

И. Е. ЮДИН,
В. Ф. ДОЛГОПОЛОВ



ПОСОБИЕ для ЭЛЕКТРОСВАРЩИКА

Ю 16 Юдин И. Е., Долгополов В. Ф.

Пособие для электросварщика (ручная и полуавтоматическая электродуговая сварка). Ростов, Кн. изд-во, 1975.

с. 136

Практическое пособие для электросварщика, в котором на основе современных требований даются сведения, необходимые рабочим этой массовой профессии.

Ю $\frac{3126-057}{M156(03)-75}$ 17-75

6 ПЧ-3

© Ростовское книжное издательство. 1975.

ВВЕДЕНИЕ

В современном промышленном производстве одним из ведущих технологических процессов является сварка, которая во многих случаях определяет технический уровень и рентабельность его.

Среди большого разнообразия методов сварки наиболее распространена электродуговая сварка — расплавление металла теплом электрической дуги. Это явление открыто русским физиком В. В. Петровым в 1802 году.

В 1882 году талантливый русский изобретатель Н. Н. Бенардос предложил способ электрической дуговой сварки угольным электродом, который принес большую пользу при исправлении паровозных колес и рам в мастерских Орловско-Витебской железной дороги.

В 1888 году Н. Г. Славянов изобрел и на Пермских пушечных заводах в ремонтных целях широко применил способ электродуговой сварки металлическим электродом. Он разработал первые источники питания постоянного тока (генераторы), сварочные автоматы, ряд составов флюсов и организовал первый в мире сварочный цех по восстановлению литых деталей из стали, чугуна и цветных металлов.

Изобретения Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова в силу относительно низкого уровня технического развития дореволюционной России не получили должного распространения. Только после Великой Октябрьской социалистической революции электродуговая сварка стала широко использоваться в промышленности и развиваться.

Уже в годы первых пятилеток сварку в больших объемах применяют в ремонтных работах и в производстве новых конструкций. Для этих целей используют электроды только с тонкими (ионизирующими) покрытиями. Начиная с 1935 года, в

отечественной промышленности преимущественно применяют электроды с качественными покрытиями.

С 1940 года интенсивно развивается электродуговая сварка под слоем флюса. Большая заслуга в совершенствовании этого метода и его внедрении принадлежит Институту электросварки им. Е. О. Патона АН УССР. Значительную работу в этом направлении выполнили ЦНИИТМАШ, МВТУ им. Баумана, завод «Электрик» (г. Ленинград) и др.

В результате сварка распространилась широко в таких отраслях промышленности, как тяжелое и транспортное машиностроение, котлостроение и судостроение, автостроение и сельскохозяйственное машиностроение, а также в производстве подъемно-транспортных сооружений и строительных конструкций.

В 60-х годах советские ученые разработали метод дуговой сварки в активном газе — углекислом. Сочетая преимущества сварки открытой дугой с высокой производительностью процесса, этот вид сварки во многих случаях заменил и ручную дуговую сварку, и сварку под слоем флюса.

По объему использования сварки наша страна занимает передовое место. Сейчас нет такой отрасли народного хозяйства, в которой обошлись бы без нее. Уровень развития сварочной науки и техники настолько высок, что практически сварку можно применять при изготовлении любых ответственных конструкций.

Такое положение обусловлено постоянной заботой Коммунистической партии и Советского правительства о развитии сварки. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 27 августа 1966 года явилось комплексной программой совершенствования сварочной науки и техники на соответствующие периоды, а октябрьское постановление 1970 года определило пути дальнейшего ускорения технического прогресса и дальнейшего повышения производительности труда в сварочном производстве.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Физическая сущность дуговой сварки. Электродуговая сварка является одним из способов получения неразъемного соединения металлических деталей или заготовкой. Соединение осуществляется за счет локального расплавления под действием электрической

дуги кромок свариваемых металлических частей и формирования общей ванны жидкого металла — сварочной ванны, которая при охлаждении кристаллизуется. Центры кристаллизации жидкого металла — неполомостно оплавленные зерна основного металла, расположенные по границе расплавления. От них идет рост кристаллов с образованием общих зерен, состоящих из металла шва и основного металла свариваемых деталей.

В результате после завершения процесса кристаллизации в сварном соединении обеспечивается прочная металлическая связь.

Для формирования сварного шва требуемой конфигурации и обеспечения необходимых прочностных свойств в сварочную ванну подают присадочный металл, который также плавится теплом электрической дуги и в виде расплавленных капель переносится в сварочную ванну.

Преимущества сварки. По сравнению с клепкой сварка имеет ряд существенных преимуществ, важнейшими из которых являются:

- экономия металла до 25—30% за счет полного использования рабочих сечений и применения соединительных элементов меньшим весом;

- небольшая трудоемкость изготовления изделий;

- высокая надежность и простота эксплуатации оборудования;

- невысокие капитальные затраты на приобретение оборудования для производства работ.

Эти преимущества предопределили полное вытеснение клепки сваркой в транспортном машиностроении, автостроении, котло- и резервуаростроении, в производстве строительных конструкций. Аналогичные преимущества имеет сварка в сравнении с литьем и ковкой.

Значительные экономические выгоды имеют место при изготовлении комбинированных металлических конструкций с использованием литых, кованых или штампованных ее частей, соединяемых сваркой. В этих случаях для каждого технологического процесса возможны оптимальные условия его осуществления. Применение в качестве конечной операции — соединения составляющих частей металлической конструкции — сварки гарантирует соблюдение требуемой эксплуатационной прочности.

Способы дуговой сварки. Принципиальные схемы их выполнения и некоторые технологические возможности приведены в табл. 1.

Многочисленные способы электродуговой сварки разделяют на две основные группы: плавящимся электродом и неплавящимся электродом.

Основные способы электродуговой сварки и некоторые их характеристики

Сущность способа	Схема способа	Технологические возможности и особенности способа
1	2	3

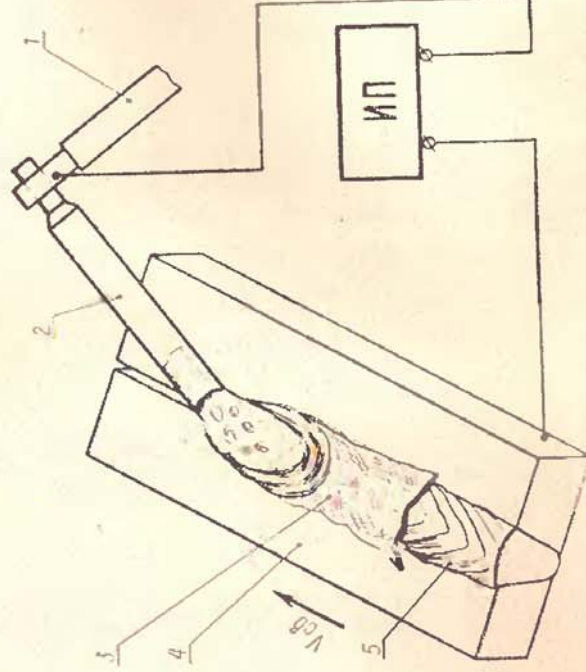
Сварка плавящимся электродом

Ручная сварка покрытым электродом

Дуговой разряд возбуждают между концом металлического покрытого электрода и кромками свариваемых деталей, теплом которого расплавляют основную металл и электрод, образуя сварочную ванну.

Расплавленный металл электрода в виде капель, покрытых шлаком, периодически поступает в ванну, формируя шов.

По мере образования шва, электрод перемещают в заданном направлении сварки.



1 — электрододержатель; 2 — электрод; 3 — шлаковая корка; 4 — свариваемые детали; 5 — сварочный шов, ИП — источник питания; $V_{св}$ — направление сварки.

Выполнение швов во всех пространственных положениях, любого типа соединения.

