Италия)	Arcum 6RB 150 Arcum 6RB 200	E435B15032 E515B20045	E7028 E7028	Э46А Э50А
"Kobe Steel" (Япония)	LBI - 52H LBF - 52A LB - 52 - 58	E514B12036/H/ E514B12036/H/ E514B12036/H/	E7028 E7028 E7028	Э50А Э50А Э50А

$$\frac{\text{Э42А — УОНИ — 13/45 — 3,0 — УД}}{\text{E432(5) — Б1 =, ОП}}$$

Эта запись условного обозначения электродов по ГОСТ 9466-75 означает следующее:

- тип электрода Э42А — прочностная характеристика $\sigma_в$ = 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 по ГОСТУ;
- 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.2.20.

Таблица 2.23.

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 по ГОСТ 9467-75*
"ESAB" (Швеция)	OK 43.32	E512 RR 32	E6013	Э50
	OK 46.00	E433 R 12	E6013	Э46
	OK 46.16	E433 R 12	E6013	Э46
	OK 46.64	E513 R 12	E6013	Э50
"Oerlicon" (Швейцария)	Overcord	E432 R 12	E6012	Э46
	Novocord	E432 R 12	E6013	Э46
	Fincord	E512 R 22	E6013	Э50
	Gitorex	E433 R 22	E6013	Э46
	Segment	E433 R 22	E6013	Э46
"Phoenix Union" (ФРГ)	104 Gelb 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 AR 22	E7013	Э50
	308 SH Gelb S	E434 AR 22	E6013	Э46
"Messer Griesheim" (ФРГ)	Gricon (24) CASCA	E432 R 12	E6012	Э46
	Gricon (37) ARIBA	E433 R 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	E6013	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	Э50
	CITOSEPT			
	CYRUTIR 14			
"Commercy Souder" (Франция)	TRICORD	E433 R 22	E6013	Э46
	VERTICORD	E432 R 22	E6013	Э46
		E432 R 12	E6013	Э46
		E433 R 12	E6013	Э46
"Lincoln Electric" (США)	Fleetweld 37	E431 R 12	E6013	Э46
	Fleetweld 57	E432 R 22	E6013	Э46
	Fleerweld 47	E511 R 22	E7014	Э50
"Hobard Brothers" (США)	Hobard 12	E431 R 11	E6013	Э46
	Hobard 13 A	E430 R 11	E6013	Э46
	Hobard 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 2.24.

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 по ГОСТ 9467-75*
"ESAB" (Швеция)	OK Femax 33.65	E513 RR 170 32	E7024	Э50
	OK Femax 33.80	E512 RR 190 32	E7024	Э50
	OK Femax 39.50	E435 AR 150 35	E7024	Э46
	OK Femax 39.95	E434 AR 210 45	E7024	Э46
"Oerlicon" (Швейцария)	OH blau T1	E433 R 160 22	E6024	Э46
	Ferrocord 150T	E513 R 160 22	E6024	Э50
	OH blau 180	E433 R 180 42	E6024	Э46
	OH blau 210	E433 R 210 42	E6024	Э46
"Phoenix (ФРГ)	701 SH Multifer 150	E512 RR 160 32	E6024	Э50
	718 SH Multifer 180	E512 RR 180 32	E6024	Э50
	722 SH Multifer 220	E433 AR 220 32	E6024	Э46
"Messer Griesheim" (ФРГ)	Gricon (17) FERRUM 2T1	E432 R 160 42	E6024	Э46
	Gricon (20) FERRUM 4T1	E432 R 160 42	E6024	Э46
	Gricon (54) FERRA 160T	E512 R 160 42	E7024	Э50
	Gricon (47) RERRA 180T	E512 R 180 42	E7024	Э50
"Bohlev" (Австрия)	FOX HL 130 T1	E432 RR 130 32	E6024	Э46
	FOX HL 150 T1	E432 RR 150 32	E6024	Э46
	FOX HL 180 T1	E432 RR 180 32	E6024	Э46
"Commercy Sounder" (Франция)	СУМЕТА 6	E433 R 120 21	E7014	Э46
"Arcum" (Италия)	Arcum GR 135	E513 R 140 35	E7024	Э50
	Arcum GR 150	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 2.25.

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

Марка электрода	*Страна, фирма-изготовитель*	*Код по ISO 2560*	$\sigma_т$ *МПа*	$\sigma_в$ *МПа*	δ_5 *%*	*KCU Ударная вязкость Дж/см²*
ВСЦ- 4	РСФСР	E430C10	400-470	450-500	22 - 26	90 - 120
OK22.45	Швеция "ЭСЛБ"	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	430500	22 - 28	110 - 140
Phoenix-Cel 80	ФРГ "Феникс Юнион"	E514C50	510-540	570-600	20 - 26	86 - 110

В настоящее время в практике работы сварщиков появляются импортные электроды для ручной дуговой сварки конструкционных сталей. Информация по некоторым маркам электродов приведена в табл. 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25.

Контрольные вопросы.

Перечислите сварочные материалы, применяемые при сварке.
Как маркируется стальная сварочная проволока?
Какие существуют виды сварочной проволоки?
Охарактеризуйте неплавящиеся электродные стержни.
Для чего применяются покрытия для ручных электродов?
Что такое тип электрода и марка электрода?
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:

1) для сварки углеродистых и легированных сталей;
2) для сварки высоколегированных сталей;
3) 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 безкремнистые 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 плавленые и неплавленые (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.2.26.).

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:

1) плавленый марганцевый, высококремнистый флюс и низкоуглеродистая или марганцовистая сварочная проволока;

2) плавленый безмарганцевый, высококремнистый флюс и низкоуглеродистая марганцовистая сварочная проволока;

3) 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). Требования к этим флюсам регламентируются ГОСТ 9087-81.

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 недо-

Таблица 2.26.

Состав некоторых марок плавленных флюсов для сварки углеродистых и легированных сталей

Марка флюса	Массовое содержание компонентов,%									
	SiO_2	MnO	CaF_2	MgO	CaO	Al_2O_3	K_2O Na_2O	Fe_2O_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	>> 6,5	>>4,5	–	>>2,0	>> 0,15	>> 0,12
ОСЦ-45М	38,0–44,0	38,0–44,0	6,0–9,0	До 2,5	>> 6,5	>> 5,0	–	>>2,0	>> 0,15	>> 0,10
АН-348АМ	41,0–44,0	34,0–38,0	3,5–4,5	5,0–7,5	>> 6,5	>> 4,5	–	>> 2,0	>> 0,15	>> 0,12
ФЦ-9										
АН-8	39,5	40,0	2,6	До 1,0	3,5	11,0	–	>> 0,5	–	–
	34,5	23,5	16,0	6,0	3,5	13,0	–	>> 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
АН-26С	29,0–33,0	2,5–4,0	20,0–24,0	15,0–18,0	4,0–8,0	19,0–23,0	–	1,5	>>0,10	>> 0,10
48-ОФ-6	9,0–12,0	–	35,0–45,0	11,0–14,0	До 8,0	28,0–34,0	–	–	>> 0,05	>> 0,04
АН-17	4,0	0,3	45,0–60,0	3,0	16,0–23,0	20,0–27,0	–	1,5	–	–

статком 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 к кислороду, следует применять безкислородные флюсы, химически инертные к металлу сварочной ванны.

Контрольные вопросы.

Расскажите о назначении флюсов.
Как разделяются флюсы по химическим свойствам?
Расскажите о классификации флюсов по степени легирования.
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 ГОСТ 10157-79 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. ГОСТ 20461-75 предусматривает 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 ГОСТ 8050-85, в зависимости от содержания он выпускается трех марок: сварочный, пищевой и технический. Летом в стандартные баллоны емкостью 40 дм^3 (литров) заливается 25 дм^3 (литров) углекислоты, при испарении которой образуется 12600 дм^3 газа. Зимой заливается 30 дм^3 (литров) углекислоты, при испарении которой образуется 15120 дм^3 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. ГОСТ 3022-80 предусматривает три марки технического водорода. Водород применяет только в смесях.

Кислород применяется как добавка к аргону или углекислому газу. ГОСТ 5583-78 предусматривает три сорта кислорода 1, 2-й и 3-ий.

В последние годы все большее применение находят смеси таких газов, как CO_2 (углекислый газ), Ar (аргон), O_2 (кислород). При сварке в газовых смесях для точной дозировки газов применяют смесители. В настоящее время применяют смесители: УКП-1-71 для смеси (CO_2 + O_2); АКУП-1 для смеси (Ar + CO_2 + O_2); УКР-1-72 для смеси (CO_2 + O_2). Перед смесителем устанавливают осушители для отделения паров или конденсата влаги.

Контрольные вопросы.

Какие газы применяют для защиты дуги в процессе сварки?
Дайте краткую характеристику защитных газов: аргона, углекислого газа, кислорода.
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 часов; электроды марки УОНИ 13/45 — при температуре 350-400°С в течении 1,5 часов. Флюсы ОСЦ-45 и АН-348 прокаливают при температуре 300-400°С в течении 5 часов. После прокалки или просушки электроды должны быть использованы в течение ближайших 5 суток, а флюсы — в течение 15 суток. Прокалка электродов может быть произведена не более двух 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 дм^3 (литров) при давлении 15 МПа, а жидкая углекислота — до 6 МПа.

Для предохранения от коррозии и быстрого опознания баллоны, согласно требованиям ГОСТ 949-73, окрашиваются в различные цвета и имеют соответствующие надписи (табл. 2.27.).

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

Таблица 2.27.

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	–

времени стоянки; поддержание определенного давления при вынужденных и аварийных остановках и другие специальные условия, связанные с эксплуатацией специальных автоцистерн.

Контрольные вопросы.

Какие требования предъявляются к условиям хранения электродов, флюсов и электродной проволоке и почему?

Какие требования предъявляются к условиям хранения и перевозки защитных газов?

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

ГЛАВА V. 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 или 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 до 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 окалины 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 листоправильных 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 листоправильных вальцах или прессах. Правку толстолистового металла производят в горячем состоянии вручную на правильных плитах.

рис. 2.33. Правка полосы и листа. а, б, в, г.

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 приведены на рисунках.

Правка полосы и листа показана на рис. 2.33. Берется деталь и "на глаз" определяется ее кривизна или выпуклость (рис. 2.33, а), мелом отмечаются границы дефектов. Деталь кладется на правильную плиту (рис. 2.33, б) и молотками наносятся удары от края к середине выпуклости до полного и плотного прилегания поверхности детали к поверхности плиты (рис. 2.33, в, г).

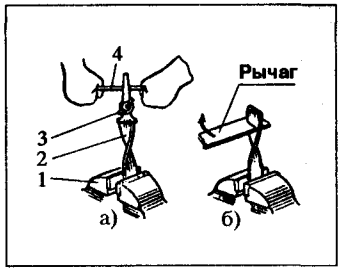


рис. 2.34. Правка полосы в виде спирали.

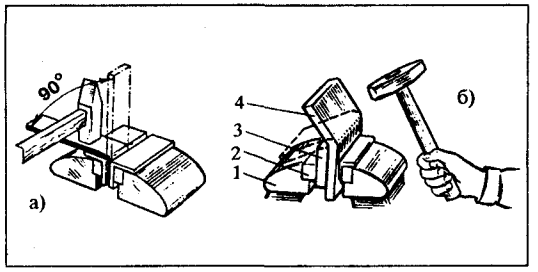


рис. 2 35. Гибка деталей из полосового металла.

Правка полосы с изгибом в виде спирали показана на рис. 2.34. 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. 2.35. Размечается линия гибки, деталь 4 устанавливается в тиски 1 с оправкой 3 и подложкой 2. Ударами молотка деталь загибают на угол 90° (рис. 2.35, а) или на другой заданный угол (рис. 2.35, б).

Гибка труб в холодном и горячем состоянии показана на рис. 2.36. Гибочную оправку 1 закрепляют к верстаку 2 скобами 3 с двух сторон (рис. 2.36, а). Трубу вставляют в желоб оправки и под хомут 4. Плавно нажимая руками, свободный конец трубы сгибают по шаблону. На рис. 2.36, 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. На рис. 2.36, в показана гибка трубы в нагретом (горячем) состоянии. Размечается мелом по шаблону место изгиба

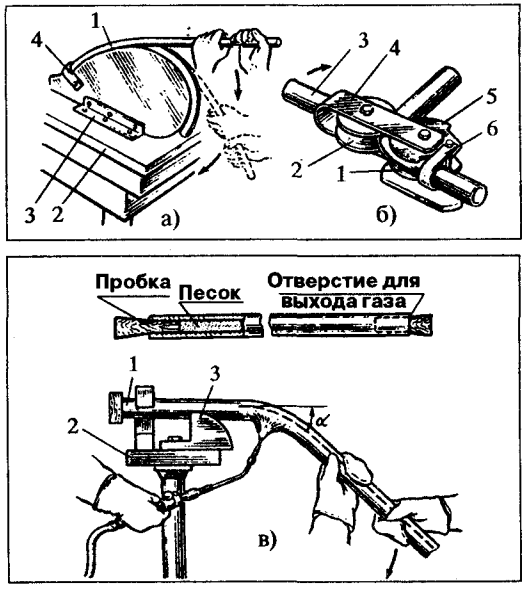


рис. 2 36. Гибка труб в холодном состоянии: а, б, в горячем состоянии – в.

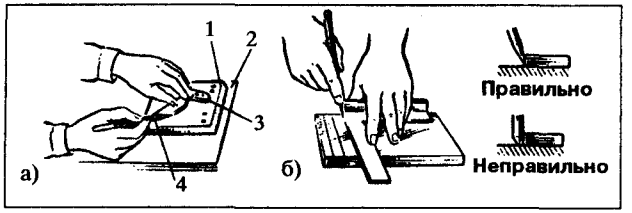


рис. 2.37. Разметка по шаблону и угольнику: а, б.

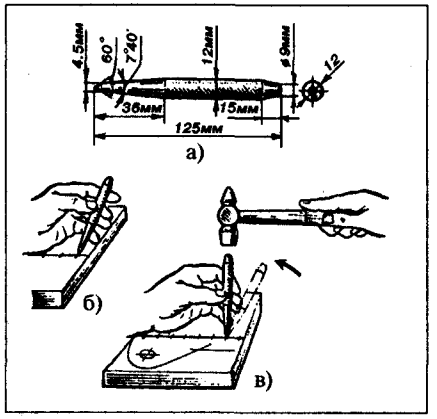


рис. 2.38. Кернение: а, б, в.

трубы. Один конец трубы закрывается заглушкой, труба заполняется песком (сухой, просеянный через сито). Второй конец трубы забивается заглушкой с отверстием для выхода газов. Труба 1 вставляется в приспособление 2, нагревается пламенем горелки и изгибается по копиру 3.

Разметка по шаблону и по угольнику показана на рис. 2.37. Пластина 1, покрытая меловым раствором, кладется на разметочную плиту 2. На пластину 1 накладывается шаблон 3 (рис. 2.37, а). Чертилкой 4 прочерчивается по контуру шаблона риска. Разметку по угольнику можно производить только тогда, когда одна сторона имеет ровную обработанную сторону (рис. 2.37, 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 2.38. Берется кернер (рис. 2.38, а) и острым концом устанавливается в центр разметочной риски (рис. 2.38, б). Поставить кернер необходимо вертикально (рис. 2.38, в) и затем нанести мягкий удар молотком.

Резка металла ножовочным полотном показана на рис. 2.39. 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 по углом 90° по отношению к корпусу станка ножовки.

Резка трубы труборезом показана на рис. 2.40. Отмечается мелом место резания по окружности трубы. Трубу 1 устанавливают в прижиме 2 ме-

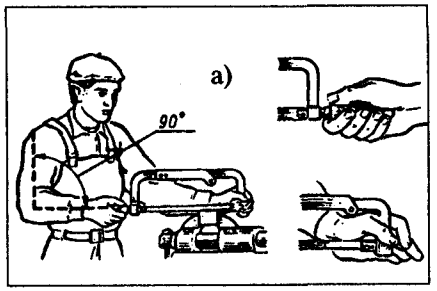


рис. 2.39. Резка металла ножовочным полотном: а, б.

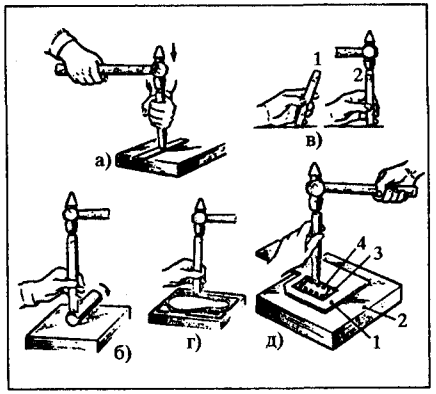


рис. 2 41. Рубка металла по разметке на плите: а, б, в, г, д; 1 – деталь (заготовка); 2 – плита; 3 – разметочная линия; 4 – отверстия под вырубку заготовки.

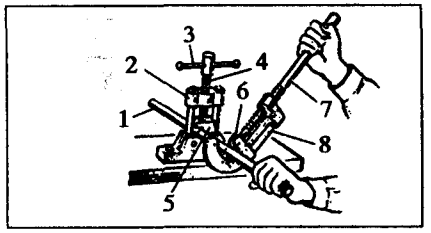


рис. 2.40. Резка трубы труборезом.

жду угловой выемкой основания прижима 2 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 7 трубореза на 1/4 оборота по часовой стрелке, вращают труборез и прорезают трубу на пол оборота. После каждого вращения трубореза на пол оборота рукоятку 7 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. 2.41. Детали устанавливаются на плите, наковальне и рельсе. Мелом отмечаются места рубки. Зубило устанавливают вертикально на риску (рис. 2.41, в) и разрубают деталь (рис. 2.41, а). Толстый листовой металл детали подрубают на половину толщины с обеих сторон. При рубке круглой заготовки ее необходимо поворачивать после каждого удара (рис. 2.41, б). Вырубание заготовок производят по разметке или по перемычкам отверстий заготовки (рис. 2.41, г, д).

Подготовка металла под сварку с отбортовкой кромок показана на рис. 2.42. Чертилкой намечается линия гибки (рис. 2.42, а). Деталь устанавлива-

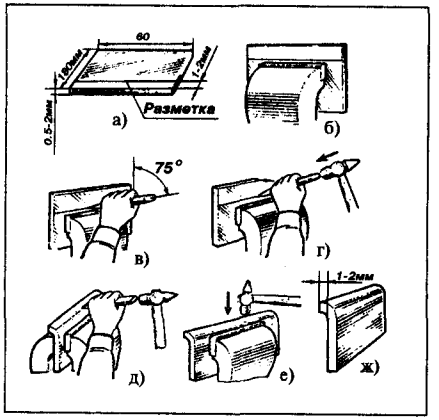


рис. 2.42. Подготовка металла под сварку с отбортовкой кромок: а, б, в, г, д, е, ж.

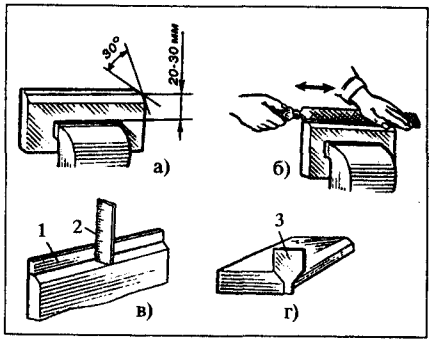


рис. 2 44. Опиливание напильником кромок при подготовке деталей под сварку: а, б, в, г; 1, 2 – линейки; 3 – шаблоны.

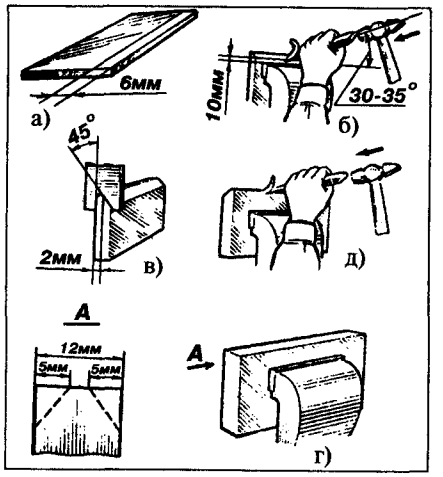


рис. 2.43 Подготовка металла под сварку с разделкой кромок: а, б, в, г.

ют в тиски так, чтобы разметочная риска выходила за губку тисков (рис. 2.42, б). Тупозаточенным зубилом подгибают кромку мягкими ударами молотка (рис. 2.42, в, г, д). Окончательную гибку завершают молотком по подогнутым кромкам до загиба кромки на угол 90° (рис. 2.42. е, ж).

Подготовка металла под сварку с разделкой кромок показана на рис. 2.43. Деталь размечают под разделку кромок по заданным размерам (рис. 2.43, а). Устанавливают в тиски и зубилом срубают кромку по разметке (рис. 2.43, б, г). Размеры после снятия кромок проверяют шаблоном (рис. 2.43, в, г).

Опиливание напильником кромок при подготовке деталей под сварку показана на рис. 2.44. Подготовленные детали после обработки кромок зубилом (рис. 2.44, а) обрабатываются напильником (рис. 2.44, б). После опиливания кромок их размеры проверяются линейкой или шаблоном (рис. 2.44, в,г).

Очистка кромок деталей перед сваркой показана на рис. 2.45. Очистка от ржавчины, масла, краски и других загрязнений производится металлической щеткой по ширине кромки (15-20 мм). Деталь размещают в тис-

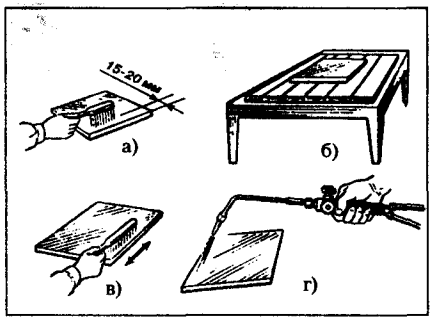


рис. 2.45. Очистка кромок деталей перед сваркой: а, б, в, г.

ках или на верстаке и зачищают кромки до металлического блеска (рис. 2.45, а, б, в). Очистку кромок пламенем горелки производят для удаления окалины (рис. 2.45, г), а оставшиеся загрязнения удаляют металлической щеткой.

Разделка участков сварных швов с дефектами под последующую заварку показана на рис. 2.46, 2.47, 2.48 и 2.49. Размечается участок вокруг трещины для вырубки канавки (рис. 2.46, а). Просверливаются отверстия по концам трещины на глубину залегания трещины (рис. 2.46, б). Вырубается канавка крейцмейселем-канавочником (рис. 2.47, а, б). Форма канавки и исходные очертания трещины показаны на рис. 2.46, в и 2.47, в. Сваренную деталь размещают на столе сварщика (рис. 2.48, а, б). Крейцмейселем снимают наплыв металла шва таким образом, чтобы проверить наличие непровара кромки детали под дефектом (рис. 2.49, а, б).