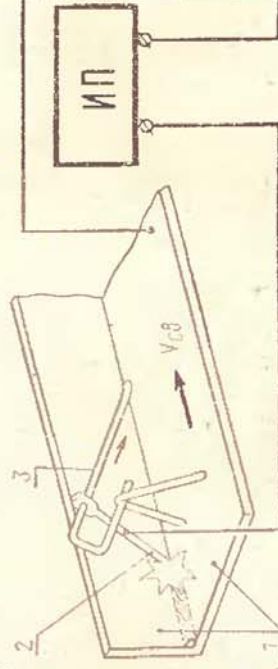
Однопроходная сварка соединений из малоуглеродистой стали встык толщиной до 8 мм, при многопроходной — толщина свариваемых деталей не ограничена.

Род тока: переменный и постоянный.

Механизированная сварка наклонным электродом

Электрод закрепляют на специальном переносном питателе в подвижном электрододержателе. Возбуждают дуговой разряд, и по мере сгорания электрода электрододержатель перемещается под действием собственного веса вдоль стыка, обеспечивая постоянное прижатие конца электрода к краю сварочной ванны (в других схемах электрод неподвижен и постоянно прижимается к кромкам свариваемых деталей с помощью пружинного устройства).

После расплавления электрода электрододержатель откидывается механизмом, поднимается вверх, дуга обрывается, выбрасывается огарок.



1 — свариваемые детали; 2 — электрод; 3 — шлак.

Однопроходная и многопроходная сварка угловых швов тавровых и угловых соединений в нижнем положении.

Экономически целесообразно выполнение угловых швов с катетом от 3,5 до 5 мм.

Возможна сварка стыковых соединений в нижнем положении.

Длина электрода до 1000 мм и более.

Диаметры применяемых электродов 4—8 мм.

Скорость сварки достигает 65 м/час. (при сварке угловым швом катетом 4,5 мм).

Продолжение

1	2	3
---	---	---

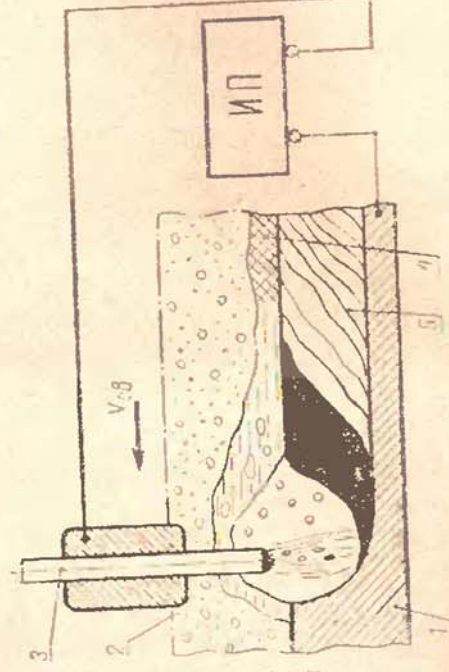
Полуавтоматическая сварка под слоем флюса

Дуга горит между электродом и изделием под слоем гранулированного флюса внутри полости с эластичной оболочкой из расплавленного флюса-шлака, который полностью защищает расплавленную ванну металла от воздействия кислорода.

Металлический электрод (проволока) постоянно подается в зону горения дуги специальным механизмом.

Сварка в среде инертного газа

Дуга возбуждается между свариваемым изделием и электродной проволокой, непрерывно подаваемой в зону дуги. Защитный газ может подаваться в зону дуги струей при помощи сопла горелки или заполнять камеру, в которой осуществляется сварка.



1 — свариваемые детали; 2 — флюс; 3 — электродная проволока; 4 — шлаковая корка; 5 — сварочный шов

Выполнение швов во всех пространственных положениях, любого типа соединения.

Однопроходная сварка стыковых соединений толщиной не менее 0,8 мм и до 12 мм без разделки кромок.

Способ применяется для сварки цветных металлов.

Род тока — любой

При свободном формировании выполняются швы любого типа соединения в нижнем положении.

Минимальная толщина практически свариваемых листов встык 1,5 мм при скорости сварки до 80 м/час.

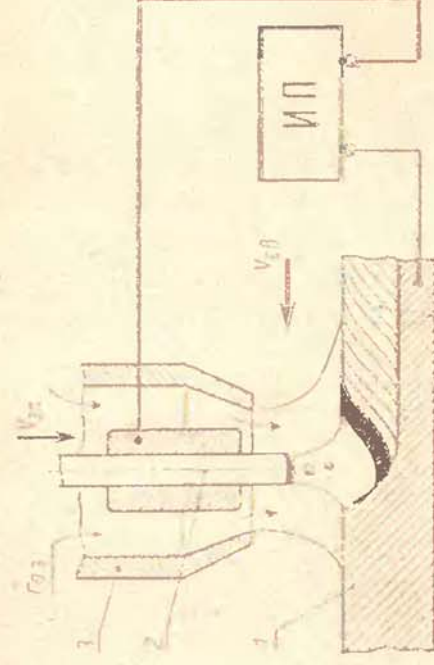
1	2	3
---	---	---

Плавление электрода и основного металла происходит в атмосфере защитного газа, исключая воздействие кислорода и азота на расплав.

Сварка в среде активного газа

(Углекислый газ, азот и смеси газов).

Физическая сущность процесса та же, что и при сварке в среде инертного газа.



1 — свариваемые детали; 2 — электродная проволока; 3 — газ; 4 — сварочный шов

и нержавеющей сталей.

Сварку обычно выполняют на постоянном токе любой полярности.

Сварка углеродистых, легированных конструкционных и нержавеющей сталей. Выполнение швов всех типов во всех пространственных положениях.

Сварка выполняется на постоянном токе, на прямой и обратной полярности.

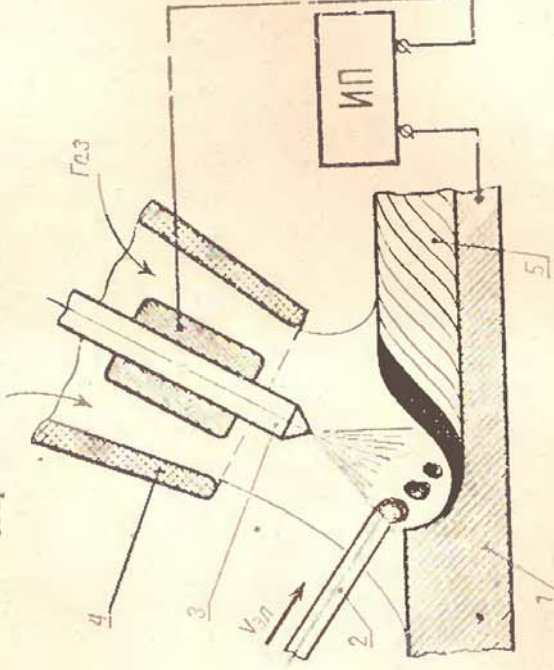
Однопроходная сварка стыковых соединений толщиной до 3 мм, при многопроходной — толщина свариваемых деталей не ограничена.