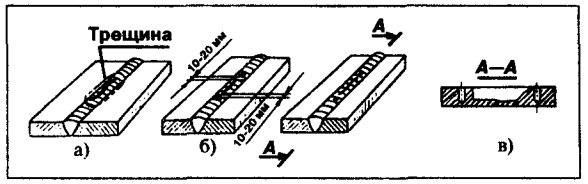


рис. 2.46. Разметка участка вокруг трещины и просверливание отверстий по концам трещины: а, б, в.

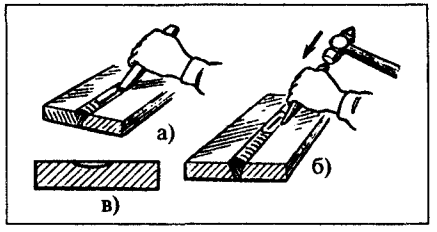


рис. 2 47. Вырубка канавки крейцмейселем-канавочником: а, б, в.

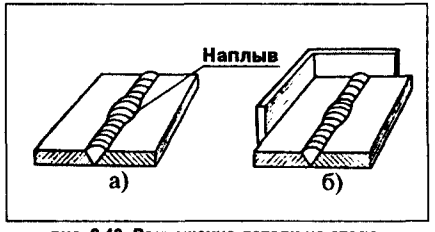


рис. 2.48. Размещение детали на столе сварщика для удаления наплыва металла шва:а, б.

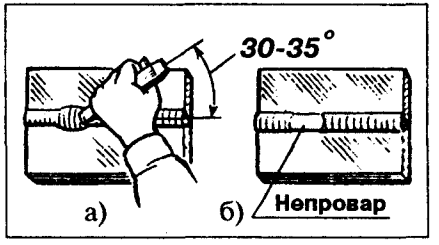


рис. 2.49. Удаление наплыва металла крейцмесселем:а, б.

§ 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.

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. 2.50.). 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.

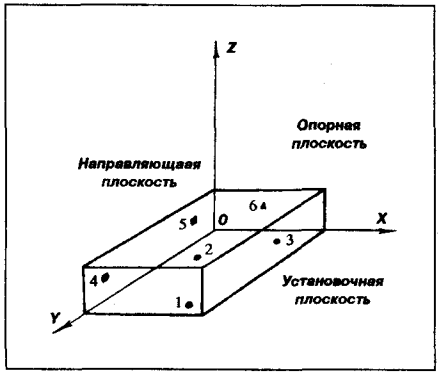


рис. 2.50. Базирование призматической детали по плоскости: 1, 2, 3 – точки опоры детали на установочные плоскости (поверхности приспособления); 1, 5 – точки опоры детали на направляющей плоскости; 6 – точка опоры детали на опорной плоскости.

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. 2.51.).

Детали с цилиндрическими отверстиями базируются , как правило, по пальцам — фиксаторам приспособления, которые входят в это отверстие. Первой базой определяется установочная плоскость

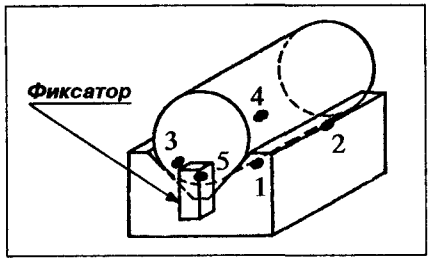


рис. 2.51.Базирование цилиндрической детали по призме: 1, 2, 3, 4 – точки опоры на плоскости призмы; 5 – точка фиксирования детали.

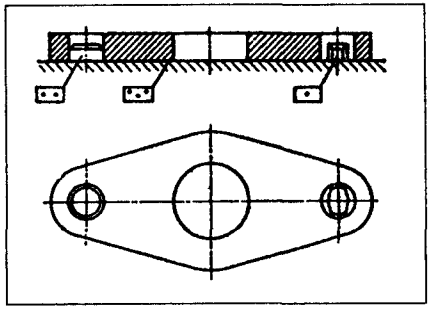


рис. 2.52.Базирование по двум пальцам. В вынесенных прямоугольниках указано число опорных точек на соответствующей поверхности.

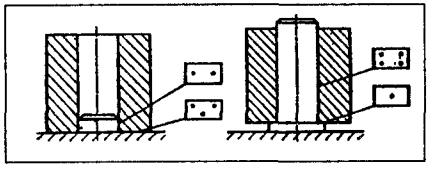


рис. 2.53. Базирование по плоскости и цилиндрическому пальцу.

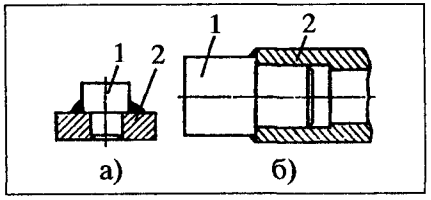


рис. 2.54. Примеры базирования деталей без приспособлений: а – палец 1, плоская деталь 2; б – палец 1, – труба 2.

основания детали. Второй базой обычно является плоскость детали, перпендикулярная оси отверстия. Примеры базирования деталей с цилиндрическими отверстиями приведены на рис. 2.52., 2.53., 2.54.

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. Некоторые конструкции упоров приведены на рис. 2.55.

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 быстродействие и безопасность в работе. Некоторые виды конструкций прижимов приведены на рис. 2.56., 2.57., 2.58., 2.59. (а, б, в), 2.60. (а, б, в, г, д, е).

Переносные сборочные приспо-

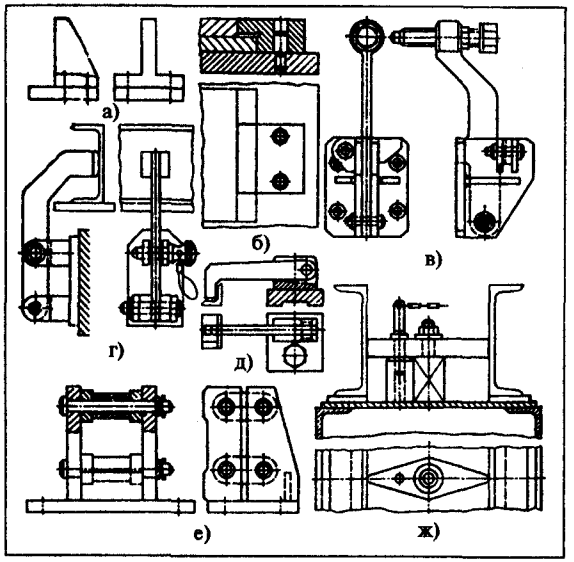


рис. 2.55. Упоры:
а – постоянные; б – съемные; в, г, д – откидные; е – отводные; ж – поворотные.

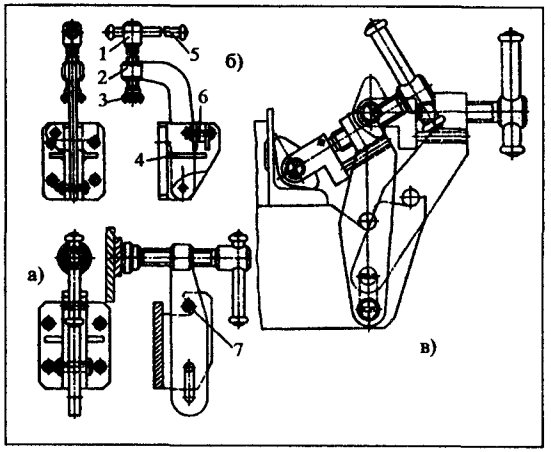


рис. 2.59. Винтовые прижимы:
а – прижим откидной для прижатия детали в вертикальном положении; б – прижим откидной для прижатия детали в горизонтальном положении; в – прижим угловой, откидной; 1 – винт с головкой; 2 – гайка; 3 – пята; 4 – корпус; 5 – рукоятка; 6, 7 – штыри для фиксации прижимов по корпусу.

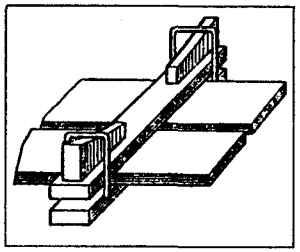


рис. 2.56. Прижим клиновой.

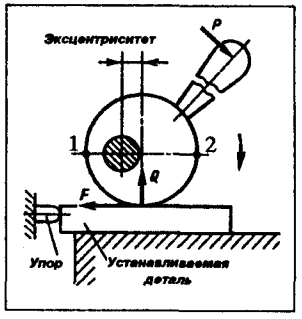


рис. 2.57. Прижим эксцентриковый: Р – усилие, передаваемое рукой, составляет 10 – 15 кГс (100 – 150 Н); Q – усилие прижимное составляет 10 Р (1,5 кН);
F – сила трения; рабочая поверхность эксцентрика от т. 1 до т. 2 в его нижней части.

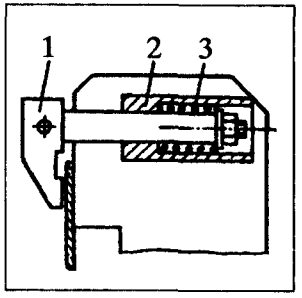


рис. 2.58. Прижим пружинный:
1 – головка прижима; 2 – втулка направляющая; 3 – пружина.

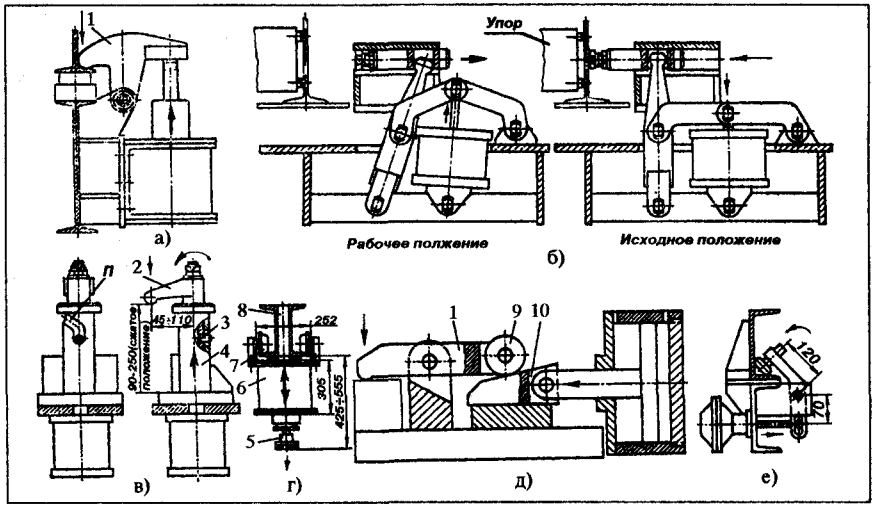


рис. 2.60. Прижимы пневматические быстродействующие:
а – прижим с пневмоцилиндром одностороннего действия; б – прижим с распорной двухрычажной системой; в – прижим байонетный, в котором зажатие детали осуществляется прихватом при перемещении штока поршня в косой прорези втулки; г – прижим с пневмоцилиндром передвижной; д – пневмоприжим с клином; е – прижим откидной с мембранным пневмоцилиндром и откидной пятой; 1 – прижимной рычаг; 2 – прихват; 3 – штырь; 4 – втулка; 5 – нажимная пята; 6 – пневмоцилиндр; 7 – колеса для перемещения прижима с пневмоцилиндром; 8 – направляющая балка. Стрелками указаны направления движения штока пневмоцилиндра и прижима.

собления 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. 2.61. а, б.

Струбцины служат для прижима двух и более деталей друг к другу или для установки и закрепления деталей в определенном положении. Поэто-

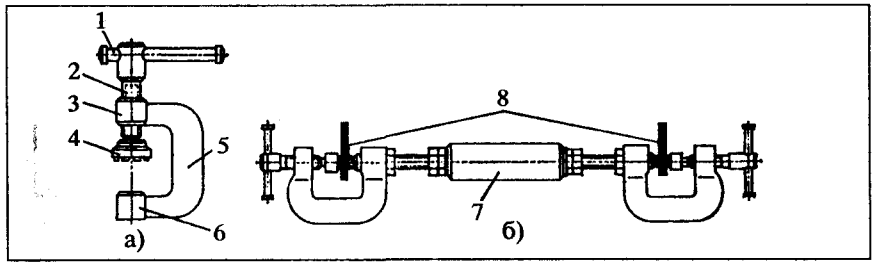


рис. 2.61 Струбцина прижимная (а) и установочная (б):
1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – пята; 5 – корпус; 6 – упор; 7 – талреп; 8 – детали, зафиксированные в заданном положении.

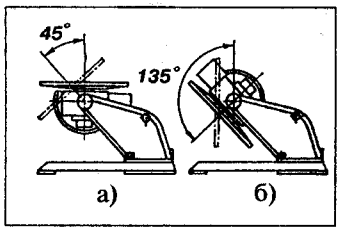


рис. 2.62. Манипулятор:
а – положение планшайбы (верхней части) манипулятора для сварки узла в горизонтальном положении; б – положение планшайбы манипулятора для сварки "в лодочку".

му струбцины подразделяются на прижимные (рис. 2.61. а.) и установочные (рис. 2.61. 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. 2.62. а, б.).

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. 2.63., 2.64., 2.65.

Контроль собранных под сварку изделий осуществляется в основном по сопрягаемым и габаритным размерам. Проверку размеров осуществляют металлическими рулетками, линейками или шаблонами. Контроль изделий после сварки осуществляют по техническим условиям на свариваемое изделие, в котором указаны требования к качеству сварных швов и их размерам.

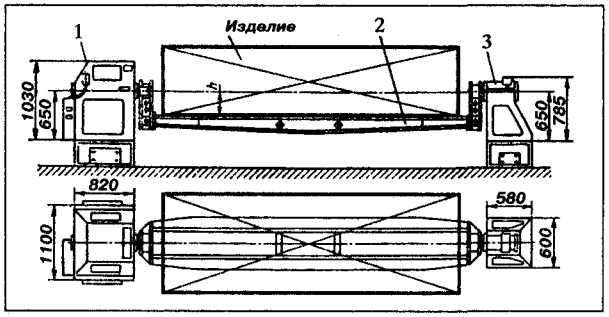


рис. 2.63. Кантователь поворотный двухстоечный:
1 – передняя приводная стойка; 2 – поворотная рама; 3 – задняя неприводная стойка; h – изменяемая высота для установки свариваемой конструкции в заданном положении.

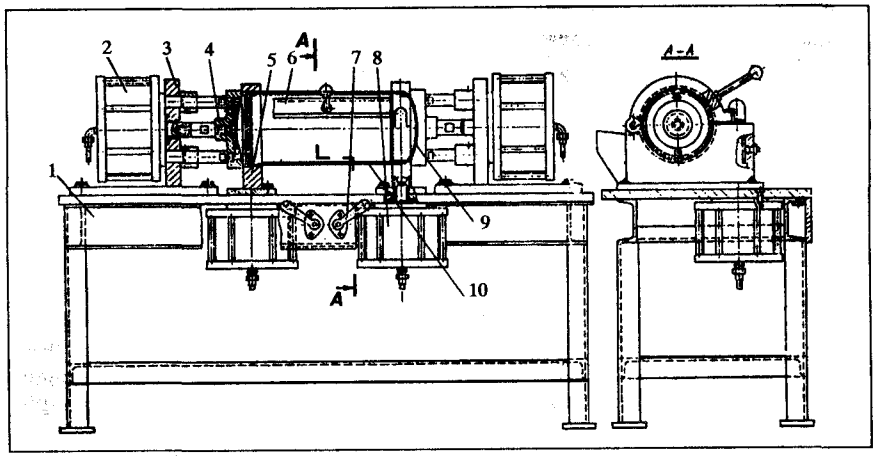


рис. 2.65. Установка для сборки и сварки емкостей:
1 – сварная рама; 2 – пневмоцилиндр; 3 – боковая стойка; 4 – прижимной диск; 5 – ложемент (опора для установки обечайки); 6 – накидной хомут; 7 – пневмораспределитель; 8 – вертикальный пневмоцилиндр; 9 – донышко емкости; 10 – обечайка емкости.

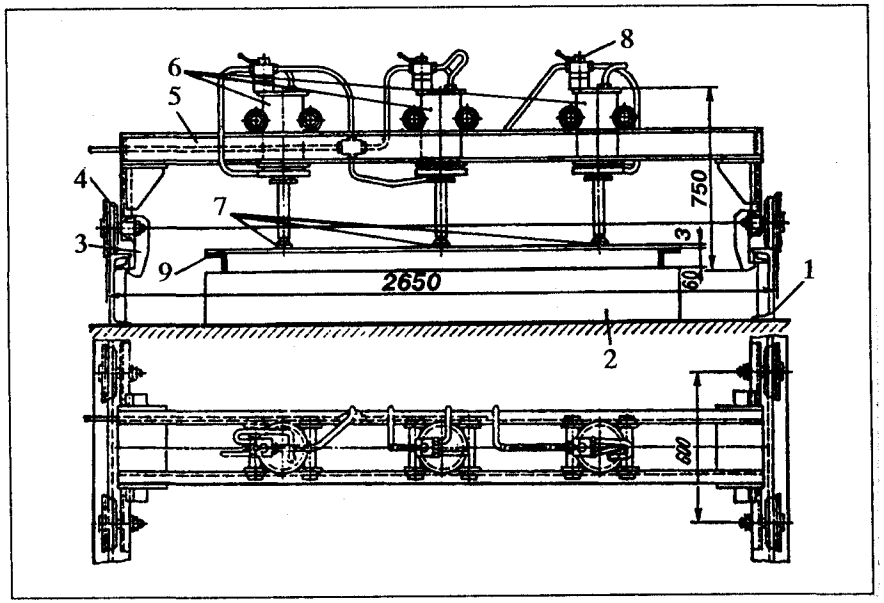


рис. 2.64. Стенд-установка с передвижной балкой и передвижными пневмоцилиндрами с прижимами: 1 – боковые направляющие; 2 – стеллаж; 3 – захваты; 4 – передвижные колеса; 5 – балка для установки пневмоцилиндров; 6 – пневмоцилиндры; 7 – прижимы; 8 – пневмосистема; 9 – свариваемый узел.

§ 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 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. 2.28.

При выборе формы подготовки кромок деталей сварных соединений наряду с необходимостью обеспечения провара учитывают технологические и экономические условия процесса сварки. Так, по ГОСТу, 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 Х-образный скос кромок. В последнем случае количество наплавленного металла по сравнению с наплавленным металлом при V-образном скосе кромок уменьшается почти в два 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	>> >>

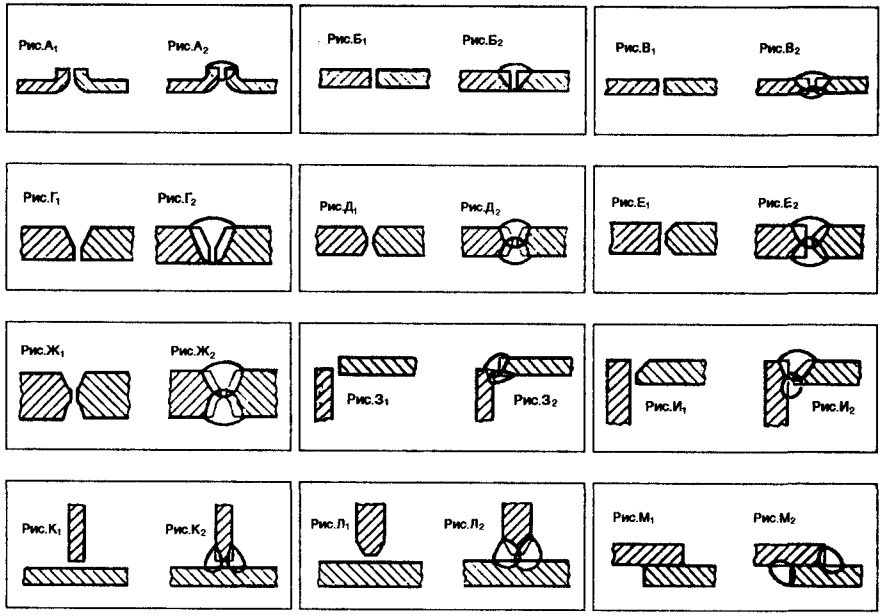
При сварке многопроходных швов стремятся сварку всех проходов выполнять на одних и тех же режимах. Исключением является первый проход. При ручной сварке многопроходных швов первый проход выполня-

Таблица 2.28.

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	рис. $А_1$	рис. $А_2$	1 – 4 1,5 – 3 1 – 3	Р А Г
			рис. $Б_1$	рис. $Б_2$	1 – 6 2 – 12 1 – 6	Р А Г
	без скоса кромок	Двусторонний	рис. $В_1$	рис. $В_2$	3 – 8 20 – 60 3 – 10	Р А Г
	С V–образным скосом кромок	Односторонний	рис. $Г_1$	рис. $Г_2$	3 –60 8 – 24 8 – 30	Р А Г
	С Х–образным скосом кромок	Двусторонний	рис. $Д_1$	рис. $Д_2$	8 – 120 20 – 60 12 – 120	Р А Г
	С К–образным скосом кромок		рис. $Е_1$	рис. $Е_2$	8 – 100 20 – 30 12 – 100	Р А Г
	С криволинейным скосом кромок		рис. $Ж_1$	рис. $Ж_2$	15 – 100 30 – 100	Р А
Угловое	Без скоса кромок	Двусторонний	рис. $З_1$	рис. $З_2$	2 – 30 6 – 14 2 – 30	Р А
	Со скосом одной кромки	Двусторонний	рис. $И_1$	рис. $И_2$	3 – 60 8 – 20 8 – 30	Р А Г
Тавровое	Без скоса кромок	Двусторонний	рис. $К_1$	рис. $К_2$	2 – 40 3 – 40 2 – 40	Р А Г
	С двумя скосами одной кромки		рис. $Л_1$	рис. $Л_2$	8 – 100 16 – 40 12 – 100	Р А Г
На хлесточное	Без скоса кромок		рис. $М_1$	рис. $М_2$	2 – 60 1 – 20	Р А

Примечание. Р - ручная сварка; А - автоматическая сварка; Г - сварка в среде CO_2.



ется, как правило, электродами диаметром 3-4 мм, т. к. применение электродов большего диаметра затрудняет провар корня шва.

Для приближенных расчетов силы сварочного тока на практике пользуются формулой:

$$Iсв = k \cdot d,$$

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**	**30-45**	**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.

Таблица 2.29.

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

Таблица 2.30.

Ориентировочные режимы сварки конструкционных сталей

Толщина металла δ, 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

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. 2.29.

Напряжение дуги при РДС изменяется в пределах 20-36В 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. 2.30.

Контрольные вопросы.

Для чего применяются различные формы разделки кромок?

Охарактеризуйте V-образный и Х-образный скос кромок сварного шва, дайте обоснование применения того или иного вида скоса кромок.

Что понимают под режимом сварки?

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. 2.66.)

"Ведут" дугу таким образом, чтобы кромки свариваемых деталей проплавлялись с образованием требуемого количества наплавленного металла и заданной формы шва. Основные, наиболее широко применяемые способы перемещения конца электрода при РДС приведены на рис. 2.67.

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 250-1000 мм — средними, а более 1000 мм — длинными (рис. 2.68.).

Короткие швы по длине обычно сваривают "на проход" (рис. 2.68. а). Швы средней длины сваривают от середины к краям (рис. 2.68. б), либо обратноступенчатым способом (рис. 2.68, в). Длинные швы однопроходных стыковых соединений и первый проход многопроходных швов сваривают от середины к концам обратноступенчатым способом (рис. 2.68, г), а в соединениях с угловыми швами также от середины к концам обратноступенчатым способом (рис. 2.68, д).

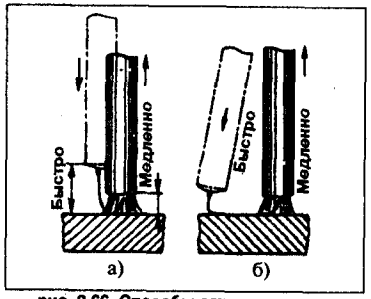


рис. 2.66. Способы зажигания дуги плавящимся покрытым электродом: а – прикосновение электрода в точке; б – чирканьем концом электрода о поверхность металла.

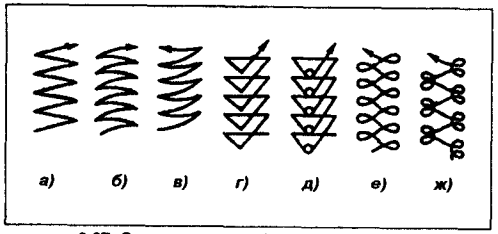


рис. 2.67. Основные способы перемещения конца электрода при РДС: а, б, в, г – при обычных швах; д, е, ж – при швах с усиленным прогревом кромок.

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. 2.69, а, б.). При этом каждый слой средней и верхней части шва может выполняться как за один проход (рис. 2.69, а),

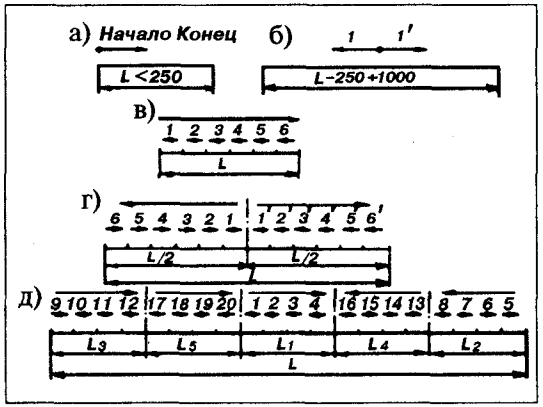


рис. 2.68. Способы выполнения шва:
а – сварка швов "на проход"; б – сварка швов средней длины; в – сварка швов обратноступенчатым способом; г, д – сварка длинных швов.

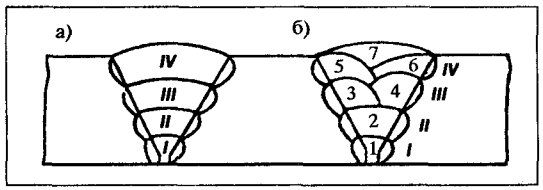


рис. 2.69. Многослойные швы:
а – сварной многослойный шов, выполненный за один проход; б – многослойный шов, выполненный за несколько проходов;
I – IV – количество слоев сварных швов;
1 – 7 – количество проходов.

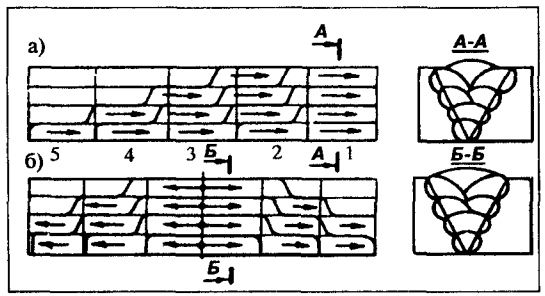


рис. 2.70. Схема заполнения разделки кромок при РДС металла большой толщины:
а – каскадный метод; б – метод заполнения разделки "горкой".

так и за два и более проходов (рис. 2.69, 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, т. к. 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 накладывался 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. 2.70, а,б,.

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 не успевший 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 деталировка 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 Э42А и Э46А. Например, УОНИ-13/45, СМ-11, Э-138/45Н и др.

Контрольные вопросы.

Как различаются сварные швы по длине?
Что дает обратноступенчатая сварка?
Какие существуют методы наложения швов при сварке металла большой толщины?
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. 2.71, а, б.) выполняется снизу вверх (рис. 2.71, а) или сверху вниз (рис. 2.71, 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.

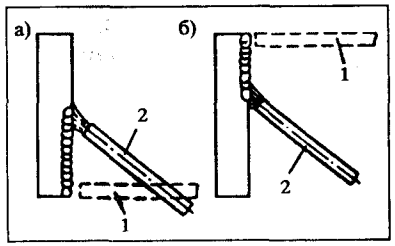


рис. 2.71. Сварка вертикальных швов: а – снизу вверх; б – сверху вниз; 1, 2 – положение электрода.

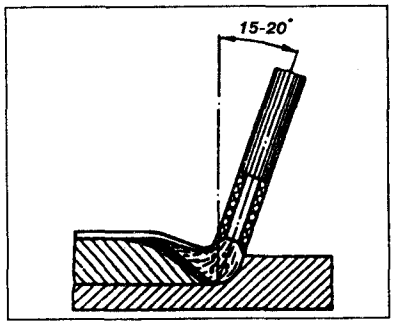


рис. 2.72. Сварка наклонным электродом с опиранием на чехольчик.

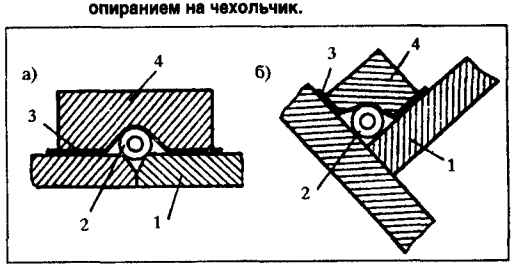


рис. 2.73. Сварка лежачим электродом: 1 – свариваемые детали; 2 – лежачий электрод; 3 – бумажная изоляция; 4 – медный брусок.

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 10-15 градусов, 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.

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 желательно применять Х-образную. Целесообразно применять электроды с большим коэффициентом наплавки, например, электрод МР-3 имеет коэффициент наплавки 8, 5 г/(А · ч), а электрод ИТС-1 — 12 г/(А · ч) при прочих равных характеристи-

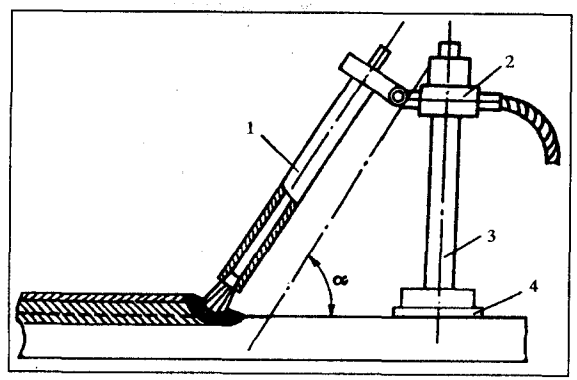


рис. 2.74. Схема сварки наклонным электродом: 1 – электрод; 2 – обойма; 3 – штатив; 4 – изолирующая подкладка.

ках. 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 лежачим электродом. При сварке двухсторонних угловых швов на постоянном токе можно сваривать одновременно с двух сторон методом "дуга в дугу" и т. д. Некоторые способы сварки показаны на схематических рисунках (рис. 2.72., 2.73., 2.74.).

Контрольные вопросы.

Охарактеризуйте особенности сварки вертикальных швов.
Расскажите о способах повышения производительности труда сварщиков.

§ 6. Наплавка

Большое количество деталей машин и механизмов выходит из строя в процессе эксплуатации вследствие истирания, 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 по 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 корпусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес и т.д. наплавку можно производить почти всеми известными способами сварки плавлением. Каждый способ наплавки имеет свои достоинства и недостатки. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

1)минимальное проплавление основного металла;

2)минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;

3)снижение 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 и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Для примера приведем сравнительные характеристики некоторых способов наплавки:

Способ наплавки	Производительность, кг/час	Доля основного металла, %	Толщина наплавленного слоя, мм
Аргоно-дуговая			
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 порошком	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 проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11-12 А/мм^2.

Основными достоинствами ручной дуговой наплавки являются универсальность и 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 (ГОСТ 1005-75). Выбор электрода для наплавки определяется составом основного металла.

Например, для наплавки слоя низколегированной стали с содержанием углерода менее 0,4 % применяются электроды следующих марок: 03Н-25ОУ; 03Н-300У; 03Н-350У; 03Н-400У и др. В маркировке буква Н обозначает "наплавочный". Для наплавки слоя низколегированной стали с содержанием углерода более 0,4% применяются электроды: ЭН60М, 03Ш-3, 13КН/ЛИВТ и др.

При дуговой наплавке неплавящимися электродами применяются литые присадочные прутки по ГОСТ21449-75: Пр-С1; Пр-С2; Пр-С27; ПрВ3К; Пр-В3К-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 т.д. Для наплавки штампов применяют легированные наплавочные проволоки Нп-45Х4В3Ф , Нп-45Х2В8Т и др. (Нп — обозначает наплавочная).

Для износостойкой наплавки широкое применение находят порошковые проволоки в соответствии с ГОСТ 2601-84. 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 т.д. (ПП — обозначает проволока порошковая).

Для плазменной наплавки комбинированной дугой вольфрамовым электродом широко применяются наплавочные порошки. Порошки изготавливаются на основе железа, никеля и кобальта. По ГОСТ 21448-75 выпускаются порошки на основе железа типа "сормайт": ПГ-С1; ПГ-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-К60Х30ВС; ПН-АН35; ПГ-10К-1.

В качестве источников питания плазменной дуги при наплавочных ра-

7927961130

ботах 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.

Дайте определение и расскажите о назначении наплавки.
Какие способы наплавки Вы знаете? Охарактеризуйте их.
Какие важнейшие требования предъявляются к наплавке?
Что влияет на выбор способа наплавки?
Каковы достоинства ручной дуговой наплавки?
Что можно отнести к недостаткам ручной дуговой наплавки?
Какие электроды применяются для ручной дуговой наплавки?
Какие электродные материалы применяются для наплавки помимо штучных электродов и присадочных прутков?
Какие источники питания можно применять при ручной дуговой наплавке?

ГЛАВА VI. 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, называемым 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 30г/(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 характеризуются 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.

Таблица 2.32.

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

Диаметр электродной, мм	Глубина провара, мм					
	3	4	5	6	8	10
2	200 64	500 157	400 57	375 29	675 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

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

Данные по влиянию сварочного тока и диаметра электродной проволоки на глубину провара приведены в табл. 2.32.

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 350А, а при диаметре 5 мм — 500А. 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 проплавления 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. 2.33.

Таблица 2.33

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

Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
2	180 – 300 300 – 400 500 – 600	32 – 34 34 – 36 36 – 40
5	600 – 700 700 – 850 850 – 1000	38 – 40 40 – 42 41 – 43

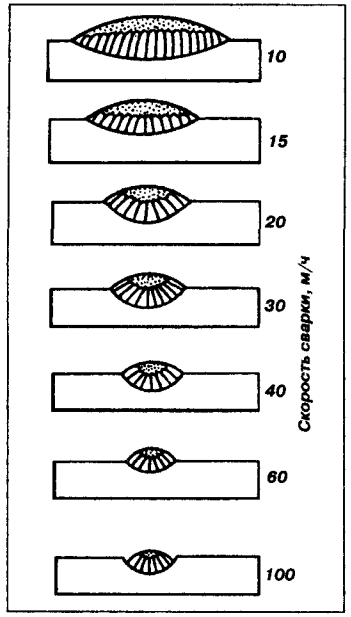


рис. 2.75. Влияние скорости сварки на форму шва.

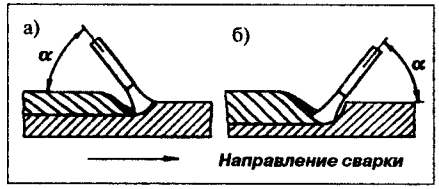


рис. 2.76. Влияние угла наклона электрода: а – углом вперед (меньшая глубина проплавления); б – углом назад (большая глубина проплавления).

Влияние скорости сварки на глубину провара неоднозначно. При малых скоростях сварки 10-12 м/час 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/час 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. 2.75.).

На форму и размеры шва влияют не только основные параметры режима сварки, но и дополнительные.

Влияние наклона электрода сказывается на изменении положения дуги. По положению электрода вдоль шва различают сварку с наклоном электрода углом вперед или углом назад (рис. 2.76.).

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.

Наклон изделия по отношению к горизонтальной плоскости также оказывает влияние на формирование шва. При сварке на 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 сварке на спуск глубина провара уменьшается.

Изменение вылета электрода и марки флюса приводит к изменению условий выделения теплоты. Увеличение вылета электрода вызывает увели-

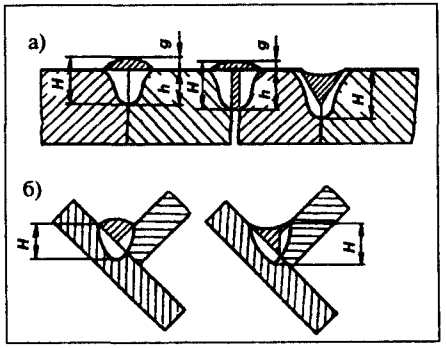


рис. 2.77. Влияние зазора и разделки на форму шва: а – при стыковых швах; б – при угловых швах; H – общая высота шва; h – глубина провара; q – высота выпуклости шва.

чение 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.

Зазор между деталями, разделка кромок и вид сварного соединения не оказывают значительного влияния на форму шва. Очертание провара и общая высота шва H остаются практически постоянными. Чем больше зазор или разделка кромок, тем меньше доля основного металла в металле шва (рис. 2.77.).

Из рисунка видно, что в зависимости от зазора или разделки кромок шов может быть выпуклым, нормальным или вогнутым. Наиболее существенное влияние на форму и качество шва влияет непосредственно зазор между деталями. При сварке вручную сварщик может сам выправить дефект сборки (заплавить увеличенный зазор) и обеспечить требуемую форму шва. При автоматической сварке это осуществить невозможно. Плохая сборка не обеспечит заданные зазоры и получение качественного шва.

Контрольные вопросы.

Опишите некоторые особенности сварки под флюсом.
Каково влияние режимов на формирование шва?
Каково влияние диаметра сварочной проволоки на формирование шва?
Каково влияние скорости сварки на формирование шва?
Каково влияние рода и полярности тока на формирование шва?
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, однопроходные и многопроходные. 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.

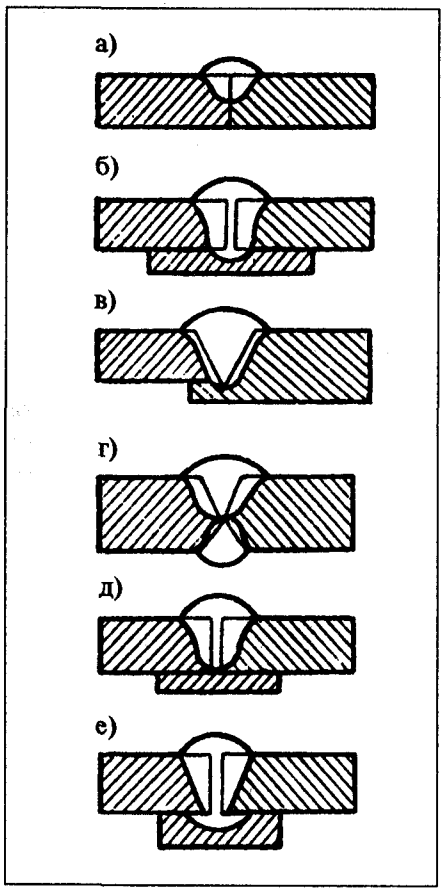


рис. 2.78. Способы односторонней автоматической сварки под флюсом: а – без разделки кромок с неполным проваром; б – сварка на остающейся стальной подкладке; в – сварка в замок; г – сварка с предварительной подваркой; д – сварка на медной подкладке; е – сварка на медно-флюсовой подкладке.

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. 2.78.).

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. 2.79. а, б).

В результате некоторых техно-

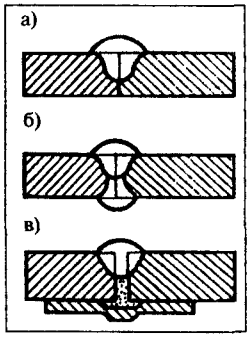


рис. 2.79. Выполнение стыкового шва двухсторонней автоматической сваркой; а – сварка первого шва на весу; б – сварка второго шва с перекрытием первого шва на 3–4 мм; в – сварка первого шва на флюсо-бумажной подкладке.

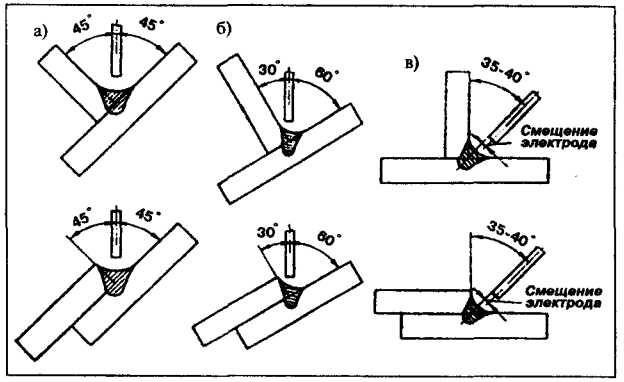


рис. 2.80. Схема сварки угловых швов.

логических трудностей не всегда удается выполнить первый проход без нарушений технологии. Для того, чтобы гарантировать качество шва при первом проходе, применяют сварку на флюсо-бумажных подкладках (рис. 2.79. 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 (также, как и при сварке стыковых швов). Схема сварки угловых швов приведена на рис. 2.80.

Ориентировочные режимы сварки под флюсом наиболее распространенных типов сварных швов приведены в табл. 2.34. Сборку деталей под сварку выполняют согласно требованиям ГОСТ 8713-71.

Контрольные вопросы.

Какие особенности существуют при односторонней автоматической сварке под флюсом?

Какие достоинства существуют при двухсторонней автоматической сварке?

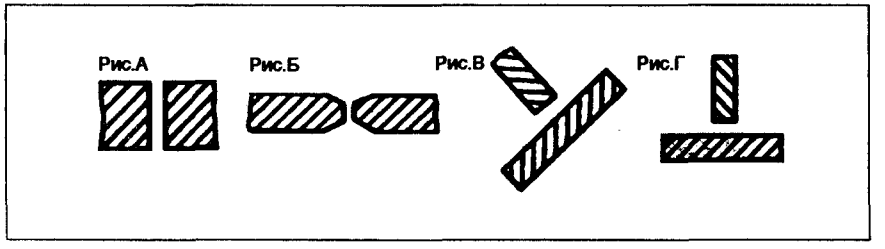
В чем особенности автоматической сварки угловых швов?

Таблица 2.34.

Параметры режимов сварки

Эскиз заготовки кромок	Толщины свариваемого металла	Зазор при сборке, мм	Тип шва	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	Напряжение U, дуги* В		$V_{св}$, м/ч	Применение
						~	=, ОП		
рис. А	5	0 – 2	Односторонний	4	575–625	28–30	26–28	48–50	Сварка стыковых швов на флюсовой подушке с обязательным зазором
	8	2 – 4	>>	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	Одностороний	5	750–800	36–40	30–34	25–27	
	12	2 – 4	Двусторонний	5	675–725	36–40	30–34	30–32	
рис. Б	>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	
рис. В	6	–	–	4	575–600	34–36	30–32	52–54	Сварка угловых швов "в лодочку"
	8	–	–	4	575–625	34–36	32–34	30–32	
	10	–	–	5	675–725	34–36	32–34	30–32	
рис. Г	–	–	–	4	480–500	–	28–30	58–60	Сварка угловых швов "в угол"
	–	–	–	4	675–700	–	32–34	48–50	

**ОП - обратная полярность.*



ГЛАВА VII. Электрошлаковая сварка

§ 1. Некоторые особенности электрошлаковой сварки (ЭШС)

К особенностям электрошлаковой сварки 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. Некоторые способы электрошлаковой сварки проволочными электродами показаны на рис. 2.81.

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.

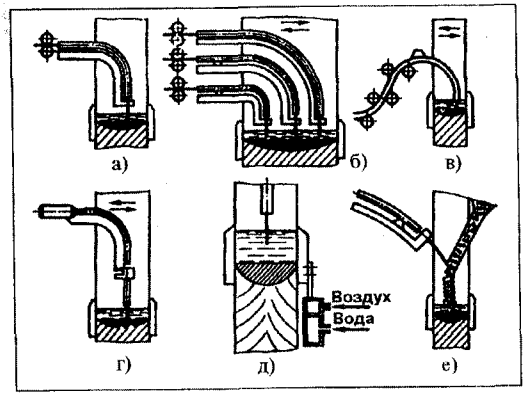


рис. 2.81. ЭШС проволочными электродами:
а – одной проволокой без колебаний; б – одной, двумя или тремя проволоками с колебаниями;
в – одной проволокой диаметром 5 мм без введения мундштука в зазор; г – проволокой с увеличенным "сухим" вылетом; д – с использованием сопутствующего принудительного охлаждения; е – с присадкой порошкообразного материала.

Для ЭШС деталей из конструкционных сталей толщиной до 200 мм кромки подготавливают газопламенной резкой. При толщине деталей более 200 мм — механической обработкой.

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.

После сварки, до обязательной термической обработки, входной карман и выводные планки срезаются газопламенной резкой.

Контрольные вопросы.

Каковы особенности электрошлаковой сварки?
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 ГОСТ 15164-78.

Электрошлаковой сваркой можно получить практически все виды сварных швов.

Типы стыковых сварных соединений приведены на рис. 2.82.

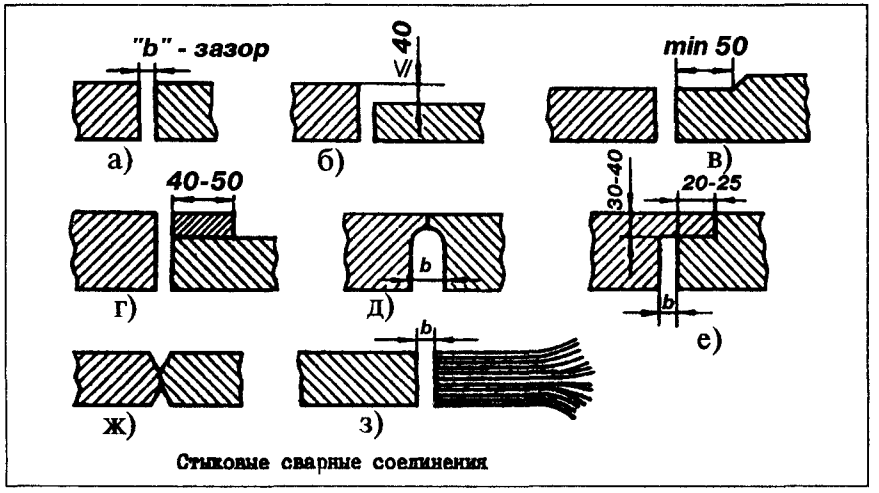


рис. 2.82. Стыковые сварные соединения:
а и б – с равными и разными толщинами свариваемых кромок; в – с уменьшением одной кромки до размеров сопрягаемой; г – с увеличением толщины более тонкой кромки; д – с фигурной разделкой кромок; е – "замковое" соединение; ж – Х-образное соединение; з – соединение 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. 2.83.