Сварка неплавящимся электродом

Сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа дугой прямого действия

При сварке дуга горит между неплавящимся вольфрамовым электродом и изделием, за счет тепла которой происходит расплавление кромок свариваемых деталей с образованием обшей сварочной ванны

Для формирования шва требуемых размеров в зону горения дуги подают присадочную проволоку



Сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа дугой косвенного действия

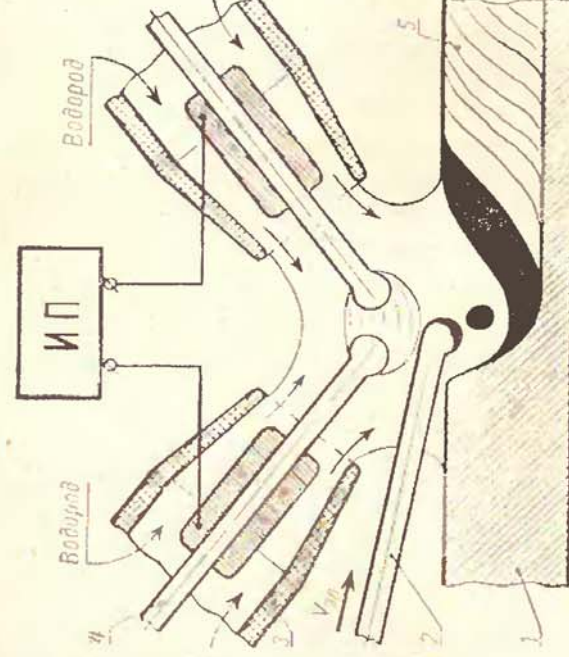
Расплавление основного и присадочного металла происходит за счет тепла дуги, возбуждаемой между дву-

1 — свариваемые детали; 2 — присадочная проволока; 3 — неплавящийся электрод; 4 — сопло горелки; 5 — сварочный шов

Сварка сварных соединений любого типа во всех пространственных положениях
Преимущество — прямая

Продолжение

мя вольфрамовыми электродами. Через зону горения дуги продувается водород, который обеспечивает защиту расплавленного металла сварочной ванны и вольфрамовых электродов. Вместе с тем водород способствует переносу тепловой энергии дуги в зону сварки за счет проявления электрохимического процесса. Для формирования шва в зону плавления также может подаваться присадочная проволока



1 — свариваемые детали; 2 — присадочная проволока; 3 — сопло горелки; 4 — электрод; 5 — сварочный шов

Сварка углеродным электродом

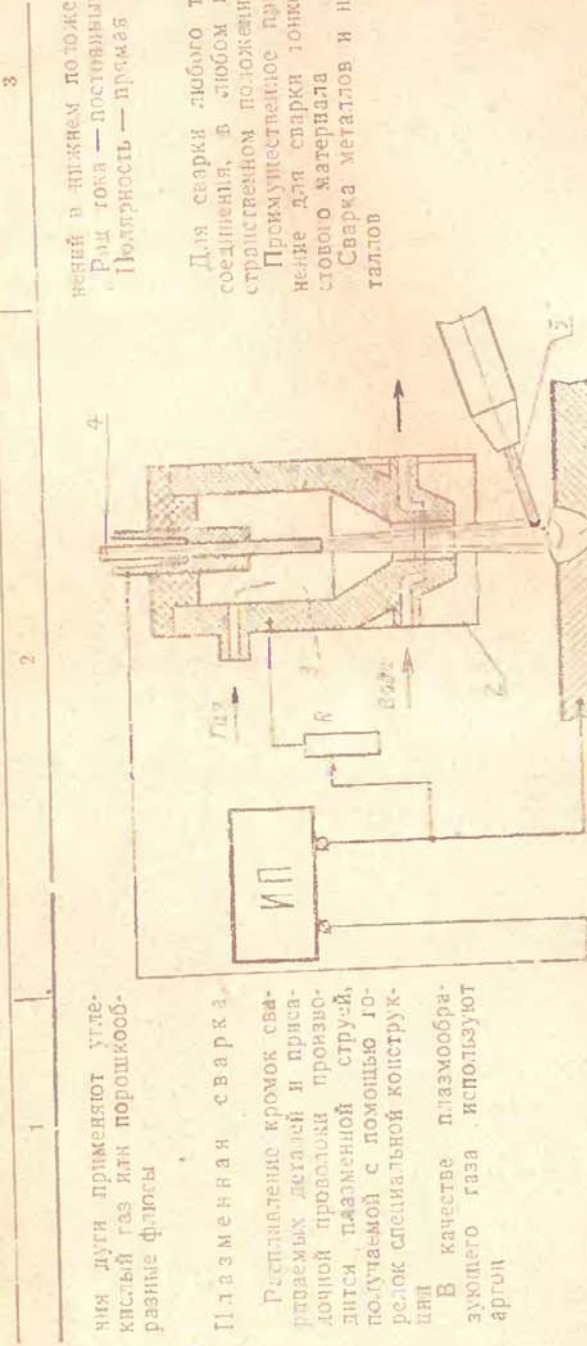
Сущность и схема процесса аналогичны сварке вольфрамовым электродом дугой прямого действия

Для защиты зоны горе-

ние для сварки малоуглеродистых, легированных и нержавеющей сталей, чугуна и его сплавов, а также алюминия

Для питания дуги применяют переменный ток

Для сварки разнородных металлов, меди и ее сплавов, нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов
Сварка всех типов соеди-



1 — свариваемые детали; 2 — газозащитное сопло; 3 — электрод; 4 — присадочная проволока; 5 — сварочный шов

Первая группа объединяет известные разновидности сварки металлическим электродом, в которых электрод служит не только для поддержания устойчивого дугового разряда, но, расплавляясь, он участвует в формировании сварного шва. Дуговой разряд может быть осуществлен в воздухе, под слоем флюса и в среде защитного газа.

Вторая группа объединяет разновидности способов сварки, в которых электрод не участвует в образовании сварного шва и служит только для поддержания устойчивого дугового разряда. Дуговой разряд может возбуждаться между электродом и изделием, а также между двумя электродами.

В зону горения дуги подают защитный газ — аргон, гелий, азот, водород и др. Эта группа способов сварки находит преимущественное применение при выполнении сварных соединений из тонколистовых материалов.

Способы электродуговой сварки, кроме прямого назначения, используются также для наплавки и резки металлов. Наплавка может производиться с целью восстановления детали или упрочнения новых деталей в зонах, подверженных максимальному износу в эксплуатации. Техника и технология наплавки, режимы, сварочные материалы (электроды, флюсы) отличаются от применяемых при сварке. Это и предопределило выделение наплавки в самостоятельную отрасль современной сварочной техники.

Отдельные методы дуговой сварки используются для резки металла, при которой металл, расплавляемый дугой, вытекает из полости реза. Для интенсификации удаления расплавленного металла иногда в полость реза подают струю сжатого воздуха или кислорода. Появление метода плазменной резки открыло новые технологические возможности в использовании дугового разряда для качественного разделения металла. Аналогично наплавке резка металлов также выделяется в отдельную отрасль сварочной техники.

Сварочная дуга и ее свойства. Сварочная дуга представляет мощный электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов и паров, которые образуются из материала электрода, свариваемого металла, электродного покрытия или флюса. Формирование дугового разряда связано с процессом непрерывного образования в дуговом промежутке заряженных частиц за счет ионизации и электронной эмиссии.

Ионизация — это образование заряженных частиц в газах при воздействии на них электрического поля, тепла, рентгеновских, космических лучей и др.

Электронная эмиссия — это излучение свободных электронов

с поверхности отрицательного полюса электрода (каатода) при высоких температурах нагрева и приложении электрического поля.

В зависимости от того, в какой среде происходит дуговой разряд, различают открытую дугу, горящую в воздухе или в среде защитных газов, и закрытую дугу, горящую под слоем флюса.

По роду применяемого тока сварочная дуга бывает переменного и постоянного тока. Последняя может возбуждаться на прямой и обратной полярности. При прямой полярности отрицательный полюс питания дуги находится на электроде (катод), а положительный — на основном металле (анод). При обратной полярности электрод — анод, а деталь — катод.

Дуговой разряд может возбуждаться между электродом и изделием (дуга прямого действия) и между двумя электродами (дуга косвенного действия). Дуга, горящая между двумя электродами и изделием, называется дугой комбинированного действия.

Температура сварочной дуги колеблется от 5000 до 12000° К и зависит от состава газовой среды дуги, материала, диаметра электрода и плотности тока.

В дуговом промежутке различают три области: катодную, столб и анодную. Длины катодной и анодной областей весьма малы. Приблизительно можно считать, что длина дуги равна длине столба.