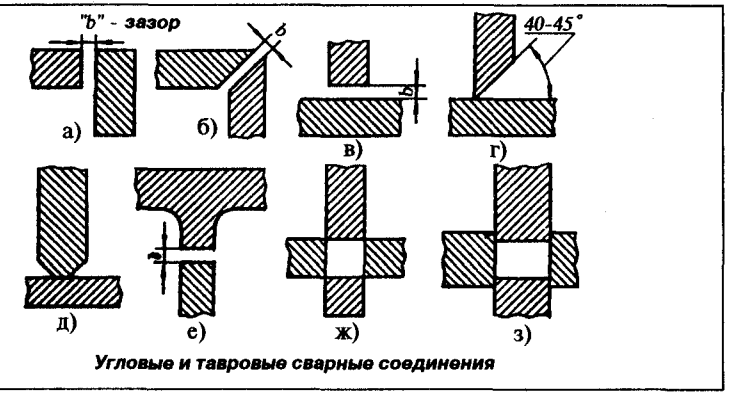


рис. 2.83. Угловые и тавровые соединения: а – угловое с прямой разделкой кромок; б – угловое с разделкой кромок на "ус"; в – тавровое без разделки кромок; г и д – тавровое с разделкой примыкающей детали; е – соединение литых деталей; ж и з – крестообразные соединения.

Угловые и тавровые соединения, выполняемые ЭШС, встречаются значительно реже стыковых соединений. Наибольшее распространение они получили при изготовлении станин различных прессов из проката.

Различные виды сварных швов показаны на рис. 2.84.

Величины зазоров в зависимости от свариваемых толщин приведены ниже:

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

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

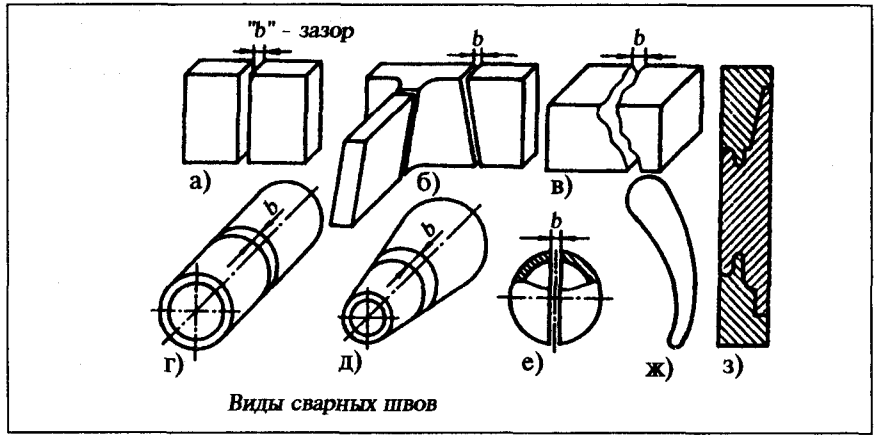


рис. 2.84. Виды сварных швов:
а и б – прямолинейные на вертикальной и наклонной плоскостях; в – участок шва пространственной формы (трещина); г, д и е – кольцевые на цилиндрической, конической и шаровой поверхностях; ж, з – переменного сечения и с дополнением до прямоугольного.

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

Контрольные вопросы.

Какие виды сварных швов можно получить ЭШС?

Какие технологические особенности существуют при ЭШС деталей разных толщин при стыковых соединениях?

Какая зависимость существует между зазором и толщиной деталей при ЭШС?

Для чего необходимо определенное сочетание основного металла и сварочной проволоки при ЭШС?

Глава VIII. 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 как для соединения 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. 2.85.

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 ТУ14-1-2079-77.

Аргонокислородную смесь (Ar + 1÷5 % 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 (Ar + 10÷20% 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.

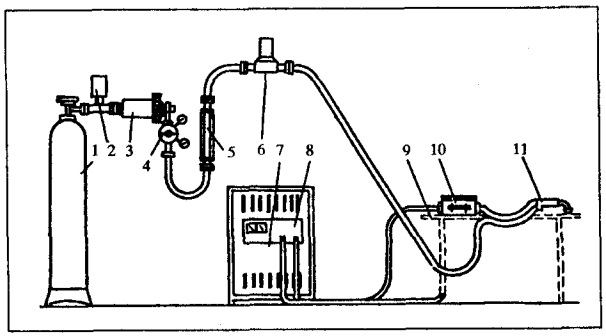


рис. 2.85. Пост для сварки в среде защитного газа:
1 – баллон с газом; 2 – подогреватель; 3 – осушитель; 4 – редуктор; 5 – расходомер (ротаметр); 6 – газоэлектрический клапан; 7 – источник питания; 8 – пульт управления; 9 – рабочий стол; 10 – подающий механизм; 11 – горелка.

Тройная смесь (75% Ar + 20% CO_2 + 5% 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 вольтамперной 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 ниже:

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: ОСПП3-300М; УПД-1; ВИР-101; ОСП3-2М.

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 имеются некоторые 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 % O_2 или до 20 % CO_2.

Контрольные вопросы.

Каковы достоинства дуговой сварки в защитных газах?

Расскажите о применении двойных и тройных смесей защитных газов на основе аргона.

Расскажите о сварке в защитных газах неплавящимся электродом.

Что Вы знаете о сварке в защитных газах плавящимся электродом и в чем ее преимущества?

Что Вы знаете о сварке в защитных газах плавящимся электродом короткой дугой?

В чем отличие сварки длиной дугой от сварки короткой дугой?

§ 2. Технологические особенности процесса сварки в углекислом газе (CO_2)

Сварку в CO_2 обычно выполняют на постоянном токе обратной полярности плавящимся электродом. Основными параметрами режима сварки в CO_2 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 CO_2 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 CO_2 находятся в сложной зависимости от различных факторов, влияющих на сварочный процесс.

Режим сварки в CO_2 подбирают на основании обобщенных опытных данных, приведенных в табл. 2.35.

Перед началом сварки необходимо отрегулировать расход газа и выждать 20-30 секунд 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. Предпочтитель-

нее вести сварку углом назад, т.к. 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 уменьше-

Таблица 2.35.

Режимы сварки в среде CO2 некоторых видов соединений

Толщина металла мм	Эскиз подготовленного соединения и выполненного шва	Зазор b, 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	рис. А	0^{+1}	1 1	0,8 1,0	50–60 90–100	17–18 19–20	100 150	8 – 10 8 – 10
3			1 2	1,2 1,2	170–180 130–140	22–23 21–22	215 180	8–10 8–10
4			1 2	1,6 1,2	220–240 150–160	25–27 21–22	215 220	15–16 9–10
6	рис. Б	$0^{+1,5}$	1 2	2,0 2,0	300–320 280–300	28–30 28–30	215 170	15–16 15–16
8 10 12			1–2 1–2 1–2	2,0 2,0 2,0	330–350 360–380 390–410	28–30 30–32 30–32	215 280 280	15–16 18–20 18–20
14 18 20 24	рис. В	$0^{+1,5}$	1–2 1–3 1–4 1–5	2,0 2,0 2,0 2,0	430–450 430–450 430–450 430–450	32–34 32–34 32–34 32–34	360 360 360 360	24–25 24–25 24–25 24–25
2 4	рис. Г	0^{+1}	1–2 1–2	1,2 1,2	100–120 160–180	21–22 21–22	130 240	9–10 9–10
8		$0^{+1,5}$	1–2	2,0	330–350	28–30	245	18–20

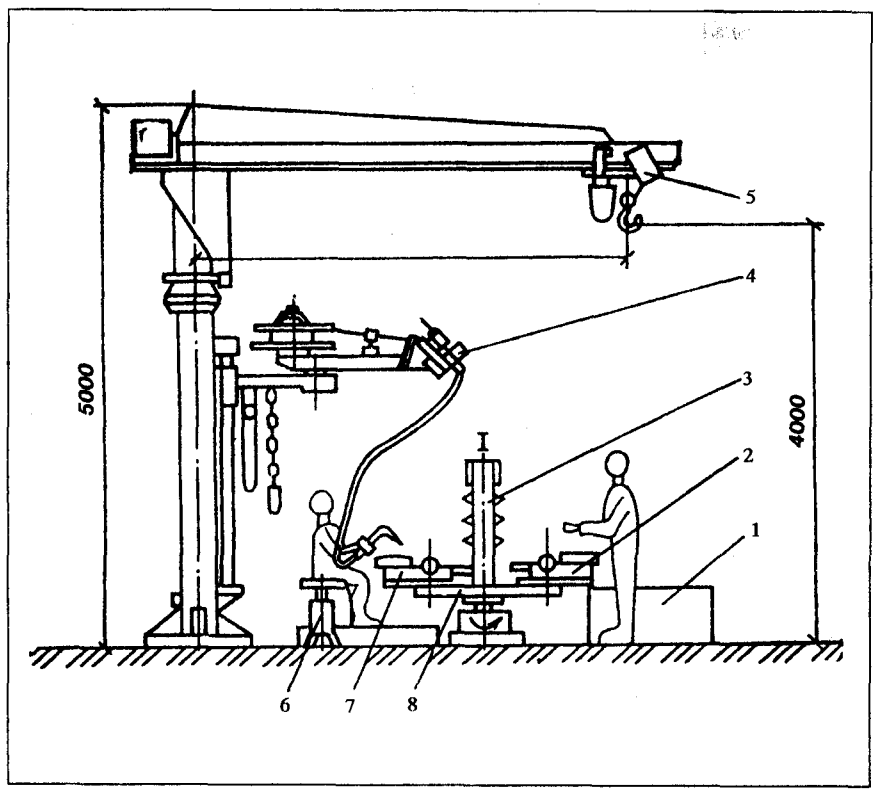


рис. 2.86. Сварочный пост для сборочно-сварочных работ (сварщик, слесарь-сборщик): 1 – складочное место для заготовок; 2, 7 – сборочно-сварочные приспособления; 3 – ширма с встроенной вентиляцией; 4 – полуавтомат с консолью; 5 – кран консольно-поворотный; 6 – стул поворотный; 8 – стол двухпозиционный поворотный.

ния пор применяются продольные колебания горелки вдоль оси шва, что обеспечивает более полное удаление водорода из сварочной ванны.

Сварка в среде CO_2 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. 2.86 показан сварочный пост на одного сварщика и одного слесаря-сборщика.

Требования к качеству сборки и подготовки деталей под сварку в CO_2 сварочной проволокой (0,8 — 2,5) мм должны соответствовать ГОСТ 14771-76.

Контрольные вопросы.

Назовите основные параметры режима сварки в углекислом газе.
В зависимости от чего выбирают величину сварочного тока?
От чего зависит глубина проплавления?
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 околошовной 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 кромки детали покрывают специальными флюс-пастами (АН-М15А).

Медь хорошо сваривается в аргоне, гелии и азоте, а также в их смеси. Чаще применяют смесь в составе (70 — 80 %) Ar + (30 — 20 %) N_2. 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. 2.36.

Таблица 2.36.

Режимы сварки меди плавящимся электродом

Толщина металла, мм	$d_э$, мм	Защитный газ	$I_{св}$, А	$U_д$, В	$V_{св}$, м/ч	$V_г$, дм³/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	34–42	18	30 – 45
		Аргон	300–500	28–36	16–18	14 – 18
12–14	1,5–3,0	Гелий	270–500	32–38	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 атмо-

сферная 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 ГОСТ 23949-80.

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. 2.37.

Таблица 2.3

Марки проволок, обеспечивающие требуемые свой ства соединений из алюминия и его сплавов

Свариваемый металл	*Универсальная проволока, обеспечивающая удовлетворительные характеристики соединениям*	*Проволока, обеспечивающая соединениям:*			
		повышенную стойкость против горячих трещин	*высокое временное 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 СвАМг5 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. 2.38.

При сварке плавящимся электродом питание дуги осуществляется от источников постоянного тока с жесткой вольтамперной 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).

Таблица 2.38.

Режимы сварки в аргоне вольфрамовым электродом алюминия и его сплавов

Тип соединения	*h, мм*	*d э, мм*	*d п.п, мм*	*I св, А*	*V r, дм³/мин*	*n*	*Примечание*
Ручная сварка							
Отбортовка кромок	1,0 2,0	1,0 2,0	- -	40–50 80–90	4 - 5 7 -8	1 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
Встык, без разделки	6,0	5,0	2,5	250–290	16–18	1	v св = 95–100 м/ч

Примечание. h - толщина свариваемого металла; d э - диаметр электрода; d п.п - диаметр присадочной проволоки; I св - сварочный ток; V r - расход газа; n - число проходов.

Режимы сварки в аргоне алюминиевых сплавов плавящимся электродом приведены в табл. 2.39.

Таблица 2.39.

Режимы сварки в аргоне алюминиевых сплавов плавящимся электродом

h, мм	*Тип разделки*	*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 разделки	2	2,0 2,0	250–300	22–24 24–26	20–25	370–390	28–30	20
15 25	V–образный	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.

Какие специфические свойства меди определяют трудности при ее сварке?

В чем заключается подготовка металла деталей и присадочной проволоки перед сваркой?

В каких защитных газах или их смесях сваривают медь?

В чем заключается трудность сварки алюминия и его сплавов?

Расскажите о подготовке металла деталей и присадочной проволоки при сварке алюминия и его сплавов.

Чем добиваются уменьшения склонности некоторых сплавов алюминия к образованию горячих трещин?

Какими способами сварки можно сваривать сплавы алюминия?

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ
ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА

ГЛАВА I. Основные виды газопламенной обработки

§ 1. 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 и основного 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. 3.1.

Таблица 3.1.

Виды газоплазменной обработки

Сварка	*Пайка*	*Нанесение поверхностных слоев*	*Использование местного (поверхностного нагрева)*		*Кислородная резка*	
металлов, неметаллов	*мягкими припоями, твердыми припоями, наплавка*	*металлизация, напыление*	Местная термическая обработка (с изменением структуры)	Обработка местным нагревом (без изменения структуры)	без применения флюсов	с применения 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.;

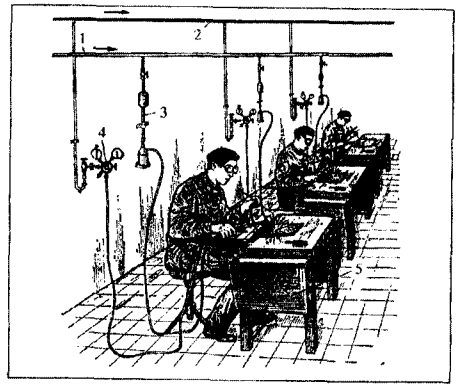


рис. 3.1. Стационарные учебные посты для газовой сварки : трубопроводы : 1 – ацетиленовый; 2 – кислородный; 3 – постовой водяной затвор; 4 – постовой кислородный редуктор; 5 – резервуар с водой для охлаждения наконечника горелки.

- Флюсы или сварочные порошки.
- Для газосварщика рабочим местом является сварочный пост в комплексе с соответствующей аппаратурой и приспособлениями (рис. 3.1.).

Контрольные вопросы.

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

ГЛАВА II. 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 1м^3 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

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 ГОСТ 949-73 или в автореципиентах под давлением 15±0,5МПа (150±5кгс/см^2) или 20±1,0МПа (200 ±10кгс/см^2) при 20°С. При наполнении баллонов, их хранении и транспортировании в интервале температур от минус 50°С до плюс 30°С давление газа в баллоне должно соответствовать, приведенному в табл.3.2.

Таблица 3.2.

Давление кислорода в баллоне в зависимости от температуры окружающего воздуха

Температура газа, °С	Давление газа в баллоне МПа (кг с/см^2)	Допустимое отклонение МПа (кг с/см^2)	Давление газа в баллоне МПа (кг с/см^2)	Допустимое отклонение МПа (кг с/см^2)
	15 МПа (150 кг с/см^2) при 20°С		20МПа (200 кг с/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)		16,9 (169)	
0	13,5 (135)	± 0,5 (5)	17,9 (179)	± 1,0 (10)
+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 по ГОСТ 5583-78 выпускают технический кислород 1-го и 2-го сорта;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 (табл. 3.2.). Хранение и транспортировка наполненных баллонов при температуре выше 60°С не допускается. Баллоны с кислородом должны возвращаться на заполнение с остаточным давлением не ниже 0,05МПа (0,5кгс/см^2).

Ацетилен (C_2H_2) 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: 1м^3 ацетилена при 20°С и атмосферном давлении имеет массу 1,09кг. 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

ки 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.3.3.

Таблица 3.3.

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 760мм 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 м^3 жидкости*

Контрольные вопросы.

Расскажите, что Вы знаете о свойствах кислорода?
Какими способами получают кислород?
Как транспортируют кислород и на какие давления рассчитываются баллоны в зависимости от температуры?
Расскажите о способах получения ацетилена в промышленности.
Что Вы знаете о "сухом" способе разложения карбида кальция?
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. 3.4.

Поверхность проволоки должна быть гладкой и чистой, без следов окалины, ржавчины, масла, краски и прочих загрязнений. Температура пла-

вления 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 нержавеющих сталей в тех случаях, когда нет подходящей проволоки, применяют в виде исключения полоски, нарезанные из листов той же марки, что и свариваемый металл. Однако

Таблица 3.4.

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

Марка проволоки	Содержание элементов, % по массе							Примечание
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Сера	Фосфор	
	не более					не более		
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.

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 приготавливают сами сварщики.

Контрольные вопросы.

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

ГЛАВА III. Оборудование и аппаратура для газовой сварки и резки

§ 1. Ацетиленовые генераторы, предохранительные затворы и клапаны

Согласно ГОСТ 5190-78 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/см^2).

Генераторы среднего давления изготавливают на давление ацетилена от 0,01 до 0,07 МПа (0,1 — 0,7 кгс/см^2).

Выпускают также генераторы на давление ацетилена от 0,07 до 0,15 МПа (0,7 — 1,5 кгс/см^2), 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 м^3/ч.

По конструкции генераторы изготавливают передвижными и стационарными. Передвижные генераторы имеют производительность до 3 м^3/ч.

По системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой генераторы изготавливают с количественным регулированием взаимодействующих веществ и с регулированием продолжительности контакта 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:

- КВ — "карбид в воду";
- ВК — "вода на карбид";
- ВК и ВВ — комбинированные "вода на карбид" и "вытеснение воды".

Конструкции различных ацетиленовых генераторов представлены на рис. 3.2.

В соответствии с ГОСТ519-78 промышленностью выпускаются передвижные ацетиленовые генераторы типа АСП-10 — это ацетиленовый генератор среднего давления, передвижной, производительностью 1,25 м^3/ч и стационарные генераторы типов АСК -3, АСК-4, АСК-5, ГНД-20, ГНД-40.

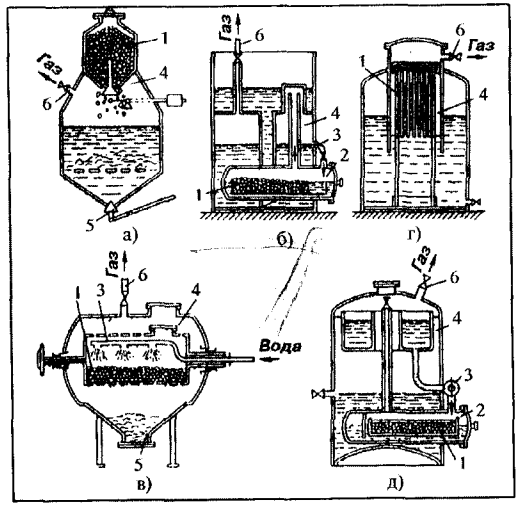


рис. 3.2. Схемы ацетиленовых генераторов :
а – "карбид на воду"; б – "вода на карбид"; в – "сухого разложения"; г – "вытеснения"; д – комбинированная система "вода на карбид" и "вытеснения";
1 – бункер или барабан с карбидом кальция; 2 – реторта; 3 – система подачи воды; 4 – газосборник; 5 – спуск ила; 6 – отбор газа.

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 "вытеснения".

Всем начинающим сварщикам необходимо знать основные требования, предъявляемые к ацетиленовым генераторам:

Производительность генератора должна соответствовать режиму предполагаемого процесса газовой сварки.

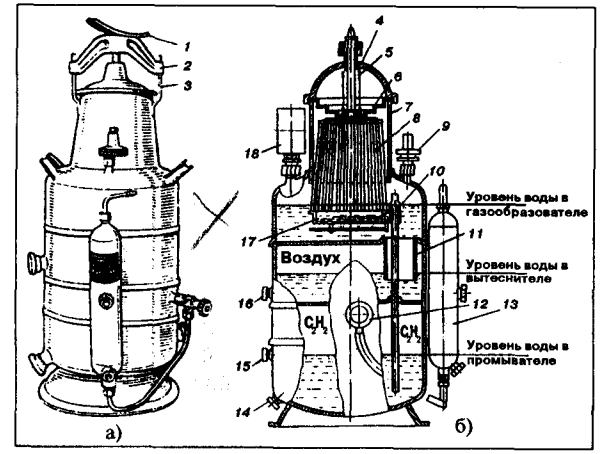


рис. 3.3. внешний вид и схема передвижного ацетиленового генератора среднего давления типа АСП–10:
а – внешний вид :
1 – винт; 2 – коромысло; 3 – направляющие.
б – схема :
4 – крышка; 5 – пружина; 6 – мембрана; 7 – горловина; 8 – корзина для карбида кальция; 9 – предохранительный клапан; 10 – трубка; 11 – патрубок; 12 – вентиль; 13 – предохранительный затвор; 14 – сливной штуцер; 15 – контрольная пробка; 16 – сливной штуцер; 17 – поддон; 18 – контрольный манометр.

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 (смотрите 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/см^2).

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 АСП — 10, представленного на рис. 3.3.

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 (литров)	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 x 380 x 960
Масса генератора без карбида и воды, кг	21,3

Генератор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, состоящий из корпуса, крышки 4 с мембраной 6, корзины для карбида кальция 8, предохранительного клапана 9, вентиля 12, предохранительного жидкостного затвора 13 и других элементов.

Корпус состоит их трех частей: верхней — газообразователя, средней — вытеснителя и нижней — промывателя и газосборника. Верхняя часть с нижней соединены между собой переливной трубкой 10. 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.

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 7. При достижении уровня переливной трубки 10 вода поступает из газообразователя в промыватель. Заполнение промывателя происходит до уровня контрольной пробки 15.

Карбид загружают в корзину 8, закрепляют поддон 17, устанавливают и прижимают крышку 4 с мембраной 6 усилием, создаваемым винтом 1. Образующийся в газообразователе ацетилен по трубке 10 поступает в промыватель, проходит через слой воды, охлаждается и промывается. Из промывателя ацетилен проходит через вентиль 12 по шлангу и поступает через предохранительный затвор 13 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 5 мембраны, перемещается вверх, уровень замочки карбида уменьшается, ограничивается выработка ацетилена, и повышение давления прекращается.

При снижении давления в газообразователе усилием пружины 5 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 11 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 9 служит для сброса избыточного давления ацетилена. В месте присоединения клапана к корпусу установлена сетка для задержания частиц карбида, окалины и других загрязнений.

Вентиль 12 служит для пуска и регулирования подачи ацетилена к потребителю. Давление ацетилена в газообразователе контролируется манометром 18.

Слив ила из газообразователя и иловой воды из промывателя осуществляется соответственно через штуцеры 16 и 14.

Предохранительный затвор 13 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 (рис. 3.4.) состоит из цилиндрического корпуса 3 с верхним и нижним сферическими днищами. В нижнее днище ввернут обратный клапан, состоящий из корпуса 6, гуммированного (обрезиненного) клапана 4 и колпачка 5, ограничивающего подъем гуммированного клапана. Внутри корпуса в верхней части затвора расположен пламепреградитель 2, а в нижней части — рассекатель 8.

Вода в затвор заливается через верхний штуцер при снятом ниппеле 1 до уровня контрольной пробки 9. Слив воды осуществляется через штуцер при отвернутой пробке 7.

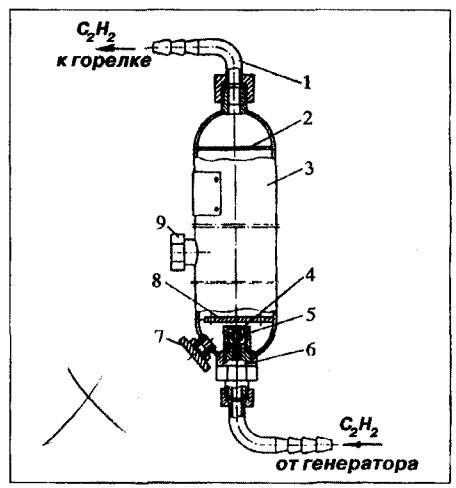


рис. 3.4. Водяной затвор ЗСГ–1,25 – 4 генератора АСП–10:
1 – ниппель; 2 – пламепреградитель; 3 – корпус; 4 – гуммированный клапан; 5 – колпачок; 6 – штуцер; 7 – пробка; 8 – рассекатель; 9 – контрольная пробка.

Ацетилен поступает в затвор по газоподводящей трубке, приподнимает гуммированный клапан, проходит чрез слой воды и выходит через ниппель 1. 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 предохрани-

тельные 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. 3.5. 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.

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.

Дисковый клапан 2 перекрывает доступ газов в рукав между дисковым клапаном 2, медной сеткой 3 и пористым металлическим фильтром 4.

На предохранительные жидкостные затворы, устанавливаемые на передвижных ацетиленовых генераторах, распространяются требования ГОСТ 5190-78.

На затворы, устанавливаемые на газоразборных постах распространяются требования ГОСТ 8766-81.

При подготовке генератора к работе необходимо:

- Снять крышку 4 и поддон 17 с корзины 8 (рис. 3.3, а, б).
- Убедиться, что в корпусе генератора нет посторонних предметов, что он тщательно промыт и очищен от ила.

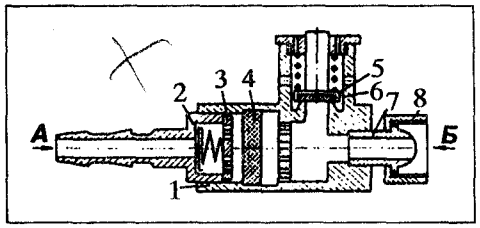


рис. 3.5. Шланговый обратный клапан : 1 – корпус; 2 – дисковый клапан; 3 – медная сетка; 4 – пористый металлический фильтр; 5 – выпускной клапан; 6 – несгораемый уплотнитель; 7 – ниппель; 8 – накидная гайка

- Проверить закрепление вентиля 12 и предохранительного клапана 9 на генераторе и наличие сетки в месте присоединения ее к корпусу.
- Открыть контрольную пробку 15 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 морозоустойчивый раствор.

- Закрыть контрольные пробки после слива избытка воды из генератора и затвора.
- Закрепить ниппельный отвод затвора.
- Соединить шлангом вентиль 12 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 17 на корзине 8.

В процессе работы с генератором необходимо выполнять следующие действия:

- Опустить загруженную карбидом корзину 8 в горловину корпуса и быстро уплотнить крышку 4 с помощью траверсы 2, крюка 3 и винта 1.
- Плавно открыть вентиль 12.
- Нажать кольцо клапана 9 для предупреждения прилипания прокладки.
- Продуть ацетиленом предохранительный затвор, шланги и сварочный инструмент (горелку, резак) в течении 1 минуты.
- Проследить за повышением давления газа в генераторе по манометру 18. Если давление газа становится выше 0,15 МПа, а предохранительный клапан 9 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, избегая резких толчков или встряхиваний.
- После окончания работы тщательно промыть корзину, газообразователь и промыватель от ила, слить конденсат из генератора через открытые штуцеры 16 и 14.

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

Вместо жидкостных предохранительных затворов ЗСГ-1,25-4 устанавливаются затворы ЗСП-8 или сухие предохранительные затворы мембранного типа ЗСН-1,25 или ЗСУ-1. Устройство сухого предохранительного затвора ЗСН-1,25 показано на рис. 3.6.

Затвор состоит из корпуса 1, в котором установлена мембрана 4 с коническим утолщением 5, разделяющая полость корпуса на газоподводящий коллектор 6 и взрывную камеру 3, соединенные петлевым трубопро-

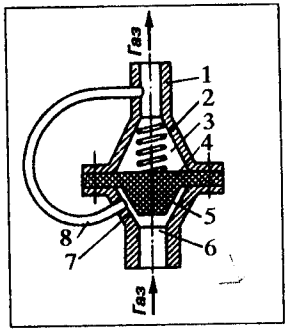


рис. 3.6. Сухой мембранный предохранительный затвор ЗСН–1,25 :
1 – корпус; 2 – пружина; 3 – взрывная камера; 4 – мембрана; 5 – коническое утолщение мембраны; 6 – газоподводящий коллектор; 7 – седло; 8 – петлевой трубопровод.

водом 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.

По каким признакам классифицируются ацетиленовые генераторы?

Какие системы регулирования процесса получения ацетилена применяются в генераторах?

Из каких основных частей состоит ацетиленовый генератор АСП-10?

Как осуществляется регулирование процесса получения ацетилена в генераторе АСП-10?

Расскажите о работе предохранительного затвора ЗСГ-1,25-4.

Какие затворы применяются для газов-заменителей?

Расскажите о подготовке генератора к работе.

Каков порядок работы с генератором АСП-10?

Расскажите о работе сухого предохранительного затвора ЗСН-1,25.

§ 2. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов

Стальные баллоны малой и средней емкости для газов на давление до 20 МПа (200 кг с/см^2) соответствуют требованиям ГОСТ 949-73.

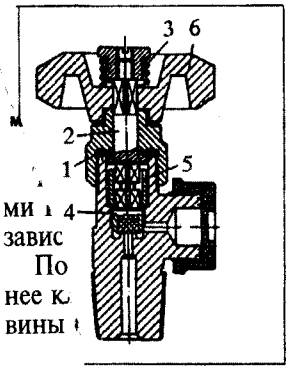
Баллоны имеют различную вместимость газов с определенным давлением. Баллоны объемом до 12 дм^3 (литров) относятся к баллонам малой емкости. Баллоны объемом от 20 до 50 дм^3 (литров) относятся к баллонам средней емкости.

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

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.



. 3.8. Вентиль для ородного баллона: кладка; 2 – шпиндель; ружина; 4 – клапан; уфта; 6 – маховичок.

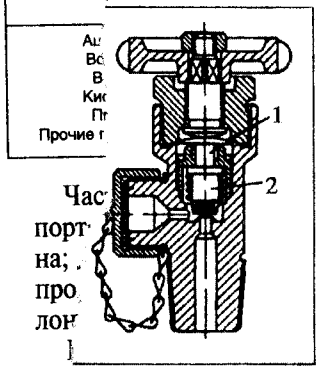


рис. 3.9. Вентиль мембранного типа: – мембрана; 2 – клапан.

Баллоны для пропан-бутана изготавливают сваркой из листовой углеродистой стали с толщиной стенки 3мм и емкостью 40 и 55 дм^3 (литров), они рассчитаны на максимальное рабочее давление 1,6 МПа (16 кг с/см^2).

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.

Латунь не горит в кислороде, ее применение в кислородных вентилях безопасно. Маховички, заглушки и другие детали вентилей изготавливают из алюминиевых сплавов или пластмасс.

Кислородный вентиль (рис. 3.8.) имеет сальниковое уплотнение с капроновой прокладкой 1, в которую буртиком упирается шпиндель 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. 3.9. 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.

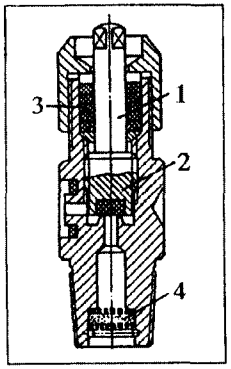


рис. 3.10. Вентиль для *ацетиленового баллона*: 1 – шпиндель; 2 – клапан; 3 – сальниковое уплотнение; 4 – фильтр.

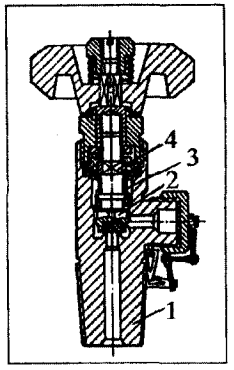


рис. 3.11. Вентиль для *пропан-бутана*: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – резиновый манжет; 4 – шпиндель.

Ацетиленовые вентили (рис. 3.10.) 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. Шпиндель вращают торцевым ключом, надеваемым на квадратный конец шпинделя. Нижняя часть 2 шпинделя 1 имеет вставку из эбонита и служит клапаном. Для уплотнения сальника 3 применяют набор кожаных колец. В хвостовик вентиля вставляют войлочный фильтр 4.

Различные конструкции кислородных и ацетиленовых вентилей, 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. 3.11.) имеют стальной корпус 1; клапан 2 и шпиндель 4, соединенные эластичным резиновой манжетой 3, которая обеспечивает герметичность сальниковой гайки.

Существуют некоторые особенности, связанные с материалом корпуса вентилей баллонов и направлением резьбы боковых штуцеров, которые приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6.

Материалы корпусов вентилей 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.

На какие емкости и давления изготавливаются баллоны для хранения и перевозки сжатых газов?
В какие цвета окрашиваются баллоны?
Расскажите, что Вы знаете о конструкции баллонов?
Что необходимо знать о подготовке баллонов к работе?
Почему замерзают вентили и что необходимо применять для их разморозки?
Расскажите, что Вы знаете о кислородных вентилях?
Чем отличаются кислородные вентили от ацетиленовых?
Расскажите правила хранения баллонов на сварочном посту.
За счет чего сохраняется ацетилен в баллонах?
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. Схема постового однокамерного редуктора приведена на рис. 3.12. Из баллона газ поступает в штуцер 1 редуктора под давлением, указываемым манометром 2. Сжатый газ проходит через клапан 11, преодолевая его сопротивление.

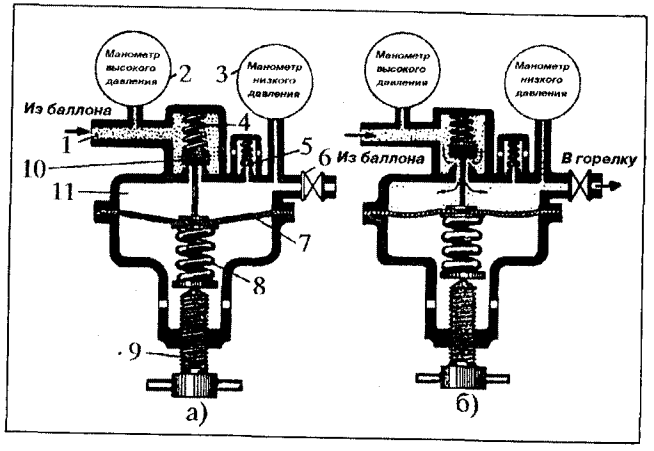


рис. 3.12. Схема устройства и работы редуктора: а – нерабочее положение (газ не проходит через редуктор); б – положение частей редуктора при прохождении газа; 1 – входной штуцер; 2 и 3 – манометры; 4 – обратная пружина; 5 – предохранительный клапан; 6 – вентиль запорный; 7 – мембрана; 8 – главная пружина; 9 – регулирующий винт; 10 – камера низкого давления; 11 – редуцирующий клапан.

Давление газа понижается и он поступает в камеру низкого давления 10, которое указывается манометром 3. Под этим рабочим давлением газ через вентиль 6 поступает в горелку. Мембрана 7 из прорезиненной ткани, регулирующий винт 9, пружины 8 и 4 служат для изменения положения клапана 11, от степени

открытия которого зависит давление газа после редуктора. Чем больше открыт клапан11, тем выше давление газа после него и тем большее количество газа проходит через редуктор.

При ввертывании винта 9 сжимаются пружины 8 и 4, открывается клапан 11 и повышается давление газа в камере 10. При вывертывании винта 9, наоборот, клапан 11 прикрывается, давление газа в камере 10 снижается.

Установленное рабочее давление в редукторе автоматически поддерживается постоянным. При уменьшении количества отбираемого газа давление начнет возрастать и газ в камере низкого давления 10 будет с большей силой давить на мембрану 7, которая отойдет вниз и сожмет пружину 8. При этом пружина 4 прикрывает клапан 11 до тех пор, пока давление в камере 10 станет вновь равным его первоначальной величине. Обратное явление будет происходить при понижении рабочего давления.

Предохранительный клапан 5 защищает мембрану от разрыва в случае, если клапан 11 начнет пропускать газ.

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 кг с/см^2) до промежуточного значения 4 МПа (40 кг с/см^2), а во второй — до конечного рабочего давления 0,3-1,5 МПа (3-15 кг с/см^2). 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 распространяются требования ГОСТ 13861-89. 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 м^3/ч. Каждому типу редуктора соответствует одна или несколько марок. Редукторы изготавливают по ГОСТ 6268-78 для работы в различных климатических условиях.

Баллонные и сетевые редукторы для кислорода, водорода и ацетилена применяют для работы при температуре от минус 25 до плюс 50°С.

Баллонные и сетевые редукторы для пропана и метана применяют для работы при температуре от минус 15 до плюс 45°С.

Рамповые редукторы рассчитаны на работу при температуре от плюс 50° до минус 50°С.

Основные параметры применяемых редукторов указаны в табл. 3.7.

Таблица 3.7.

Основные параметры применяемых редукторов

Тип редуктора	*Наибольшая пропускная способность V, м^3/ч*	*Наибольшее давление газа на выходе Р1, МПа (кгс/см^2)*	*Наибольшее рабочее давление Р2, 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-30 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 (рис. 3.13.).

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.

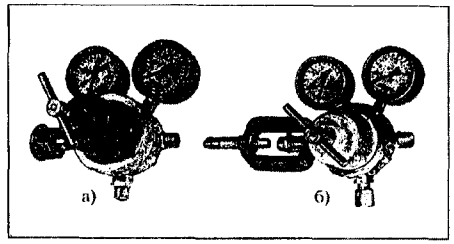


рис. 3.13. Внешний вид баллонных редукторов: а – кислородный; б – ацетиленовый.

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. Последова-

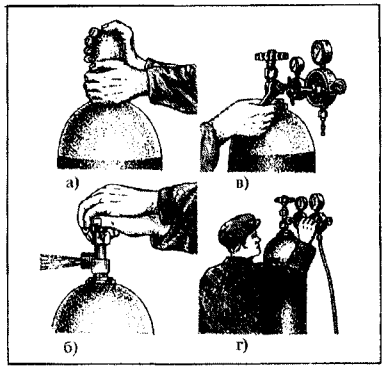


рис. 3.14. Установка редуктора на баллон: *а – снятие клапана; б – продувка вентиля;* в – закрепление накидной гайки; г – установка рабочего давления по манометру.

тельность действий в обращении с редукторами указана на рис. 3.14.

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 (рис. 3.15.).

Баллоны 1 устанавливаются в одну или две группы, подсоединяются гибкими медными трубками 2 к трубам — коллекторам 3 через вентили 4. Каждый коллектор имеет по главному запорному вентилю 7. Когда из одного коллектора отбирают газ, то ко второму присоединяют новые баллоны, наполненные газом. Вентили 4 позволяют отсоединять каждый баллон от рампы, не прерывая отбора газа от остальных баллонов. Рампа имеет центральный редуктор 6 для понижения давления газа, подаваемого в цех по трубопроводу 5. Рампы устанавливают в отдельном изолированном помещении. Баллоны с кислородом на

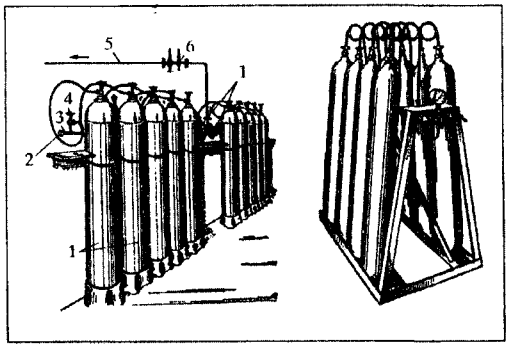


рис. 3.15. Пристенная и напольная газораспределительные рампы для кислорода: а – пристенная: 1 – баллоны с кислородом; 2 – медные

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 техническим условиям ГОСТ 9356-75 или по требованиям международного стандарта Рег. № ИСО 3821-77. Требования ГОСТа 9356-75 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 минус 35 до плюс 70°С и в районах с холодным климатом — от минус 55 до плюс 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/см^2);
- для подачи жидкого топлива: бензина А-72 по ГОСТ 2084-77, уайт-спирита по ГОСТ 3134-78, керосина или их смеси под давлением 0,63 МПа (6,3 кгс/см^2);
- Для подачи кислорода под давлением 2МПа (20 кгс/см^2) и 4МПа (40 кгс/см^2).

Основные размеры и минимальный радиус изгиба рукавов указаны в табл. 3.8.

Таблица 3.8.

Основные размеры и минимальный радиус изгиба рукавов

Внутренний диаметр (мм).		*Наружный диаметр (мм).*		
Номин.	*Пред.откл.*	*Номин.*	*Пред.откл.*	*Минимальный радиус изгиба (мм).*
6,3	±(0,2 – 0,8)	12,0	± 0,5	60
8,0	± 0,5	16,0	± 1,0	80
9,0	± 0,5	18,0	± 1,0	90
10,0	± 0,5	19,0	± 1,0	100
12,0	± 1,0	22,5	± 1,0	120
12,5	± 1,0	23,0	± 1,0	120
16,0	± 1,0	26,0	± 1,0	160

Пример условного обозначения: Рукав I -16-0,63 ГОСТ 9356-75 (I —

Чем отличается двухкамерный редуктор от однокамерного?
Как расшифровываются марки редукторов?
Какие требования предъявляются к редукторам по климатическим условиям?
В какие цвета окрашивают редукторы и почему?
Расскажите правила обращения с редукторами.
Расскажите о рампах кислородных баллонов.
Чем отличаются рампы ацетиленовых баллонов от кислородных?
Расскажите о рукавах (шлангах).
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 безинжекторные (рис. 3.16).

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. Подача 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.

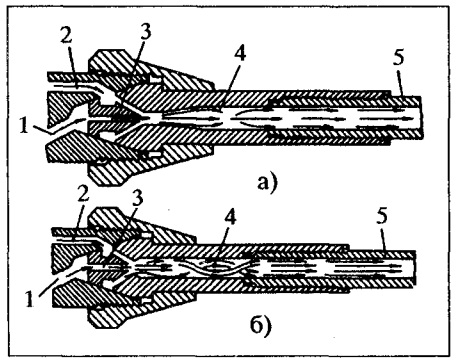


рис. 3.16. Устройство узла смешения газов в горелках:
а – инжекторной; б – безынжекторной;
1 – кислородный канал; 2 – ацетиленовый канал; 3 – сопло; 4 – смесительная камера; 5 – трубка горючей смеси.

Схема узла или камеры смешения инжекторной горелки показана на рис. 3.16, 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 смесительную 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 безынжекторной горелки показана на рис. 3.16,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/см^2), а ацетилена — от 0,001 до 0,01 МПа (0,01 — 0,1 кгс/см^2).

Для создания необходимого разрежения в горелке существенное значение имеет расстояние между концом сопла инжектора и входом в смесительную 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/сек (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/см^2).

При скорости истечения смеси 20 — 40 м/сек возникают хлопки и обратные удары пламени, а при скорости до 140 — 240 м/сек возможен отрыв пламени от мундштука горелки.

Инжекторные горелки могут работать при среднем давлении ацетилена до 0,15 МПа (1,5 кгс/см^2). 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/см^2), что снижает возможность возникновения хлопков и обратных ударов пламени.

Для лучшего отвода тепла мундштуки изготавливают из высокотеплопроводных материалов — меди марки М3 или хромистой бронзы БР.Х 0,5. 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 ацетиленово-

го 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 номеров, 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 дм^3/ч на 1 мм толщины. В табл. 3.11.(а, б, в, г, д) приведены технические характеристики наиболее распространенных горелок малой и средней мощности.

Таблица 3.11.а.

Технические характеристики инжекторных горелок (ГОСТ 1077-79Е)

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	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	270–380	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	0,03–1
кислорода	0,15–0,3		0,2–0,3				0,2–0,35		0,25–0,5	0,25–0,5

Таблица 3.11. б

Горелки сварочные для газов - заменителей ацетилена

Марка горелки[1]	Номер наконечника	Расход, дм^3/ч.			Давление, МПа		Толщина свариваемого металла, мм
		пропанбутана	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	1,5–2,5
	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	–

[1] *Горелка ГЗУ-3 - универсальная, ГЗУ-4 - для сварки чугуна и цветных металлов (кроме меди), а также наплавки, пайки, нагрева.*

Таблица 3.11. в.

Показатели	Номера наконечников.							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Примерная толщина свариваемого металла (сталь), мм	0,3–0,6	0,5–1,5	1–2,5	2,5–4	4–7	6–11	10–18	17–30
Расход, дм^3/ч:								
ацетилена	25–60	50–135	120–240	230–400	400–700	660–1100	1050–1750	1700–2800
кислорода	28–70	50–135	130–260	250–430	430–750	740–1200	1150–1950	1900–3100
Диаметр канала, мм:								
инжектора	0,18	0,25	0,35	0,45	0,6	0,75	0,95	1,2
смесительной								
камеры	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
мундштука	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
Давление кислорода, кг с/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)	2–4 (0,2–0,4)
Скорость истечения смеси из мундштука, м/сек.	40–135	50–130	65–135	75–135	80–140	90–150	100–160	110–170

Таблица 3.11. г.