В процессе дугового разряда весь ток дуги проходит через наиболее нагретые участки электрода и основного металла, которые называются активными пятнами. Активное пятно на катоде называется катодным, а на аноде — анодным.

Напряжение дуги в значительной степени зависит от ее длины и возрастает с увеличением длины.

Устойчивость дугового разряда определяется соотношением между током и напряжением. Графическое изображение этой зависимости при постоянной длине дуги называется статической (вольтамперной) характеристикой дуги.

Возбуждение дугового разряда может выполняться контактными и бесконтактными способами.

Устойчивость дугового разряда имеет важное практическое значение. Частые обрывы дуги и ее блуждание в процессе сварки, вызванные различными причинами, в значительной мере сказываются на качестве сварных соединений.

Устойчивость дуги зависит от рода тока, величины сварочного тока, величины напряжения холостого хода источника питания и состава газовой среды в дуговом промежутке. Устойчи-

вость дуги на постоянном токе значительно выше, чем на переменном. В свою очередь, повышение частоты переменного тока увеличивает устойчивость дугового разряда.

Благоприятно влияют на устойчивость дуги такие вещества, как красная кровяная соль, поташ, сульфат натрия, мел, титановая руда. Эти вещества требуют наименьшего количества энергии для ионизации, чем и объясняется их положительное влияние на процесс горения дуги. Ухудшают устойчивость горения дуги вещества: окись алюминия, каолин, песок, бура, а также влага, содержащаяся в покрытиях.

На устойчивость дугового разряда влияют собственное магнитное поле, посторонние магнитные поля, а также ферромагнитные массы. Они вызывают отклонение дугового разряда от первоначальной собственной оси и приводят к нарушению процесса сварки. Это явление получило название магнитного дутья. Влияние магнитных полей и ферромагнитных масс можно устранить путем изменения места токоподвода, угла наклона электрода, путем временного размещения ферромагнитного материала для создания симметричного поля и заменой постоянного тока переменным.

Некоторые особенности дуги переменного тока. В дуге переменного тока катодное и анодное пятна меняются местами с частотой, определяемой частотой тока. При частоте 50 пер./сек. эта смена происходит 100 раз в секунду. Поэтому в начале и конце каждого полупериода дуга угасает, температура активных пятен и дугового промежутка снижается. Это приводит к деионизации газов столба дуги и уменьшению электропроводности его.

Повторное зажигание дуги требует повышенного напряжения. Для сокращения паузы между гашением и зажиганием дуги в сварочную цепь включают индуктивность, чем обеспечивают непрерывное и устойчивое горение дуги на переменном токе. Весьма эффективно на устойчивость горения дуги переменного тока влияют легкоионизируемые элементы.

К основным преимуществам дуги переменного тока следует отнести: относительную простоту и меньшую стоимость оборудования, отсутствие магнитного дутья и наличие катодного распыления окисной пленки при аргоно-дуговой сварке алюминия. Последнее представляет собой процесс бомбардировки сварочной ванны положительными ионами в тот момент, когда изделие бывает катодом, в результате чего разрушается окисная пленка.

Организация рабочего места. Электродуговая сварка по степени механизации процесса подразделяется на ручную, полуавтоматическую и автоматическую.

Комплектация сварочных постов при дуговой сварке

Элементы сварочного поста	Разновидности способов сварки									
	Ручная дуговая	Механизированная дуговая	Полуавтоматическая дуговая	Автоматическая дуговая	Полуавтоматическая дуговая	Автоматическая дуговая	Полуавтоматическая дуговая	Автоматическая дуговая	Полуавтоматическая дуговая	Автоматическая дуговая
Источники питания дуги:										
переменного тока	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
постоянного тока	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Электрододержатель	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Горелка	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Электроды покрытые	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Проволока электродная	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Вольфрамовые прутки	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Угольные (графитовые) стержни	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Защитная среда:	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
шлакогазовая (покрытые)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
флюс	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Газ	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Механизм подачи электрода	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Присадочная проволока	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Механизм подачи присадочной проволоки	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

При ручной сварке подача электрода и зону дуги и передвижение его вдоль свариваемого соединения производится вручную. При полуавтоматической сварке механизирована только подача электрода, а при автоматической — подача и передвижение электрода.

Для выполнения сварочных работ необходим комплекс оборудования, обеспечивающего получение швов заданных размеров, конфигурации и качества. Этот комплекс технологически связанного между собой оборудования называется сварочным постом, или сварочной установкой.

В зависимости от выполняемой работы, габаритов свариваемых изделий и характера производства рабочее место электросварщика может быть расположено непосредственно у свариваемого изделия или в специальных кабинках.

Стационарные посты организуют для сварки изделий небольших размеров.

В кабине устанавливается сварочный трансформатор или генератор постоянного тока. Однако генератор желательно устанавливать за пределами кабины, так как это улучшает условия ухода за ним. В кабине помещаются также сетевой закрытый рубильник, металлический стол сварщика, стул для сварщика. Для отсоса выделяющихся при сварке газов устанавливают вентиляцию (перечень основного технологического оборудования и сварочных материалов, необходимых для организации сварочных работ при различных способах сварки, приведен в табл. 2).

Питание сварочных постов переменным током осуществляют от специальных трансформаторов, а постоянным током — от преобразователей и выпрямителей (рис. 1).

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

На рис. 1, в приведена принципиальная электрическая схема поста для ручной дуговой сварки постоянным током, а на рис. 1, г — общий вид поста. В этом случае ток от сети напряжением 220 и 380 В поступает к преобразователю, состоящему из асинхронного электродвигателя и сварочного генератора, соединенных между собой общим валом. Такие преобразователи вырабатывают сварочный ток напряжением 25—75 В.

Несколько сложнее выполняется принципиальная электриче-

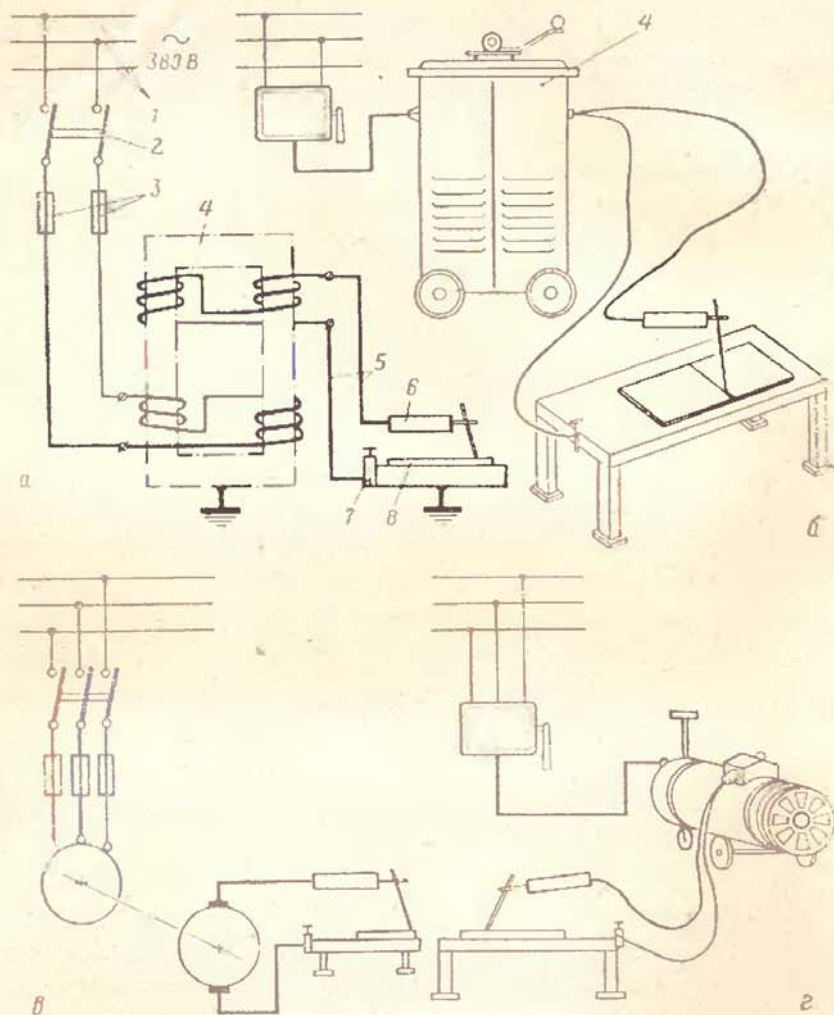


Рис. 1. Принципиальные электрические и монтажные схемы поста для ручной дуговой сварки:
а, б — переменным током; в, г — постоянным током

ская схема полуавтоматической сварки под флюсом и в среде защитных газов. Схема дополняется системой электрического привода подачи электродной проволоки, защитного газа и дистанционного управления ими.