Универсальные ацетилено-кислородные горелки (ГОСТ 1077-79Е)

Тип горелки[1]	Модель[2] горелки	Номера наконечников	Масса, кг не более	Внутренний диаметр при соединительного 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

[1] *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.*

Горелки однопламенные универсальные для ацетиленокислородной сварки, пайки и подогрева изготавливаются по ГОСТ 1077-79Е, которым предусматривается четыре типа горелок: Г1-горелки микромощности, безынжекторные; 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.

Таблица 3.11. д.

Техническая характеристика безынжекторных горелок типа Г1 (ГОСТ 1077-79Е)

Номер наконечника	000	00	0
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	До 0,1	0,1–0,2	0,2–0,6
Расход, дм³/ч ацетилена	5–10	10–25	25–60
кислорода	6–11	11–28	28–65
Давление на входе в горелку, МПа. ацетилена		0,01–0,1	
кислорода		0,01–0.1	

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 мм и 9 мм. При смене горелок производится смена шлангов, для этого применяют переходники — ниппели 6мм/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

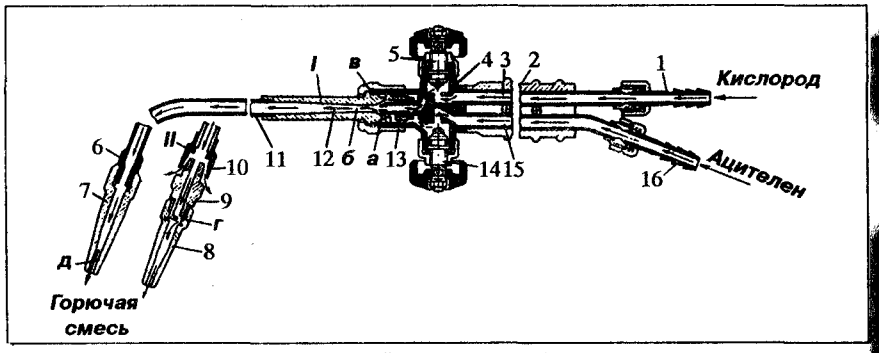


рис. 3.17. Устройство инжекторной горелки:
1, 16 – кислородный и ацетиленовый ниппели; 2 – рукоятки; 3, 15 – кислородная и ацетиленовая трубки; 4 – корпус; 5, 14 – кислородный и ацетиленовый вентили; 6 – ниппель наконечника; 7 – мундштук; 8 – мундштук для пропан–бутан–кислородной смеси; 9 – штуцер; 10 – подогреватель; 11 – трубка горючей смеси; 12 – смесительная камера; 13 – инжектор;
а, б – диаметры выходного канала инжектора смесительной камеры; в – размер зазора между инжектором и смесительной камерой; г – боковые отверстия в штуцере 9 для нагрева смеси; д – диаметр отверстия мундштука.

от ржавчины, старой краски и т.д. выпускаются ацетилено-кислородные горелки ГАО-2. Ширина поверхности, обрабатываемой горелкой за один проход, составляет 100 мм.

Наиболее распространенный тип инжекторной горелки приведен на рис. 3.17.

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 в порядке, указанном на рис. 3.18.

Для проверки инжектора на кислородный ниппель надевают шланг, а в корпус горелки вставляют наконечник (рис. 3.18,б), 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 (рис. 3.18,в). Если подсос есть, горелка исправна.

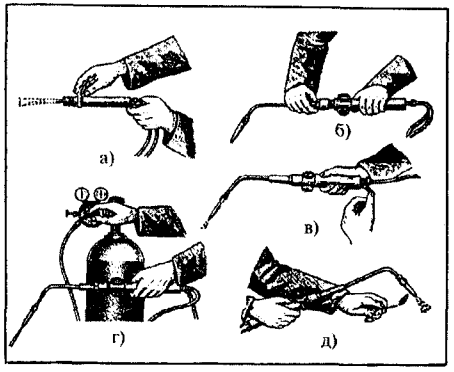


рис. 3.18. Проверка и подготовка горелки к работе: а – продувка каналов; б – закрепление наконечника накидной гайкой; в – обнаружение подсоса; г и д – поджигание горючей смеси и проверка общей подачи газа.

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 (рис. 3.18,а).

После проверки горелки следует подсоединить оба шланга, закрепить их на ниппелях хомутиками и зажечь горючую смесь (рис. 3.18, г, д).

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 соотношение 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 (табл.3.11, в). Поверхность мундштука необходимо заполировать.

Пропуск газа через сальники вентилей горелки устраняются заменой набивки сальников или подтягиванием гаек сальников.

Контрольные вопросы.

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

ГЛАВА IV. 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 непригодно для сварки, так как имеет низкую температуру и коптит, выделяя много сажи (несгоревшего углерода). Когда в такое пламя добавляют кислород, открывая кислородный вентиль горелки, то резко меняется цвет и форма пламени, температура его повышается.

Изменяя соотношение кислорода и ацетилена в горючей смеси, можно получать три основных вида сварочного пламени (рис. 3.19.):

- Науглероживающее (с избытком ацетилена).
- Нормальное (называемое восстановительным).
- Окислительное (с избытком кислорода).

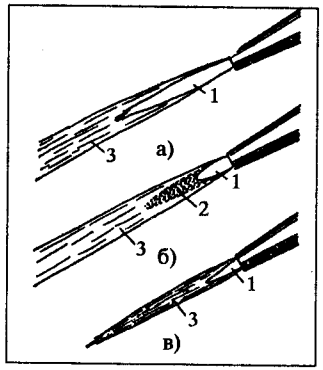


рис. 3.19. Разновидности ацетилено-кислородного пламени: а – науглероживающее; б – нормальное; в –окислительное; 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел.

Для сварки большинства металлов применяют нормальное (восстановительное) пламя (см. рис. 3.19, б). 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 из-

бытке 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.

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 смечи 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 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 их положительных качеств процесса газовой сварки.

Однако следует помнить, что К.П.Д. использования теплотворной способности горючего при газовой сварке равно всего 7%. Тепло, выделяющееся при сгорании ацетилена расходуется следующим образом (%):

Полезно используется на сварку для расплавления металла 6-7
Потери тепла:
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.

Охарактеризуйте три вида сварочного пламени.
Какие две фазы существуют при горении сварочного пламени?
Расскажите о строении сварочного пламени.
Каковы особенности восстановительного пламени?
В каких случаях применяется окислительное пламя?
Чем отличается науглероживающее пламя от окислительного?
Какие факторы влияют на формирование шва при газовой сварке?
Как расходуется тепло при сгорании горючих газов в процессе газовой сварки?

§ 2. Способы ручной газовой сварки

С целью обеспечния полного провара металла по всей толщине перед ручной газовой сваркой производится предварительная подготовка кромок свариваемых деталей. В табл. 3.12 приведены формы подготовки кромок в обобщенном виде для газовой сварки листового проката углеродистых сталей встык.

Точные размеры конструктивных элементов кромок сварных соединений при газовой сварке изделий из различных материалов приведены в ОСТ 3-5479-83.

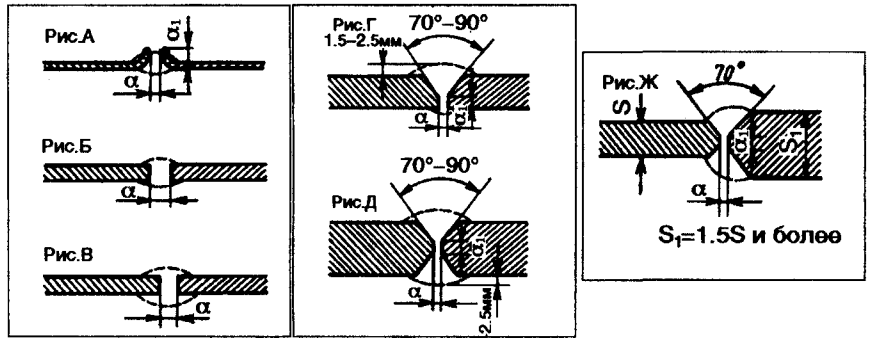
При ручной газовой сварке сварщик держит в одной руке сварочную горелку, а в другой — присадочную проволоку. Пламя горелки сварщик направляет на свариваемый металл так, чтобы кромки находились в восстановительной зоне пламени на расстоянии 2 — 6 мм от конца ядра пламени (точка достижения максимальной 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. 3.20.).

Таблица 3.12.

Размеры конструктивных элементов кромок при газовой сварке стыковых соединений листового проката ОСТ3-5479-83

Название шва	*Схема шва*	*Размеры, мм*		
		толщина металла	*зазор а*	*притупление а1*
С отбортовкой кромок, без присадочного металла.	рис. А	0,5–1	–	1–2
Без скоса кромок односторонний двусторонний	рис. Б	1–3 3–6	0,5–2	– –
V-образный	рис. В	3–16	2–4	2–3
X-образный	рис. Г	16–25	2–4	2–3
V-образный при листах разной толщины	рис. Д	5–20	2–4	1,5–2,5
X-образный при листах разной толщины	рис. Ж	12–30	3–4	2–4



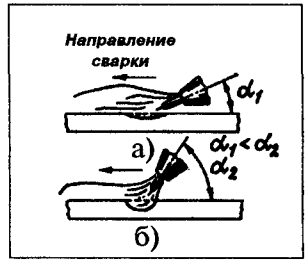


рис. 3.20. Влияние угла наклона мундштука горелки на глубину проплавления :
а – сварка при малом угле; б – сварка при большом угле.

При сварке толстого или теплопроводного металла (например, медь) угол наклона мундштука должен быть больше, чем при сварке металла тонкого или с низкой теплопроводностью. На рис. 3.21. показаны углы наклона мундштука, которые следует выдерживать при сварке сталей.

Распределение жидкого металла по шву, а также регулирование скорости плавления кромок и присадочной проволоки достигают соответствующим перемещением сварочного пламени по шву.

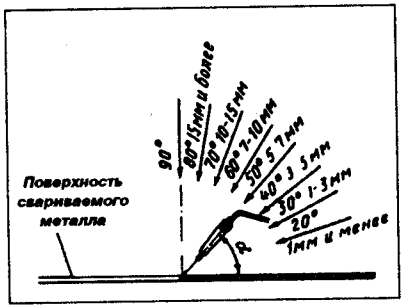


рис. 3.21. Углы наклона мундштука горелки в зависимости от толщины свариваемого металла.

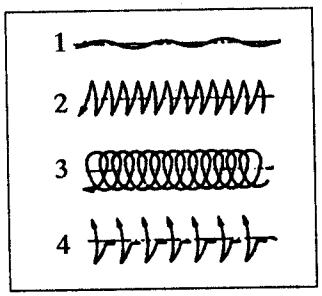


рис. 3.22. Способы перемещения мундштука горелки при газовой сварке :
1 – с незначительными колебаниями при сварке малых толщин; 2 – полумесяцем; 3 – петлеобразно; 4 – полумесяцем с задержкой вдоль шва.

На рис. 3.22. 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.

Способ 1 (рис. 3.22.) применяют для сварки тонких листов, способы 2 и 3 — 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 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. 3.23, а,б).

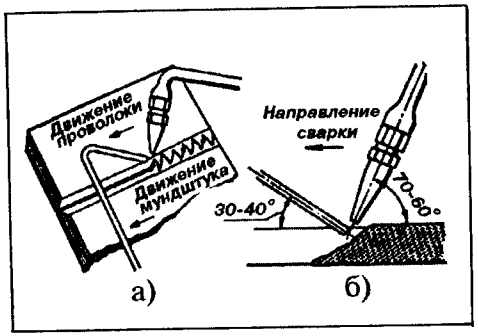


рис. 3.23. Левая сварка :
а – схема движений мундштука и горелки; б – углы наклона мундштука и проволоки.

Горелку перемещают справа налево, присадочная проволока находится перед пламенем, которым подогревают несваренный участок и присадочную проволоку. При левой сварке мощность пламени принимают 100 — 130 дм^3 (литров) ацетилена в час на 1 мм толщины металла.

При правой сварке (рис. 3.24.) 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.

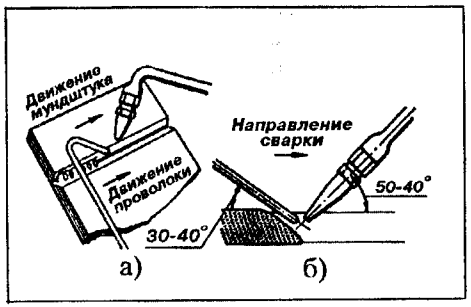


рис. 3.24. Правая сварка :
а – схема движения мундштука и горелки; б – углы наклона мундштука и проволоки.

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 отжигает 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 дм^3 (литров) ацетилена в час на 1 мм толщины металла.

Диаметр присадочной проволоки для сварки низкоуглеродистых сталей принимают в зависимости от способа сварки:

1. Для левого способа d = S+ 1 (мм);
2. Для правого 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.

Одним из способов, который позволяет получить высокое качество сварного шва, является способ — сварка ванночками (рис. 3.25). Он 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, распла-

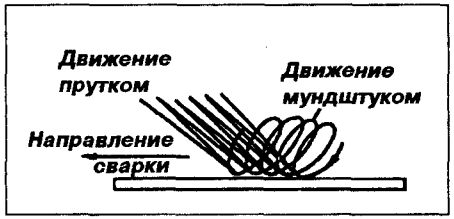


рис. 3.25. Сварка ванночками.

вив 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 (ГОСТ 2246-70); или используют проволоку Св08, но с раскисляющим покрытием.

Сварка городским газом (CH4) 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.

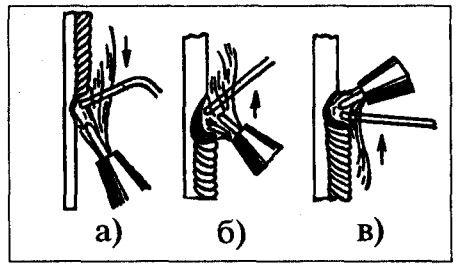


рис. 3.26. Сварка вертикальными швами : а - сверху вниз; б, в - снизу вверх.

Необходимо отметить некоторые особенности формирования сварного шва при его вертикальном расположении (рис. 3.26.).

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 стекания 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:

Какие способы перемещения пламени по шву Вы знаете?
В чем сущность левой сварки и когда она применяется?
В чем достоинства правой сварки и ее особенности?
Как выбрать необходимый диаметр присадочной проволоки при сварке низкоуглеродистых сталей?
Расскажите о сварке ванночками.
Каковы особенности сварки окислительным пламенем?
Расскажите об особенностях сварки пропан-бутаном.
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 минут. 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 закаливаются, 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

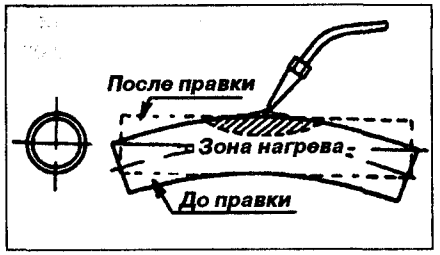


рис. 3.27. Правка изделий местным нагревом.

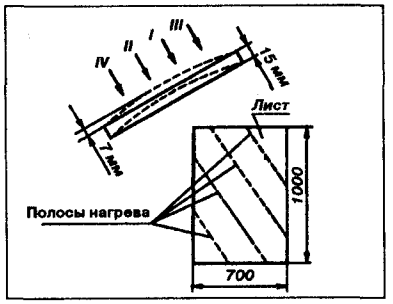


рис. 3.28. Схема правки стального листа толщиной 15 мм.

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. 3.27.). При нагревании металл стремиться 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.

При необходимости повторной операции правки нагревают следующий участок, не затрагивая соседнего, который уже подвергался нагреву. В табл. 3.13. приведены ориентировочные режимы правки листов углеродистой стали ацетилено-кислородным пламенем.

Толстолистовой металл после резки его на заготовительных ножницах всегда имеет ярко выраженную выпуклость. Правка осуществляется нагревом по схеме, показанной на рисунке рис. 3.28.

Таблица 3.13.

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

Контрольные вопросы.

В чем заключается отжиг и нормализация?
Какие виды отжига применяются при правке?
При каких условиях можно заниматься проковкой швов?
Что необходимо предпринять при сварке закаливающихся сталей?
В чем достоинства местного нагрева?
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.

При сварке трубопроводов для транспортировки газов и жидкостей сквозное проплавление стенки недопустимо, так как возникающие внутри трубы наплывы создают дополнительное сопротивление газам или жидкостям. Поэтому технология подготовки труб под сварку будет иная, чем при сварке листовых конструкций. При сварке труб с толщиной до 3 мм скоса кромок не делают. Стык собирают с зазором до половины толщины стенки трубы. При сварке труб толщиной свыше 3 мм делают скос кромок под углом 35 — 45°. Острую часть кромок притупляют, чтобы они не оплавлялись при сварке и расплавленный металл не протекал внутрь трубы. В отдельных случаях, в зависимости от назначения трубопроводов, используют и другие, более сложные способы стыковки труб: без скоса кромок с подкладным кольцом; с раструбом и вставным кольцом; с разделкой кромок и внутренней выточкой в трубах для более точной их центровки и др. При сварке трубопроводов для транспортировки газов и жидкостей запрещается применять остающиеся подкладные кольца. При сварке труб применяют как левый, так и правый способы сварки. 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. 3.29.

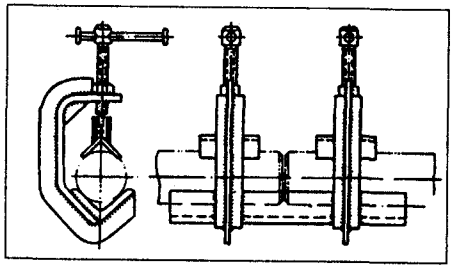


рис. 3.29. Струбцинный центратор для труб диаметром 60 – 100 мм.

Если трубу можно поворачивать, то сварку лучше вести в нижнем положении (рис. 3.30.).

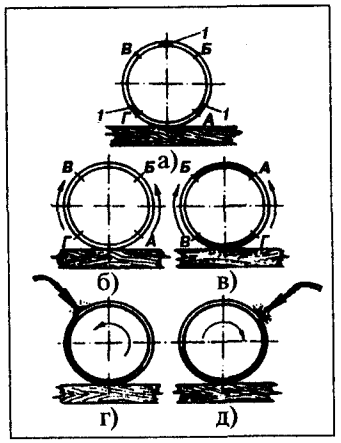


рис. 3.30. Порядок сварки стыков труб с поворотом :
а – места размещения прихваток (1) и участков шва (А, Б, В, Г);
б – выполнение первого слоя на участках А–Б и Г–В; в – поворот стыка и выполнение первого слоя на участках Г–А и В–Б;
г – выполнение второго слоя шва;
д – выполнение третьего слоя шва.

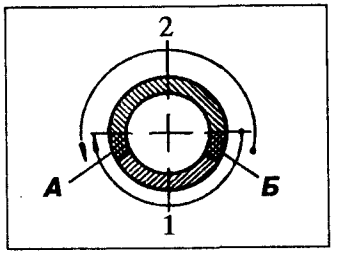


рис. 3.31. Последовательность сварки неповоротного стыка труб диаметром до 150 мм.

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 с перекрытием на участках А и Б (рис. 3.31.).

При сварке труб диаметром до 300 мм и более сварку начинают с какой-либо точки окружности и выполняют четырьмя участками (рис. 3.32.).

При сварке промышленных и бытовых газопроводов с давлением газа до 1,2 МПа (12 кгс/см^2), трубы предварительно сваривают в производственных условиях в секции, длина которых выбирается исходя из возможности транспортировки. Секции труб очищают и грунтуют противокоррозийной 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 наплавлять на расстоянии 30 — 50 мм от стыка.

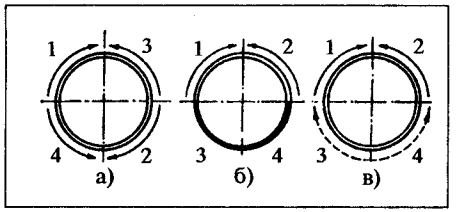


рис. 3.32. Последовательность сварки труб большого диаметра :
а – (200 – 300) мм; б – (500 – 600) мм; в – сварка без поворота трубы.

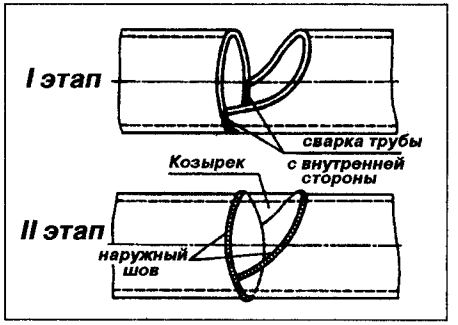


рис. 3.33. Порядок сварки стыков труб с козырьком.

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 производится 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. 3.33.).

Контрольные вопросы.

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

ГЛАВА V. 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 дм^3 (л)/ч ацетилена на 1мм толщины металла при левой сварке и 120-150 дм^3 (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 ГОСТа 2246-70 (табл. 3.14.). Режимы газовой сварки сталей приведены в табл. 3.15.

Таблица 3.14.

Выбор присадочной проволоки и № флюса для газовой сварки углеродистых и легированных сталей

Марка свариваемой стали.	*Марка присадочной проволоки по ГОСТ 2246–70.*	*Расход ацетилена на 1мм толщины свариваемого материала дм^3/ч*	*Номер флюса.*
08,10, 20, 05кп, 08кп, 10кп.	Св08,Св08А, Св08ГА,Св08Г2С	120–150 для правой сварки	Без флюса.
Ст0–Ст3сп, ВСт2–ВСт4.	Св08ГС,Св08Г2С Св10ГА,Св12ГС Св14ГС.	100–130 для левой сварки.	
25, 30, 35, 40.	Св08А,Св08ГА, Св10ГА, Св12ГС, Св08Г2С.	75–100 для левой сварки.	№1, №2, №3 (табл. 3.16.).
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.

Флюсы для газовой сварки по отраслевому стандарту ОСТ-5479-83 маркируют номерами. По номерам определяют компоненты флюсов, которые приведены в табл. 3.16.

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.

Таблица 3.15.а.

Выбор режимов газовой сварки изделий из сталей с использованием ацетиленовой смеси

Толщина свариваемого металла, мм	*Предварительный зазор стыка сварного соединени, мм*	*Угол скоса кромок*	*Расстояние между прихватками, мм*	*Диаметр сварочной проволоки, мм*	*Номер наконечника горелки по ГОСТ 1077–79Е*		*Расход,дм^3/ч*	
					типа Г3	*типа Г2*	*ацетилена*	*кислорода*
От0,3 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	–	660–1100	740–1200

Примечание. Режимы сварки уточнять в каждом конкретном случае.

Таблица 3.15. б.

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 на конечника горелок по ГОСТ 1077–79Е*	*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	630–1900

Примечание.

Давление рабочих газов при входе в горелку пропан-бутановой смеси 0,2-0,5 кг с/см^2 (0,02-0,05 МПа), кислорода 0,2-0,4 кг с/см^2 (0,02- 0,04 МПа).

При сварке сталей важное значение имеет чистота поверхности кромок, так как загрязнения вызывают в шве поры, непровар, шлаковые включения. Подготовка кромок должна соответствовать ГОСТ 16037-80 (табл.3.17.). 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 ОСТ 3-4001-77. Прихватки необходимо производить в местах наименьшей концентрации напряжений. Не рекомендуется производить прихватку в острых углах, в местах резких переходов, на окружностях с малым радиусом.

Таблица 3.16.

Флюсы, применяемые при газовой сварке сталей

Наименование компонентов флюса	Обозначение стандарта или технических условий	Номер флюса.				
		1	2	3	4	5
		Химический состав, % по массе				
Бура	ГОСТ 8429–77	100				
Калий углекислый	ГОСТ 10690–73		50			
Натрий двухуглекислый	ГОСТ 2156–76		50			
Кислота борная	ГОСТ 18704–78			70	55	
Натрий углекислый	ГОСТ 83			30		
Кремний двуокись	ГОСТ 9428–73				10	
Ферромарганец	ГОСТ 4755–80				10	10
Феррохром	ГОСТ 4757–79				10	
Ферротитан	ГОСТ 4761–80				5	10
Концентрат рутиловый	ГОСТ 22933–78				5	
Шпат плавиковый	ГОСТ 7618–70				5	
Мрамор	ГОСТ 4416–73					28
Фосфор красный технический	ГОСТ 8655–75					
Ферросилиций	ГОСТ 1415–78					6
Титан двуокись	ТУ 6–09–2166–77					20

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. 3.14 и 3.15. Для улучшения качества шва целесообразно проковать швов при температуре (800-850°С) с последующей нормализацией.

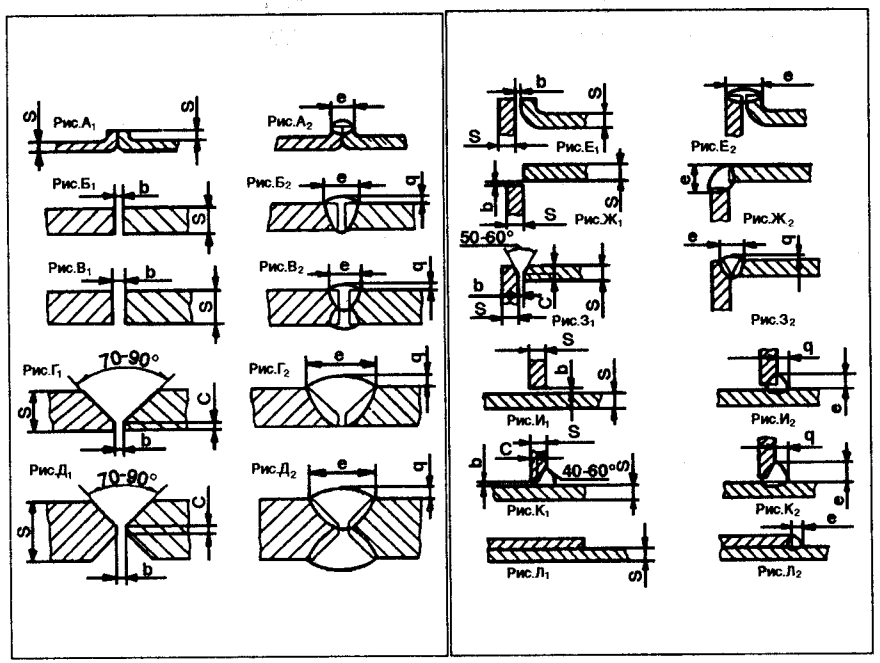
При ремонте паровых котлов и трубопроводов применяют газовую сварку низколегированных молибденовых теплоустойчивых сталей. Мощность при сварке этих сталей выбирают из расчета 100 дм^3 /ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Сварочную проволоку применяют следующих марок: Св08ХНМ, Св10НМ, Св18ХМА, Св10ХМ по ГОСТ 2246-70. Сварку необходимо производить небольшими участками длиной 15-25 мм, поддерживая весь свариваемый участок нагретым до светло-красного каления.

Широко применяют низколегированные хромокремнемарганцовые стали (хромансили) 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 дм^3 /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

Таблица 3.17.

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	S	b	c	e	q
Стыковое	С1	С отбортовкой двух кромок	Односторонний	рис. А1	рис. А2	От 0,5 до 2	–	–	От 3	до 8
	С2	Без скоса кромок		рис. Б1	рис. Б2	Св 1,0 до 3,5	0,5–2,0	–	6–10	1–2,5
	С3		Двусторонний	рис. В1	рис. В2	Св 3,5 до 5	1–2	–	7–8	1,5–2,0
	С4	Со скосом двух кромок	Односторонний	рис. Г1	рис. Г2	Св 5 до 10	2–4	1,5–3,0	10–20	2,0–2,5
	С5	С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний	рис. Д1	рис. Д2	в 10 до 25	2–4	2–4	18–26	2–3
Угловое	У1	С отбортовкой одной кромки	Односторонний	рис. Е1	рис. Е2	От 1,0 до 4,0	0–2	–	5–12	–
	У2	без скоса кромок		рис. Ж1	рис. Ж2	До 1,5 1,6–3,0	0,3–1 0,5–1,5	– –	S+3	–
	У3	со скосом кромок		рис. З1	рис. З2	в 3,0 до 5,0	0,8–1,5	1,0–1,1	10–12	1–2
Тавровое	Т1	без скоса кромок		рис. И1	рис. И2	До 1,5 в 1,6–3,0	0,3–1,0 0,5–1,5	– –	4–5 4–7	4–7 4–9
	Т2	со скосом одной кромки.		рис. К1	рис. К2	в 3 до 5	0,8–1,5	1–2	12–14	5±2
нахлесточное	Н1	без скоса кромок		рис. Л1	рис. Л2	До 2	–	–	3–8	–



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.

Стали типа "хромансиль" после сварки подвергают закалке с последующим отпуском.

Контрольные вопросы.

Какими горючими газами можно пользоваться при сварке углеродистых сталей?

Как осуществляется выбор номера флюса?

Каким критерием пользуются при выборе сварочной проволоки?

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. 3.18.

Таблица 3.18.

Флюсы, применяемые при газовой сварке меди

Наименование компонентов флюса	*обозначение стандарта*	*номер флюса*								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Химический состав %, по массе								
бура	ГОСТ 8429–77	100	25	50	30	50	50	70	56	78
кислота борная	ГОСТ 18704–78		75	50	50	35	–	10	–	4
Натрий хлористый	ГОСТ 4233–77	–	–	–	10	–	–	20	22	13
Натрий кислый фосфорнокислый	ГОСТ 4172–76	–	–	–	10	15	15	–	–	–
Песок кварцевый	ГОСТ 4417–75	–	–	–	–	–	15	–	–	
Калий углекислый	ГОСТ 10690–73	–	–	–	–	–	–	–	22	–
Уголь древесный	ГОСТ 7657–74	–	–	–	–	–	20	–	–	
Натрий двууглекислый	ГОСТ 4201–79	–		–	–	–	–	–	–	5

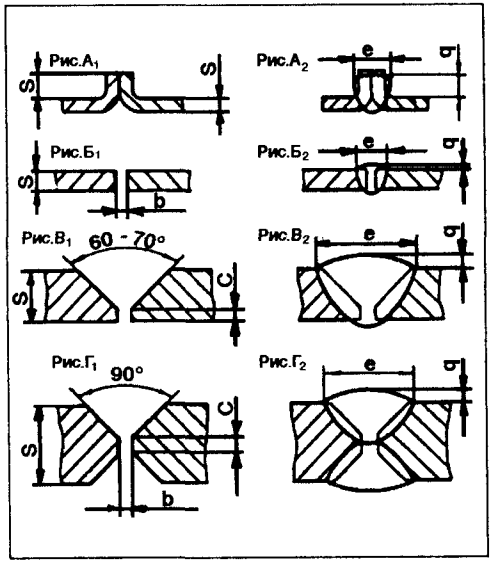
Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку изделий из меди и бронзы приведены в табл. 3.19.

Выбор присадочной проволоки, номера флюса и температуры подогрева осуществляется по данным табл. 3.20.

Таблица 3.19.

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	S	b	C	e	q
стыковое	С1	С отбортовкой двух кромок	Односторонний	рис. А1	рис. А2	До 2	–	–	3–6	1–2
	С2	Без скоса кромок		рис. Б1	рис. Б2	До 4	1–2	–	6–10	1–2
	С3	Со скосом двух кромок		рис. В1	рис. В2	Св 4 до10	1–2	2–3	10–25	1,5–2,0
	С4	С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний	рис. Г1	рис. Г2	Св10 до 25	1–2	2–3	20–30	2–3



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. 3.21. и 3.22.

Таблица 3.20.

Выбор присадочной проволоки и № флюса для сварки меди

Марка свариваемого металла.	Марка присадочной проволоки по ГОСТ 16130–72	Номер или марка флюса.	Температура подогрева
М1, М2, М3.	М1, М1р, М3р, Пор–1 МНЖКТ–5–1–0,2–0,2.	№ 1, № 2, № 3, № 4, № 5.	Предварительный и сопутствующий 150–200 °С.

Таблица 3.21.

Режимы газовой сварки для бронзы

Толщина свариваемых деталей, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Номер наконечника	Расход, дм³/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 3.22.

Режимы газовой сварки для латуни

Толщина свариваемых деталей, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Номер наконечника	Расход, дм³/ч			
			ацетилена	кислорода	пропан–бутановой смеси	кислорода
До 0,5	–	1	30–90	40–130	20–50	200
Св 1,0 до 2,0 вкл.	2,0	2–3	180–380	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 4,0 вкл.	4,0	4–5	580–920	810–1300	350–550	1200–2000
Св 5,0 до 6,0 вкл.	5,0	5–6	790–1400	1100–1920	475–800	2000–3500
Св 7,0 до 10,0 вкл.	9,0	7	1270–2000	1780–2800	–	–

Газовую сварку широко применят 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 м^3 ацетилена подается 1,3 — 1,4 м^3 кислорода. Для сварки наиболее распространенных латуней выбор присадочной проволоки и флюса осуществляется по табл. 3.23.

Таблица 3.23.

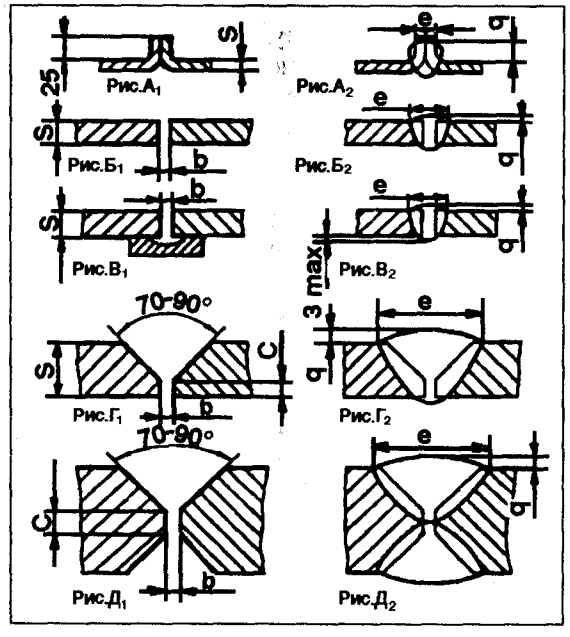
Выбор присадочной проволоки и № флюса для сварки латуни

Марка свариваемого металла.	*Марка присадочной проволоки*	*Номер или марка флюса.*	*Температура подогрева*
Л62, Л 68, Л70, Л80,Л96	Л62, ЛО 60–1 , ЛК 62–0,5 , ЛОК 59–1–0,3	№ 1, № 2, № 3, № 4, № 5, № 6	500 – 550 °С предварительный при толщине детали более 5 мм

Таблица 3.24.

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	С1	С отбортовкой двух кромок	Односторонний	рис. А1	рис. А2	Св 0,5 до 1,0	–	–	2–4	2–4
	С2	Без скоса		рис. Б1	рис. Б2	Св 1,0 до 6,0	0,5–2,0	–	4–12	1–2
	С3	кромок сторон		рис. В1	рис. В2	в 3,0 до 5,0	2,0–3,0	1–1,5	6–10	1–2
	С4	со скосом двух кромок		рис. Г1	рис. Г2	в 6,0 до 15,0	2,0–4,0	1–1,5	10–25	2–3
	С5	двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний	рис. Д1	рис. Д2	Св 15 до 25,0	2,0–4,0	2–4	15–30	2–3



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. 3.24.

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 дм^3/ч на 1 мм толщины детали. Для снижения испарения цинка и уменьшения поглощения водорода металлом конец ядра пламени держат от свариваемого металла 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 таблицы 3.22.

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. 3.25.

Таблица 3.25.

Выбор присадочной проволоки и № флюса для сварки бронз

Марка свариваемого металла.	*Марка присадочной проволоки*	*Номер или марка флюса.*	*Температура подогрева*
БрО10Ц2 БрОФ6–0,15 БрО5Ц5С5 Бр АЖ9–4 Бр АМц 9–2	Бр ОЦ 4–3 Бр ОФ6,5–0,15 Бр АЖМц–10–3–1,5 Бр АМц 9–2	№ 1, № 2, № 3, № 4 АФ–4А	400–500 °С предварительный подогрев литых бронз

При газовой сварке оловянистых и кремнистых бронз применяют флюсы, состав которых приведен в табл. 3.18.

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. 3.19. Выбор режимов при сварке бронз осуществляется по данным табл. 3.21.

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.

Каковы свойства меди, влияющие на процесс ее газовой сварки?
Каковы особенности газовой сварки меди?
Каковы особенности газовой сварки латуни?
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 свыше 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 приведены в табл. 3.26.

Таблица 3.26.

Флюсы, применяемые при газовой сварке алюминия и его сплавов

Наименование компонентов флюса	*Обозначение стандарта или технических условий*	*Номер флюса*				*Марка флюса*		
		1	*2*	*3*	*4*	*ВАМИ*	*КН–1*	*АФ–4А*
		Химический состав, %, по массе						
Натрий хлористый	ГОСТ 4233–77	30	19	41	16	30	20	28
Калий хлористый	ГОСТ 4234–77	45	29	51	44	50	45	50
Литий хлористый	ЦМТУ 24–63	15	–	–	–	–	–	14
Барий хлористый	ГОСТ 742–78	–	48	–	20	–	20	–
Натрий фтористый	ГОСТ 2871–75	–	–	8	20	–	15	8
Калий фтористый	ГОСТ 4463–76	7	–	–	–	–	–	–
Кальций фтористый	ГОСТ 7167–77	–	4	–	–	–	–	–
Натрий кислый сернокислый	ГОСТ 6318–77	3	–	–	–	–	–	–
Криолит	ГОСТ 10561–80	–	–	–	–	20	–	–

Размеры конструктивных элементов кромок сварных соединений под газовую сварку изделий из алюминия и алюминиевых сплавов определяются по данным из табл. 3.27.

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. 3.28.

Таблица 3.27

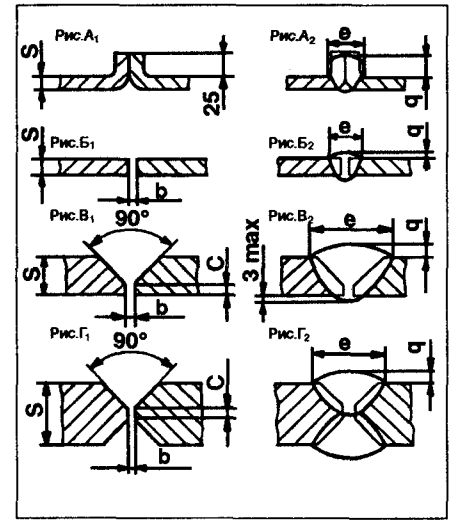
Размеры конструктивных элементов кромок стыковых соединений под газовую сварку алюминия и его сплавов

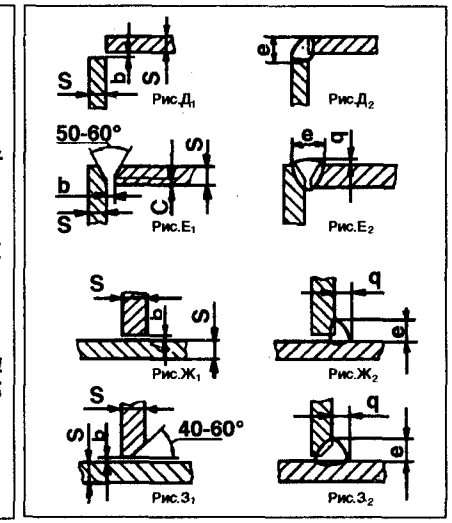
Вид соединения	Условное обозначение	Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Размеры, мм: S	b	C	e	q
Стыковое	С1	С отбортовкой двух кромок	Одно	рис. А1	рис. А2	От 0,5 до 2,0	–	–	6–10	1,0–2,8
	С2	Без скоса кромок	сторон	рис. Б1	рис. Б2	От 0,8 до 4,0	0–2	–	6–10	1,0–1,8
	С3	с о скосом двух кромок	ний	рис. В1	рис. В2	От 4 до 10	2,5–4,0	1,5–3,0	14–20	1,5–2,0
	С4	двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний	рис. Г1	рис. Г2	Св 10 до 20	3,5–5,0	3,0–4,0	17–25	3–4
Вид соединения	**Условное обозначение**	**Форма подготовленных кромок**	**Характер выполнения шва**	**Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей**	**Конструктивные элементы: шва сварного соединения**	**Размеры, мм: S**	**b**	**C**	**e не более**	**q**
Угловое	У1	Без скоса кромок	Од	рис. Д1	рис. Д2	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	но	рис. Е1	рис. Е2	Св 3,0 до 5,0 Св 5,0	0,8–1,5 1,0–2,0	1,0–1,2 1,2–1,5	8–15 12–20	1+1
Тавровое	Т1	без скоса кромок	сторон	рис. Ж1	рис. Ж2	До 1,5 Св 1,5 до 3,0	0,3–0,5 0,5–1,0	–	3–6 3–10	1+1
	Т2	Со скосом одной кромки	ний	рис. З1	рис. З2	Св 3,0 до 5,0 Св 5,0	0,8–1,5 1,0–2,0		5–12 12–16	[illegible]

Таблица 3.28

Выбор присадочной проволоки алюминия и его сплавов

Марка свариваемого металла	марка присадочной проволоки по ГОСТ 7871–75
АД, АД1, АД0 АМц АМг2, АМг3, АМг4 АМг5 АМг6 МВ, АД31, АД33 АЛ2, АЛ4, АЛ6	Св АК5, Св А97 Св АМц Св АМг3, Св АМг6 Св АМг5, Св АМг6 Св АМг6, Св АМг61 Св АК5, Св 1557 Св АК5





Выбор режимов газовой сварки алюминия и алюминиевых сплавов осуществляется по табл. 3.29.

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 течении 5 минут 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 ГОСТа.

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

Таблица 3.29.

Выбор режимов газовой сварки алюминия и его сплавов

Толщина свариваемого материала, мм	Величина зазора, мм	Расстояние между прихватками, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход, дм³/ч			
				ацетилена	кислорода	пропанбутановой 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 10,0вкл.	2,5–4,0	80–120	4,0–6,0	400–700	430–750	600–1200	2100–4000
Св 10,0 до 15,0вкл.	3,5–5,0	120–210	6,0–8,0	700–1200	740–1400	1200–1800	4500–5400

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.

Какие трудности существуют при газовой сварке алюминия?
В чем сложность при выборе мощности пламени горелки при сварке алюминия?
Какова роль флюса при газовой сварке алюминия?
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 рессурсосберегающих 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 горелку применяют, 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 оловянно-свинцовые припои (ПОС). Химический состав, температура плавления и примерное назначение некоторых мягких припоев приведены в табл. 3.30.

Таблица 3.30.

Химический состав, температура плавления и примерное назначение некоторых мягких припоев

Марка	Химический состав, %, по массе					Температура плавления, °С	Примерное назначение
	олово	сурьма	свинец	висмут	кадмий		
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 радио аппаратуры, физикотехнических 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 и 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. 3.31.

В качестве флюса при пайке твердыми припоями используют традиционную обезвоженную буру ($Na_2B_2O_7$). Широко известны флюсы ПВ200, ПВ201, ПВ209,ПВ284; для пайки алюминия применяется флюс типа 34А на основе щелочных и щелочноземельных металлов.

Таблица 3.31.

Химический состав, температура плавления и назначение некоторых твердых припоев

Марка	Химический состав, %, по массе					Температура плавления, °С	Примерное назначение
	медь	цинк	серебро	кремний	алюминий		
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.*

Контрольные вопросы.

В чем сущность пайки?
Какие преимущества пайки Вы знаете?
Каким требованиям должны удовлетворять припои?
В чем сущность пайки мягкими припоями?
Какими достоинствами обладает пайка твердыми припоями?

ГЛАВА VI. 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 ацетиленокислородным пламенем условно подразделяется на 4 группы см. табл. 3.32.

Таблица 3.32.

Классификация сталей по разрезаемости их ацетиленокислородным пламенем

Группа	*Сэ, в % эквивалент углерода*	*% С 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 термо–обработки.
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 и при резке больших сечений – подогрев до 120 °С.
II	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.

В чем сущность и условия резки металла?
Какие функции выполняет подогревающее пламя?
Какие условия необходимы для процесса резки металла газокислородным пламенем?
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 присоединяются 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 и 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. Конструкции мундштуков для резки представлены на рис. 3.34.

Внешний вид резаков представлен на рис. 3.35.