Стационарный пост для полуавтоматической сварки оснащается дополнительно подающим механизмом, катушкой с запасом электродной проволоки и направляющим шлангом с горелкой. Для удобства работы и обслуживания большей площади

подающий механизм может подвешиваться или закрепляться на поворотной консоли.

При сварке крупногабаритных изделий организуют передвижные сварочные посты. Для защиты окружающих от ультрафиолетовых лучей сварочной дуги устанавливают переносные щиты или ширмы.

При монтажных и ремонтных работах оборудование передвижных сварочных постов закрепляют на специальных прицепах или закрытых автомобилях.

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Конструктивные и электрические особенности источников питания подробно изложены в специальной литературе. В настоящем разделе приведены необходимые для квалифицированного решения технологических вопросов сварки данные о свойствах источников питания, принципиальные схемы их конструктивного исполнения, данные о способах настройки сварочного режима и об особенностях эксплуатации источников различных систем, а также рекомендации о рациональной области применения источников питания.

Основные требования. Сочетание оптимальных условий существования дугового разряда, свойств и параметров источников питания и электрической цепи обеспечивает надежное возбуждение дуги и ее устойчивое горение в процессе сварки.

В значительной мере эти технологические свойства процесса зависят от характеристик источника питания дуги.

Основными техническими показателями источников питания для дуговой сварки являются статические и динамические свойства, напряжение холостого хода и характеристика режима работы. Статические и динамические свойства определяются соответственно внешней характеристикой источника питания и величиной электромагнитной инерции.

Внешняя характеристика представляет собой зависимость напряжения на клеммах источника питания (трансформатора, генератора, выпрямителя) от величины нагрузки — силы сварочного тока. Внешние характеристики источников питания бывают падающие, жесткие и возрастающие (рис. 2); по

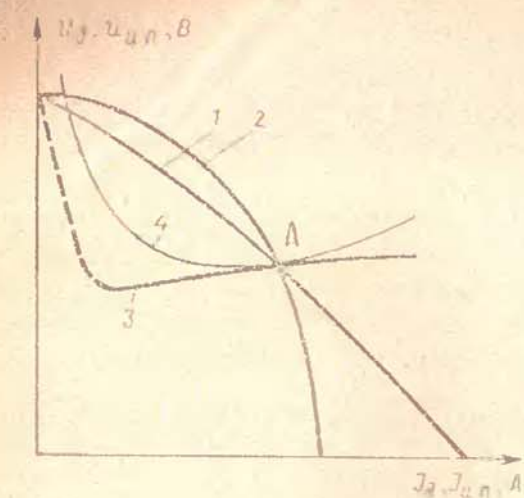


Рис. 2. Внешние характеристики источников питания:
1 — пологовпадающая; 2 — кругоппадающая; 3 — пологовозрастающая; 4 — жесткая

степени крутизны — пологопадающие, кругоппадающие и пологовозрастающие.

При выборе источника питания должен соблюдаться основной принцип устойчивости дугового разряда — соответствие формы внешней характеристики источника питания форме статической характеристики дуги (табл. 3).

Напряжение, ток и длина дуги при сварке претерпевают периодические изменения, связанные с изменением режима работы и специфическими особенностями

Таблица 3

Области применения источников питания для электродуговой сварки

Род тока	Источники питания	Внешняя характеристика	Области применения
Переменный промышленной частоты	Трансформатор	Падающая (П)	Ручная сварка покрытыми электродами; сварка в защитных газах неплавящимся электродом алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей
	Вращающиеся преобразователи и агрегаты с генераторами повышенной частоты (400—500 Гц)	Пологовпадающая (ПП)	Сварка под флюсом на токах более 300 А
	Вращающиеся преобразователи	Падающая (П)	Ручная сварка покрытыми электродами тонкого металла (применение ограничено)
Постоянный	Вращающиеся преобразователи	Падающая (П)	Ручная сварка покрытыми электродами; сварка под флюсом; сварка в защитных газах неплавящимся электродом
	Вращающиеся преобразователи	Пологовпадающая (ПП)	Сварка под флюсом, сварка в защитных газах плавящимся электродом
	Выпрямители	Жесткая и пологовозрастающая (Ж, ПВ)	Сварка в защитных газах плавящимся электродом (тонкой проволокой), сварка некоторыми типами порошковых проволок

переноса металла электрода. Эти изменения происходят в короткие промежутки времени, измеряемые долями секунды. Поэтому источник питания должен обладать высокими динамическими свойствами, т. е. большой скоростью повышения напряжения при разрыве цепи и плавной скоростью нарастания тока.

Скорость нарастания тока определяет технологические свойства источника. Если скорость нарастания тока чрезвычайно велика, то будут иметь место взрывообразное разрушение мостика между ванной и каплей и значительное разбрызгивание жидкого металла, малая скорость нарастания тока будет приводить к систематическому нарушению процесса сварки из-за поступления нерасплавленной электродной проволоки в сварочную ванну и частых коротких замыканий. Для надежного возбуждения необходимо, чтобы время восстановления напряжения после короткого замыкания до напряжения дуги не превышало 0,05 сек.

Напряжение холостого хода источника питания является важной характеристикой, которая обеспечивает легкость возбуждения электрической дуги и стабильное ее горение. Величина напряжения холостого хода ограничивается соображениями безопасности для работающих. Напряжение холостого хода для источников переменного тока не должно превышать 80 В (по ГОСТ 95—65), а источников питания постоянного тока — 90 В (по ГОСТ 304—65).

Режим работы источника питания характеризуется периодической нагрузкой — чередованием включения и выключения процесса сварки. Различают два типовых повторнократковременных режима работы:

а) чередование нагрузки (сварки) и холостого хода. Такой режим характерен для ручной дуговой сварки, а также для полуавтоматической сварки с питанием от сварочных генераторов. Оценку режима производят по относительной продолжительности работ:

$$ПР\% = \frac{t_p}{t_n} \cdot 100\%,$$

где t_p — время непрерывной работы под нагрузкой, t_n — время полного цикла (сварка и пауза);

б) чередование нагрузки (сварки) и паузы с отключением источника питания от сети. Режим оценивается продолжительностью включения:

$$ПВ\% = \frac{t_n}{t_n} \cdot 100\%,$$

где t_n — время работы (включения) источника.