Резаки, как правило, при резке устанавливают на опорную каретку с двумя роликами. Благодаря этому выдерживается постоянным расстояние

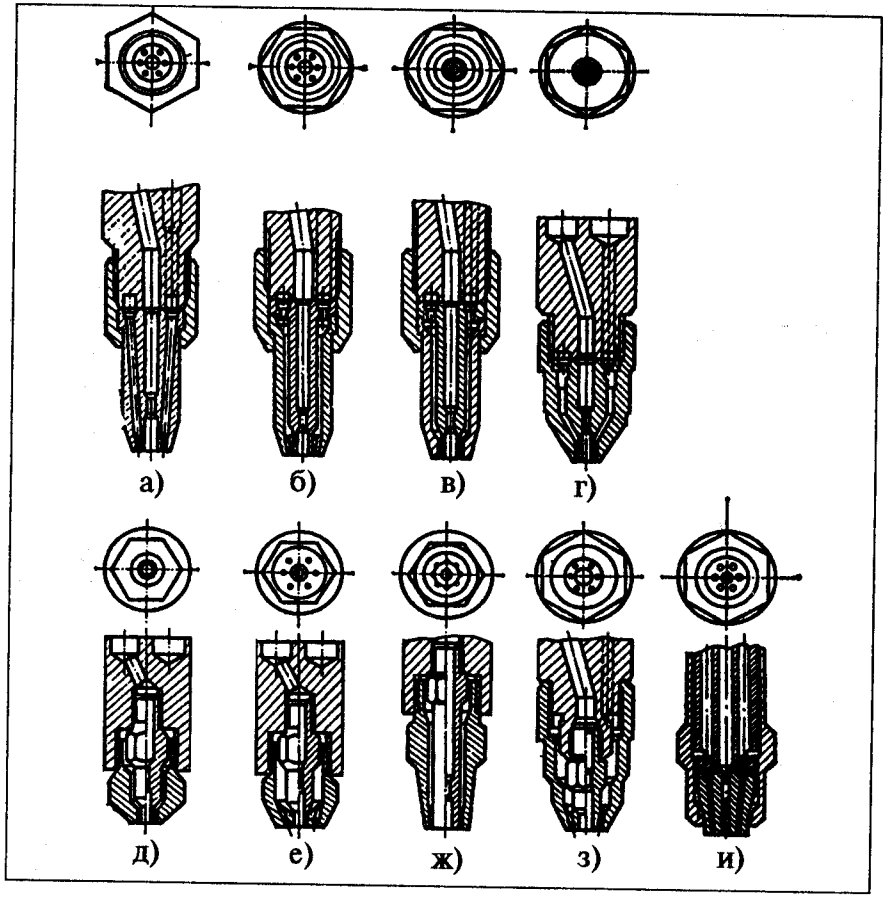


рис. 3.34. Конструкция мундштуков для резки :
а – неразборный многосопловый; б – составной многосопловый; в и г – составные щелевые; д – составной щелевой ввертный; е – составной многосопловый, ввертный; ж – составной многосопловый, со шлицами, ввертный; з – составной многосопловый, ввертный, с уменьшенным расходом меди; и – с внутрисопловым смешением горючего газа и кислорода (применяется в машинах для резки и раскроя горячего проката).

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 кг с/см^2), давление ацетилена — в пределах 0,2-1 МПа (2-10 кг с/см^2). Безынжекторные резаки объективно лучше по своим технологическим качествам, так как сопла их мундштуков не забиваются каплями расплавленного металла и шлака при резке.

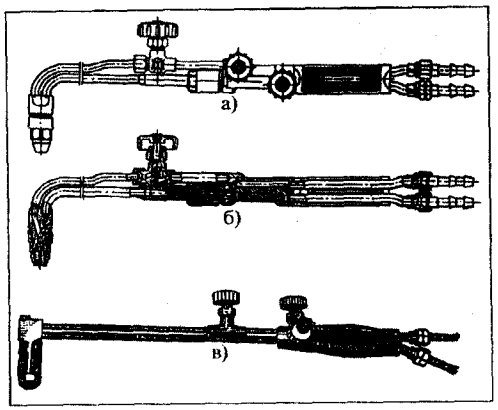


рис. 3.35. Ручные резаки :
а – резак ацетилено–кислородный (внешний вид);
б – резак в разрезе; в – универсальный резак для работы на ацетилене и газах – заменителях (природном газе и пропан– бутане).

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 кг с/см^2) через шланг, надетый на кислородный ниппель. Наличие пропусков проявится при выделении пузырьков.

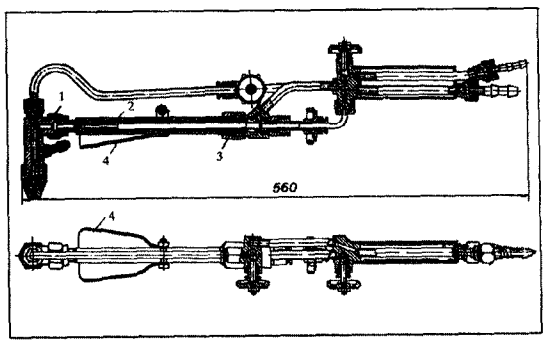


рис. 3.36. Резак керосинореза :
1, 3 – накидные гайки; 2 – съемный испаритель; 4 – щиток (экран).

Для раскроя металла и правки конструкций в условиях монтажа применяются керосинорезы, так как они менее взрывоопасны. Схема керосинореза приведена на рис. 3.36.

Керосин подается в резак под давлением 0,05-0,2 МПа (0,5-2 кг с/см^2) из бачка емкостью 5 дм^3, снабженного ручным воздушным насосом, манометром и запорным вентилем.

Контрольные вопросы:

Какие резаки применяются для ручной резки металла?
В чем различие щелевых мундштуков и многосопловых?
Каков порядок обращения с резаками при подготовке их к работе?
Расскажите основные правила обращения с керосинорезом?
Каковы часто встречающиеся неисправности в резаках керосинорезов?

ГЛАВА VII. 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 м^3.

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.

Запрещается применять карбид тех грануляций, которые не указаны в эксплуатационной характеристике генератора.

Запрещается пользоваться удлиненными рукоятками винта для увеличения усилия при уплотнении крышки генератора.

Запрещается 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 часов 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.

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

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

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.

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

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

перемещать баллоны из одного помещения в другое только на специальных ручных тележках (рис. 3.37.) или на специальных носилках (рис. 3.38.).

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

Перед присоединением редуктора необходимо продуть штуцер вентиля, на короткое время открыв баллон поворотом маховичка на 0,5 оборота; при этом нельзя находится напротив штуцера вентиля (рис. 3.39), а также пробовать струю газа рукой.

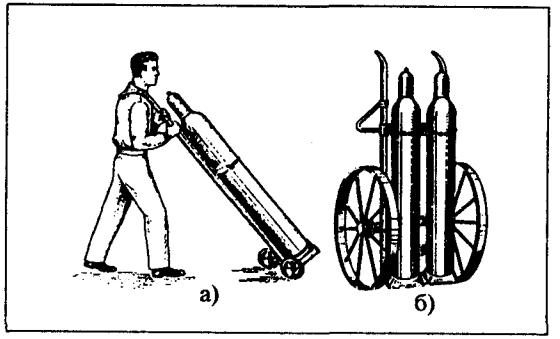


рис. 3.37. Тележки для транспортировки баллонов : а – для перевозки одного баллона к месту работы; б – для перевозки двух баллонов.

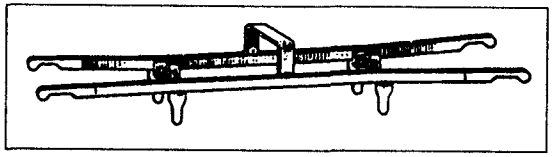


рис. 3.38. Носилки для переноски одного баллона к месту работы.

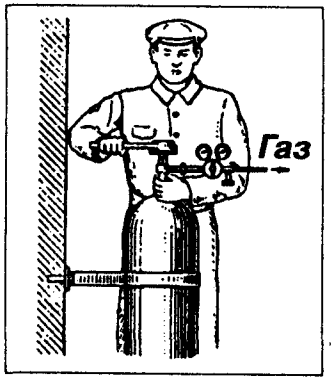


рис. 3.39. Открывание вентиля баллона.

Открывать вентиль баллона рекомендуется плавно, без рывков. Если открыть вентиль от руки не удается, следует пользоваться специальным ключом. Не открывшиеся баллоны следует сдавать на склад, предварительно прикрепив к ним этикетки с надписью "Неисправен ". Закрывать вентиль при помощи ключа не рекомендуется.

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

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.

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.

Перед началом работы сварочная горелка или резак должны быть проверены на исправность работы и герметичность.

При зажигании пламени необходимо сначала открывать кислородный вентиль, а затем — ацетиленовый.

При гашении пламени необходимо первым закрывать ацетиленовый вентиль, а затем кислородный.

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 очки шоферского типа с защитными светофильтрами марок Г-1; Г-2; Г-3 по ГОСТ 9497-60.

Все сварочные работы следует производить только в спецодежде.

При работе с керосинорезом необходимо соблюдать ряд следующих требований безопасности.

Давление в бачке с керосином не должно быть выше давления кислорода после редуктора.

При перерывах в работе необходимо плотно закрывать вентиль подачи керосина в испаритель и вентиль для подогревающего кислорода, а резак керосинореза класть головкой вниз.

Для защиты кислородного шланга от обратных ударов пламени требуется применять предохранительный клапан, который устанавливается на кислородном ниппеле керосинореза.

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.

Запрещается работать резаком с перегретым испарителем.

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.

Для устранения хлопков пламени необходимо увеличить поступление в резак горючего и кислорода или прочистить мундштук, прекратив работу.

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.

При засорении сопла необходимо прекратить работу, вывернуть сопло из головки резака и прочистить канал медной проволокой.

Необходимо прочищать испаритель резака не реже одного раза в неделю, промывая асбестовую оплетку в горячей воде.

Применять керосин как горючее целесообразно при окружающей температуре не ниже минус 15°С 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.

Запрещается подходить с зажженными резаком к бачку с горючим.

Токоведущие провода следует располагать не ближе 3 м от места резки и открытого огня.

Контрольные вопросы.

В каких помещениях допускается устанавливать ацетиленовый генератор при газосварочных работах?

Какими инструментами разрешается вскрывать барабаны с карбидом кальция?

Почему запрещается работать от генераторов без предохранительных затворов?

По истечении какого времени и при каком условии разрешается вскрывать неисправный заряженный генератор?

Какими инструментами разрешается производить очистку генератора после работы?

Каков порядок закрывания вентилей при зажигании пламени и гашении пламени?

Как необходимо обращаться с керосинорезом при перерывах в работе?

В каком порядке необходимо открывать вентили на керосинорезе перед зажиганием пламени?

Каков порядок закрывания вентилей керосинореза при обратном ударе?

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 огнетушителя или сухие порошковые огнетушители.

Контрольные вопросы.

Какой противопожарный инвентарь должен быть в установленном месте для обеспечения пожаробезопасных мероприятий при производстве сварочных работ?

Как следует обращаться с горелкой или резаком в пределах рабочего места?

В каком помещении следует заправлять бачок керосинореза?

Какими средствами пожаротушения следует пользоваться при тушении очагов загорания, где имеются электроустановки, нефтепродукты и карбид кальция?

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

ГЛАВА I. Дефекты сварных швов и методы их контроля

§ 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" (ГОСТ 15467-79). 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:

1) по их расположению;
2) по форме;
3) по размерам;
4) по количеству.

По расположению различают дефекты 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 раздел-

ки 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 окалины, излишнего количества присадочного металла, который в расплавленном состоянии не умещается 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 стекание 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 рыхлотости, 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. 4.1.

Образование внутренних дефектов при сварке связано с металлургическими, термическими и гидродинамическими явлениями, происходящими при формировании сварного шва. К внутренним дефектам относятся

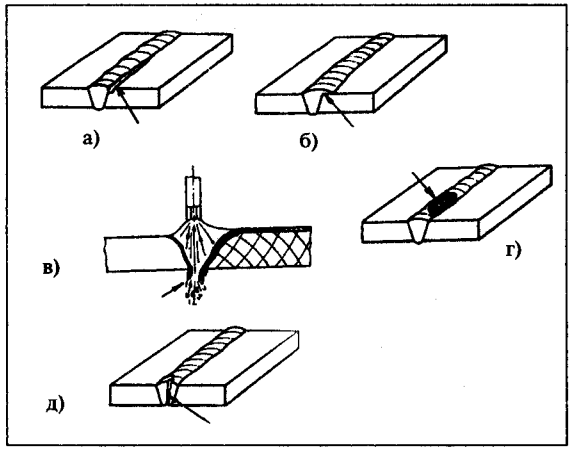


Рис. 4.1. Наружные дефекты сварных швов, выявляемые внешним осмотром :
а – подрез; б – наплыв; в – прожог; г – незаваренный кратер; д – свищ.

трещины (горячие и холодные), непровары, поры, шлаковые включения, вольфрамовые и оксидные. Эти шесть основных видов дефектов следует различать в соответствии с ГОСТ 2601-84(СТСЭВ5277-85).

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 среднелегированных 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 рисунке 4.2 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.

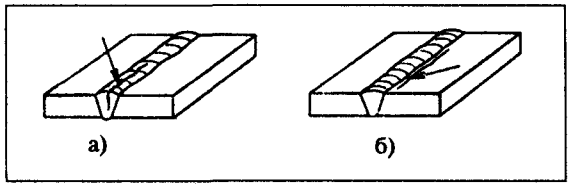


Рис. 4.2. Трещины в сварном шве и околошовной зоне :

а – продольная горячая трещина; б – холодная трещина в околошовной зоне.

Непровары могут быть вызваны многими причинами:

1) малым углом раскрытия кромок ;
2) малым зазором;
3) большим притуплением нижних кромок деталей и при заниженном сварочном токе ;
4) большой скоростью сварки;
5) смещением электрода от оси шва (особенно при сварке двухсторонних швов);
6) плохой зачисткой от шлака перед наложением последующих слоев шва;
7) излишним количеством ППМ при заниженном сварочном токе и большой скорости сварки;
8) 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 2-3мм в диаметре. В результате диффузии газов (и в 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 загрязне-

нии 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. 4.3, 4.4, 4.5.

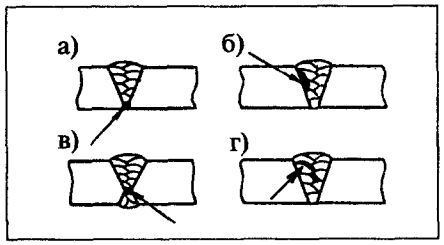


Рис. 4.3. Непровары в сварном шве: а — в корне одностороннего стыкового шва; б – по кромке между основным и наплавленным металлом; в — корне двустороннего шва; г — между слоями.

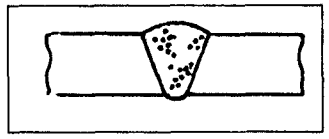


Рис. 4.4. Расположение пор по сечению сварного шва.

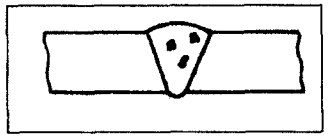


Рис. 4.5. расположение шлаковых включений по сечению сварного шва.

Вольфрамовые включения появляются в металле шва при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, например, при сварке алюминиевых сплавов, в которых вольфрам не растворим. Частички вольфрама попадаются 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.

Контрольные вопросы.

От каких основных факторов зависит надежность сварных соединений в процессе эксплуатации?

По каким группам подразделяются дефекты?

Перечислите наружные дефекты.

Охарактеризуйте дефект подреза.

Чем отличаются наплывы от подрезов?

Охарактеризуйте влияние прожогов и кратеров на качество сварного шва.

Каковы причины появления свищей?

В чем причины появления горячих трещин?

Расскажите о причинах появления холодных трещин.

Каковы причины появления непроваров и их характеристика?

Объясните причины появления пор и шлаковых включений.

В чем особенности влияния на прочность сварного шва оксидных пленок?

§ 2. Методы контроля качества сварных швов

Методы контроля качества сварных соединений могут быть разделены на две основные группы:

1) методы контроля без разрушения образцов или изделий — неразрушающий контроль;

2) методы контроля с разрушением образцов или производственных стыков — разрушающий контроль.

Обе группы методов контроля регламентируются соответствующими ГОСТами. 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, осущест-

вляемый с помощью рентгеновского и гамма-излучения, 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 наиважнейшим 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 ГОСТ 3242-79, 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).

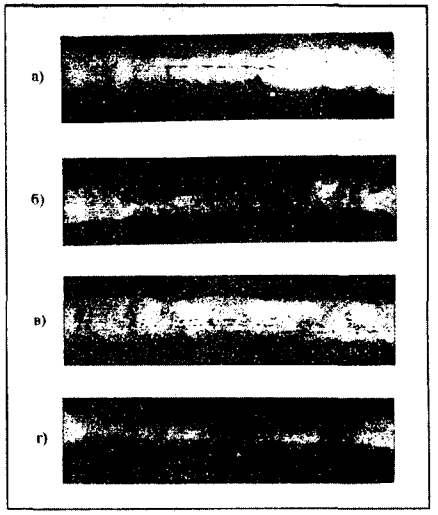


Рис. 4.6. Дефекты сварных швов, выявленные рентген-контролем :
а – продольная трещина; б – непровар; в – поры; г – шлаковое включение.

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. 4.6.

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 течении 10 — 15 минут подвергнуть вибрации сварное соединение. После очистки на поверхность шва наносят тонкий равномерный слой меловой суспензии. Меловую суспензию приготовляют из расчета 350 — 450 г молотого просеянного мела на 1 $дм^3$ (1 литр) 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 число их на сегодняшний день более ста, 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, динамические и испытания на усталость. Статические испытания подразделяются на следующие виды: на растяжение, изгиб, смятие, ползучесть. Динамические испытания — на ударный изгиб, на 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 углубленном изучении сварочных процессов.

Контрольные вопросы.

Какие виды неразрушающего контроля вы знаете?
Какие радиационные виды контроля Вы знаете?
Какие дефекты обнаруживаются внешним осмотром?
В чем суть гидроиспытаний?
Расскажите о физической сущности испытания керосином.
Перечислите основные виды разрушающего контроля.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
Общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах. 4
Глава I. Краткая характеристика основных видов сварки. 4
§ 1. Общие сведения об основных видах сварки. 4
§ 2. Классификация сварки плавлением. 7
§ 3. Сущность основных способов сварки плавлением. 9
Глава II. Сварные соединения и швы. 12
§ 1. Основные типы сварных соединений. 12
§ 2. Классификация и обозначение сварных швов. 13
§ 3. Конструктивные элементы сварных соединений. 17
Глава III. Общие сведения о сталях и их свариваемости. 18
§ 1. Углеродистые стали. 18
§ 2. Легированные стали. 21

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
Дуговая сварка 25
Глава I. Теоретические основы сварки плавлением. 25
§ 1. Сварочная дуга и сущность протекающих в ней процессов. 25
§ 2. Условия зажигания и устойчивого горения дуги. 27
§ 3. Перенос металла через дугу. 30
§ 4. Особенности металлургических процессов при сварке, влияние кислорода, азота и водорода воздуха на металл шва. 32
§ 5. Металлургические процессы при сварке под флюсом и в защитных газах. 34
§ 6. Тепловые процессы при электрошлаковой сварке плавлением. . .35
§ 7. Формирование и кристаллизация металла шва, строение зоны термического влияния. 38
§ 8. Старение и коррозия металла сварных соединений. 41
§ 9. Классификация напряжений и деформаций. 42
Глава II. Оборудование для электрической сварки плавлением. 44
§ 1. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки. 44
§ 2. Основные требования безопасности труда при ручной дуговой сварке. 48
§ 3. Общие сведения об источниках питания. 49
§ 4. Трансформаторы для ручной дуговой сварки. 52
§ 5. Сварочные выпрямители. 54
§ 6. Источники со звеном повышенной частоты. 58
Глава III. Сварочные аппараты для электрической сварки плавлением 59

§ 1. Общие сведения о сварочных аппаратах. 59
§ 2. Полуавтоматы для ручной дуговой сварки и их основные узлы. . .61
§ 3. Автоматы для сварки плавящимся электродом. 72
Глава IV. Сварочные материалы. 79
§ 1. Электродные материалы. 79
§ 2. Флюсы для дуговой и электрошлаковой сварки. 92
§ 3. Газы, применяемые при электрической сварке плавлением. 95
§ 4. Условия хранения и транспортировки сварочных материалов. . . .96
Глава V. Технология ручной дуговой сварки. 97
§ 1. Подготовка металла под сварку. 97
§ 2. Сборка изделий под сварку. 105
§ 3. Выбор режимов при ручной дуговой сварке. 111
§ 4. Способы выполнения швов по длине и сечению. 115
§ 5. Особенности выполнения сварных швов в положениях, отличных от нижнего. 117
§ 6. Наплавка. 119
Глава VI. Технология автоматической сварки под флюсом. 122
§ 1. Некоторые особенности сварки и влияние параметров режима на формирование шва. 122
§ 2. Технология выполнения сварных соединений. 127
Глава VII. Электрошлаковая сварка. 130
§ 1. Некоторые особенности электрошлаковой сварки (ЭШС). 130
§ 2. Типы сварных соединений и виды сварных швов, характерных для ЭШС. 131
Глава VIII. Технология дуговой сварки в среде защитных газов. 134
§ 1. Технологические особенности сварки в среде защитных газов и их смесях. 134
§ 2. Технологические особенности процесса сварки в углекислом газе (CO_2) 137
§ 3. Сварка цветных металлов. 140

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ
Газовая сварка и резка. 145
Глава I. Основные виды газопламенной обработки. 145
§ 1.Сущность газовой сварки. 145
Глава II. Материалы, применяемые при газовой сварке и резке. 147
§ 1. Газы, применяемые при сварке и резке. 147
§ 2. Сварочная проволока и флюсы. 151
Глава III. Оборудование и аппаратура для газовой сварки и резки. 153
§ 1. Ацетиленовые генераторы, предохранительные затворы и клапаны. 153

§ 2. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов. 160
§ 3. Редукторы, газораспределительные рампы, рукава (шланги), трубопроводы. 165
§ 4. Сварочные горелки. 172
Глава IV. Технология газовой сварки. 179
§ 1. Состав сварочного пламени. 179
§ 2. Способы ручной газовой сварки. 182
§ 3. Термическая обработка и правка изделий после сварки. 187
§ 4. Особенности сварки труб. 189
Глава V. Особенности газовой сварки различных металлов и сплавов. 192
§ 1. Сварка сталей. 192
§ 2. Сварка меди и ее сплавов. 197
§ 3. Сварка алюминия и его сплавов. 203
§ 4. Пайка мягкими и твердыми припоями. 206
Глава VI. Кислородная резка металлов. 210
§ 1. Сущность и основные условия резки. 210
§ 2. Резаки для ручной резки. 212
Глава VII. Меры безопасности при газовой сварке и резке. 215
§ 1. Правила обращения с оборудованием и аппаратурой. 215
§ 2. Противопожарные мероприятия. 219

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ
Контроль качества сварных швов. 221
Глава I. Дефекты сварных швов и методы их контроля. 221
§ 1. Наиболее распространенные виды дефектов в сварных швах. . . .221
§ 2. Методы контроля качества сварных швов. 227

Учебное издание

Маслов Валентин Иванович

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Учебник

Оригинал-макет предоставлен ИРПО

Редактор *Т. Т. Новикова*
Серийное оформление: *В. И. Феногенов*

Подписано в печать 25.01.99. Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Объем 15 усл. печ. л. Тираж 50000 экз. (1-й завод 1-10000 экз.). Заказ № 1511

ЛР № 021240 от 01.09.97. Институт развития профессионального образования.
125319, Москва, ул. Черняховского, д. 9.

ЛР № 071190 от 11.07.95. Издательский центр «Академия».
105043, Москва, ул. 8-я Парковая, 25.
Тел./факс (095) 165-46-66, (095) 367-07-98, (095)165-32-30, (095)305-23-87.

Отпечатано на Саратовском полиграфическом комбинате.
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.