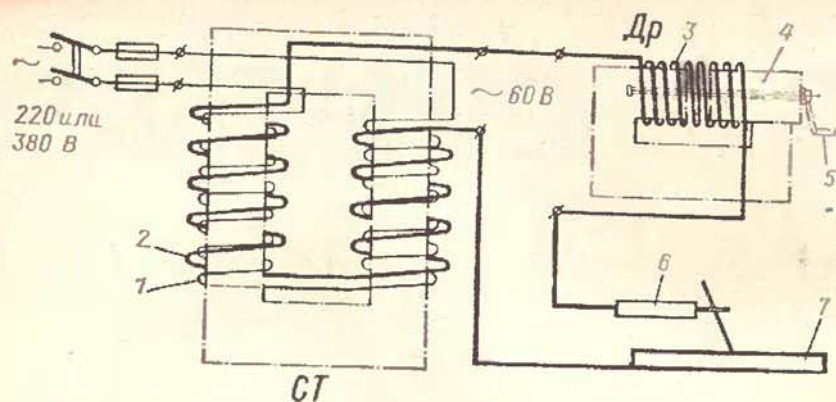


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема трансформатора с отдельным дросселем:

1 — первичная обмотка; 2 — вторичная обмотка; 3 — обмотка дросселя; 4 — подвижный пакет сердечника дросселя; 5 — винтовой механизм; 6 — электродержатель; 7 — свариваемое изделие

Значения ПР и ПВ характеризуют условия нагрева и охлаждения источника питания. При равных значениях этих величин общий нагрев источника питания (при одинаковом сварочном токе) будет выше в первом случае, т. е. когда источник во время пауз продолжает работать на холостом ходу.

Сварочные трансформаторы бывают однопостовые и многопостовые. Однопостовой трансформатор имеет падающую внешнюю характеристику и предназначен для питания одного сварочного поста, многопостовой — нескольких сварочных постов. Падающие внешние характеристики создаются с помощью индивидуальных дросселей сварочных постов.

Однопостовые сварочные трансформаторы. Отечественной промышленностью выпускаются две группы сварочных трансформаторов — с нормальным и увеличенным магнитным рассеянием.

Трансформаторы первой группы бывают с отдельным и со встроенным дросселем. Первые из них — двухкорпусного исполнения, вторые — однокорпусного.

На рис. 3 приведена принципиальная электрическая и конструктивная схема сварочного трансформатора с отдельным дросселем. Между обмотками трансформатора и дросселя имеется только электрическая связь.

Требуемая форма внешней характеристики получается за счет подключения дросселя последовательно в сварочную цепь. При увеличении воздушного зазора дросселя (Др) увеличивается сварочный ток. При уменьшении воздушного зазора свароч-

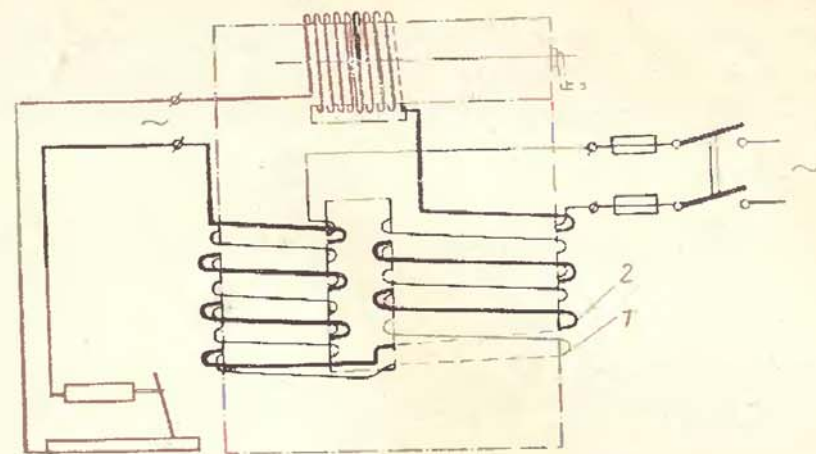


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема трансформатора типа СТН:
1 — первичная обмотка; 2 — вторичная обмотка

ный ток уменьшается. Регулирование осуществляют вручную, при помощи винтового механизма с рукояткой. Для оценки величины сварочного тока имеется стрелочный индикатор.

По данной схеме выполнены трансформаторы типа СТЭ-24У и СТЭ-34У с дросселями (табл. 4). Такие трансформаторы в настоящее время выпускаются в небольшом количестве.

В трансформаторах со встроенным дросселем между обмотками трансформатора и дросселя существует как электрическая, так и магнитная связь.

Принципиальная электрическая и конструктивная схема трансформатора типа СТН приведена на рис. 4.

Магнитная система трансформаторов этого типа состоит из двух связанных общим ярмом сердечников — основного и вспомогательного. На основном сердечнике размещаются первичная обмотка и основная часть вторичной обмотки трансформатора. На вспомогательном сердечнике помещается часть вторичной обмотки, называемая реактивной обмоткой.

Регулировку сварочного тока осуществляют с помощью подвижного пакета вспомогательного сердечника, путем изменения величины воздушного зазора. Зависимость сварочного тока от величины зазора имеет такой же характер, как и в трансформаторах с отдельным дросселем. Внешняя характеристика таких трансформаторов имеет падающую форму. Перемещение пакета может производиться вручную и механически.

Трансформаторы по схеме СТН выпускаются средней и большой мощности. Они весьма компактны, удобны в эксплуатации и экономичнее трансформаторов типа СТЭ.

Основные технические характеристики

Параметры	Группа					
	СТЭ-34У	СТЭ-34В	СТН-300	СТН-500-1	ТСД-500	ТСД-1000-3
Напряжение холостого хода, В	65	60	70	60	80	69—78
Номинальный сварочный ток, А	350	500	350	500	500	1000
Пределы регулирования сварочного тока, А	100—500	150—700	80—450	150—700	200—600	400—1200
Мощность номинальная, КВА	24	34	25	32	42	76
КПД	0,83	0,86	0,83	0,86	0,87	0,9
Масса, кг	130	160	220	275	445	540

Примечание. 1. Трансформаторы типа СТЭ-34У и СТЭ-34В двухкорпусного исполнения.

2. Номинальный режим работы трансформаторов типа остальных типов — ПР = 60—85%.

По этой конструктивной схеме выполнены трансформаторы СТН-500 и СТН-500-1, предназначенные для ручной однопостовой сварки, и трансформаторы с дистанционным управлением ТСД-500, ТСД-1000-3, ТСД-1000-4 — для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом (табл. 4).

Трансформаторы второй группы всегда имеют однокорпусное исполнение. Они бывают с подвижными обмотками и с магнитными шунтами. Однофазные трансформаторы с подвижными об-

сварочных трансформаторов

Трансформатор											
ТСК-400	ТСК-500	ТС-300	ТС-500	ТД-500	СТН-500	СТН-500-80	ТСН-1	ТСН-2	СТН-250	ТД-304	ТМ-001 П
63	60	63	60	60	60	80	65—70	62	60	61—79	—
300	500	300	500	500	500	500	—	300	250	300	—
110—385	165—650	110—385	165—650	85—720	145—650	260—800	105, 160, 145, 180	90—140, 140—300	80—250	60—385	215, 260, 320
20	32	20	32	32	32	—	12	11,5	16,5	19,1	—
0,84	0,84	0,84	0,85	—	0,9	0,92	0,75	0,76	0,72	0,87	—
215	280	185	250	210	220	323	35	63	40	137	—

пусного исполнения. остальные — однокорпусного.

ТСН-1, ТСН-2, СТН-250, ТД-304 составляет ПР = 20%.

мотками типа ТС, ТСК, ТД получили в настоящее время широкое применение при ручной дуговой сварке (табл. 4). Они имеют повышенную индуктивность рассеяния. Катушки первичной обмотки таких трансформаторов неподвижны и закреплены у нижнего ярма, катушки второй обмотки подвижны (на рис. 5 показана принципиальная электрическая и конструктивная схема трансформатора ТСК-500).

Регулирование сварочного тока осуществляют изменением

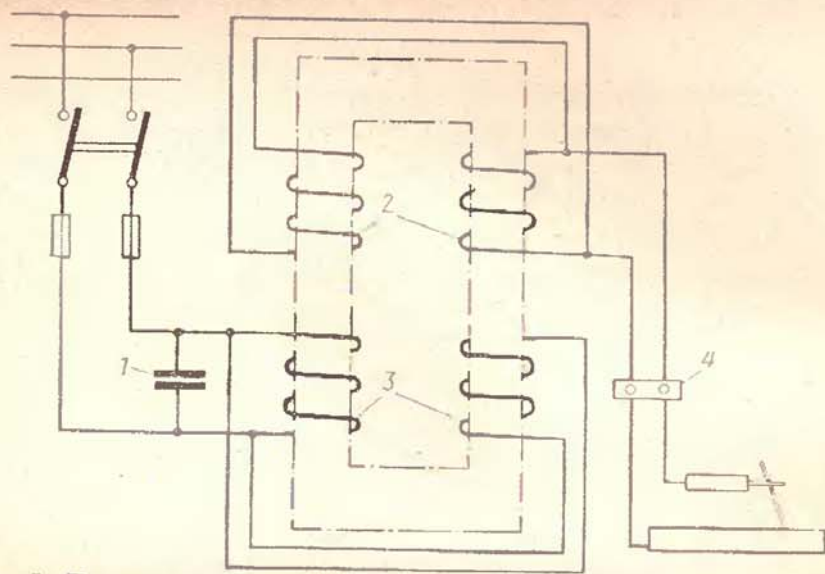


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема трансформатора ТСК-500: 1 — компенсирующий конденсатор; 2 — катушка вторичной обмотки; 3 — катушка первичной обмотки; 4 — клеммы для подсоединения сварочных проводов

расстояния между подвижной 2 и неподвижной 3 катушками. При удалении катушки вторичной обмотки магнитное расстояние увеличивается, а величина сварочного тока уменьшается, и наоборот — при сближении катушек обмоток величина сварочного тока возрастает.

Наличие в трансформаторе компенсирующих конденсаторов обеспечивает повышение коэффициента мощности.

Трансформатор ТД-500 имеет два диапазона регулирования режима работы: попарное параллельное соединение обмоток дает диапазон больших токов, а последовательное — диапазон малых токов. Последовательное соединение обмоток позволяет повысить напряжение холостого хода, что весьма важно для стабильности горения дуги на малых токах.

Трансформаторы с магнитными шунтами типа СТШ (рис. 6) разработаны Институтом электросварки им. Е. О. Патона. Они имеют более высокие эксплуатационные показатели, чем трансформаторы типа ТС, ТСК, ТД, и их применяют при ручной дуговой сварке, резке и наплавке.

Падающая внешняя характеристика у трансформаторов этого типа создается в результате падения напряжения на индуктивном сопротивлении благодаря увеличенным потокам магнитного рассеяния.

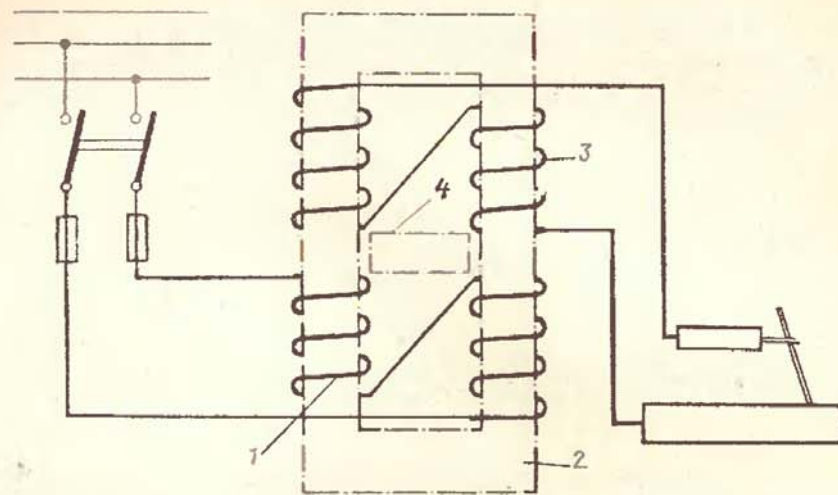


Рис. 6. Электрическая схема трансформатора СТШ с магнитным шунтом: 1 — первичная обмотка; 2 — сердечник; 3 — вторичная обмотка; 4 — магнитный шунт

Плавное изменение сварочного тока выполняется регулятором тока, состоящим из двух подвижных магнитных шунтов, расположенных в окне магнитопровода. Чем меньше расстояние между шунтами, тем меньше сварочный ток, и наоборот.

На строительных, монтажных и ремонтных работах широко применяются малогабаритные трансформаторы для дуговой сварки. Они относятся к группе трансформаторов с увеличенным магнитным рассеянием, например ТМ-300-П, ТСП-1, ТСП-2, СТШ-250, ТД-304 (табл. 4). Первые два типа трансформаторов имеют ступенчатое регулирование сварочного тока, остальные — плавное.

Трансформатор ТМ-300-П позволяет выполнять сварку электродами диаметром 3, 4 и 5 мм. Он однокорпусного исполнения, имеет малый вес и удобен для транспортировки. Настройка режима сварки производится переключением витков (три отпайки) реактивной обмотки.

Для сварки в монтажных условиях электродами диаметром 3 и 4 мм применяют облегченный трансформатор ТСП-1. Регулирование сварочного тока ступенчатое.

Для сварки в монтажных условиях выпускаются также трансформаторы СТШ-250, ТСП-2 и ТД-304 с плавным регулированием сварочного тока. Трансформатор ТД-304 выполнен на салазках и имеет дистанционное регулирование сварочного тока непосредственно с рабочего места электросварщика. Он пред-

назначен для работы на различных высотах в монтажных условиях.

Многопостовые сварочные трансформаторы. В качестве многопостовых трансформаторов могут быть использованы однофазные трансформаторы типа СТЭ с жесткой внешней характеристикой. Регулирование силы сварочного тока на каждом посту в этом случае может осуществляться любым дросселем типа РСТЭ (принципиальная схема многопостового питания однофазного трансформатора с жесткой характеристикой показана на рис. 7).

Многопостовые сварочные трансформаторы имеют ограниченное применение. Трехфазные трансформаторы выпускаются отдельными партиями для ручной и автоматической сварки трехфазной дугой.

Осцилляторы. Для стабилизации горения дуги переменного тока, обеспечения ее легкого первоначального возбуждения бесконтактным способом применяют устройства, которые называют осцилляторами.

Осциллятор — это устройство, преобразующее ток промышленной частоты низкого напряжения в ток высокой частоты и высокого напряжения. Напряжение на выходе осциллятора составляет 2000—6000 В, при частоте 150—500 тыс. гц.

Регулировка осциллятора заключается в установлении величины искрового зазора разрядника порядка 1,5—2 мм, которая должна производиться при отключенном осцилляторе.

Осцилляторы с напряжением питания 65 В могут подключаться к выводам вторичной обмотки сварочного трансформатора, имеющего жесткую внешнюю характеристику. В других случаях для питания осциллятора следует применять отдельный трансформатор со вторичным напряжением 65—70 В. Промышленностью выпускаются осцилляторы типа МЗ, ОС-1, ОСЦН, ТУ-2, ТУ-77, ОСПЗ-2М и др.

Преимущественное применение осцилляторы находят при сварке неплавящимся электродом в среде инертных газов переменным и постоянным током, плазменной сварке и резке, а также при ручной дуговой сварке, металлическим электродом с низкими ионизирующими свойствами покрытия.

Импульсные возбуждители дуги — это устройства для генерации импульсов повышенного напряжения и их синхронизированной подачи на сварочную дугу переменного тока в момент изменения полярности.

Институтом электросварки им. Е. О. Патона разработан генератор импульсов ГИ-1, который имеет мощность 100 Вт.

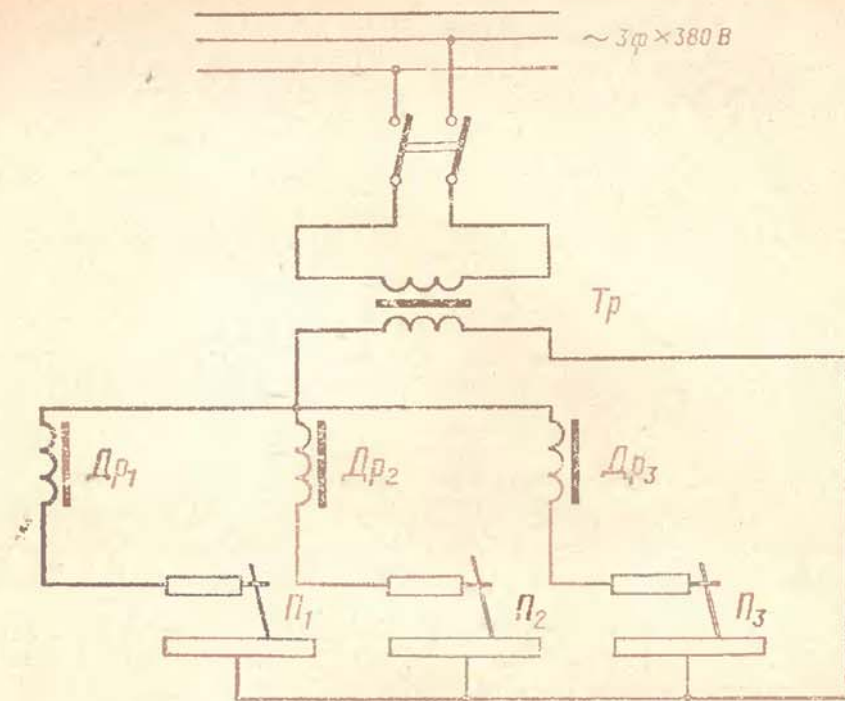


Рис. 7. Схема многопостового питания от трансформатора с жесткой характеристикой

Сварочные генераторы постоянного тока, как и трансформаторы, бывают однопостовые и многопостовые, по способу установки — стационарные и передвижные, по роду привода — электрическим приводом и с приводом от двигателей внутреннего сгорания.

По форме внешних характеристик сварочные генераторы бывают с падающими и жесткими внешними характеристиками, универсальные — позволяют получать и жесткие падающие характеристики.

Однопостовые генераторы. Наибольшее распространение получили генераторы, работающие по двум основным магнитоэлектрическим схемам: с последовательной размагничивающей обмоткой (РО) и с расщепленными полюсами.

Генераторы с последовательной размагничивающей обмоткой бывают двух типов: с независимым возбуждением и самовозбуждением (рис. 8).

В генераторах с независимым возбуждением обмотка воз-

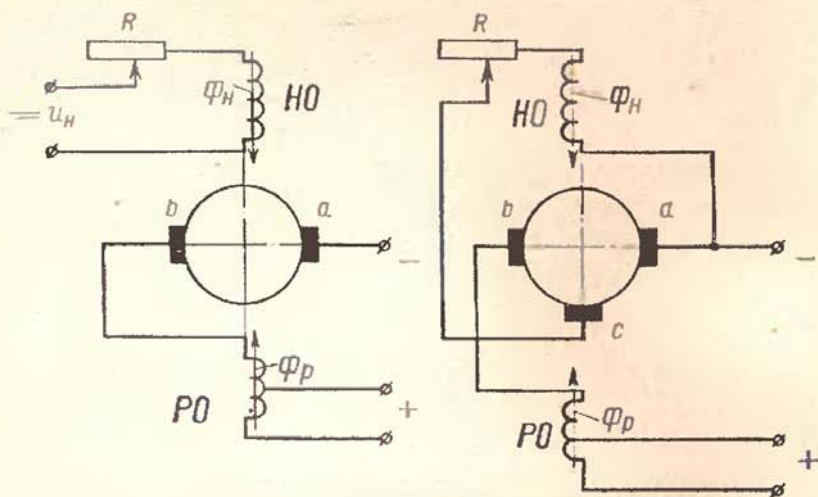


Рис. 8. Принципиальные схемы генераторов с размагничивающей последовательной обмоткой возбуждения:
а — генераторы с независимым возбуждением; б — генераторы с самовозбуждением

буждения (НО) получает питание от отдельного источника постоянного тока — выпрямителя. Вторая обмотка возбуждения РО включена последовательно с обмоткой якоря генератора.

Магнитные потоки, создаваемые обмотками возбуждения, имеют противоположное направление. Регулирование сварочного тока в генераторах этой системы производится плавным изменением тока возбуждения намагничивающей обмотки (НО) при помощи реостата. Для расширения диапазона регулирования применяется секционирование последовательной обмотки (две ступени).

По схеме с независимым возбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой построены генераторы ГСО-120, ГСО-800 и СГ-1000-П, которыми укомплектованы соответственно сварочные преобразователи ПСО-120, ПСО-800, АСО-2000.

Отечественная промышленность выпускает также сварочные преобразователи типа ПСГ-350, ПСГ-500 с генераторами ГСГ-350 и ГСГ-500, которые соответственно имеют жесткие внешние характеристики. Последняя получается за счет подключения последовательной обмотки возбуждения РО на подмагничивание.

Разработаны универсальные преобразователи ПСУ-300 и ПСУ-500, генераторы которых выполнены по схеме с независимым возбуждением. Генераторы имеют одну обмотку возбуждения, которая питается от специального устройства управления

(основные технические данные преобразователей, указанных выше типов, приведены в табл. 5).

Генераторы второго типа (рис. 8, б) имеют параллельную обмотку НО, питание которой осуществляется от половины обмотки якоря самого сварочного генератора.

Падающая внешняя характеристика получается также в результате размагничивающего действия последовательной обмотки РО.

Регулирование сварочного тока в генераторах этого типа производится, как и у генераторов с независимым возбуждением, с помощью реостата (R). Имеется ступенчатое регулирование — секционированием последовательной обмотки.

Наиболее распространены преобразователи ПСО-300, ПСО-500, ПС-500 с генераторами ГСО-300, ГСО-500, ГС-500, магнитоэлектрическая система которых выполнена по данной схеме; а также сварочные агрегаты АСБ-300-2, АСД-300-2, АСД-3-1, АСДП-500, АДБ-306 (табл. 5), которые также укомплектованы генераторами с самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой.

Преобразователи ПСО-500 и ПС-500 предназначены для питания дуги при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом, а также могут быть использованы для ручной дуговой сварки покрытыми электродами и в среде защитных газов. Преобразователь ПСО-300 предназначен преимущественно для выполнения ручной дуговой сварки в стационарных условиях.

Агрегаты АСБ-300-2, АДБ-306 с бензиновыми двигателями и АСД-300-2 с дизельным двигателем предназначены для выполнения ручной дуговой сварки в полевых или монтажных условиях. АСД-3-1 и АСДП-500 с дизельными двигателями применяются для питания дуги при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом и ручной дуговой сварке.

Генераторы с расщепленными полюсами по принципу действия и схеме можно рассматривать как разновидность генераторов с самовозбуждением, но без размагничивающей последовательной обмотки. Падающая внешняя характеристика этой группы генераторов получается в результате размагничивающего действия магнитного потока обмотки якоря (реакция якоря).

Генератор с расщепленными полюсами имеет четыре основных магнитных полюса N_1 , N_2 , S_1 , S_2 , которые в отличие от рассмотренных генераторов расположены попарно рядом (рис. 9). Это позволяет каждую пару полюсов принимать за один полюс, расщепленный на два. Полюсы разной полярности, расположенные горизонтально, называют главными полюсами, а расположенные вертикально — поперечными. Главные полюсы имеют вырезы для уменьшения площади поперечного сечения и всегда

Основные технические характеристики сварочных

Параметры	Тип пре-					
	ПСО-120	ПСО-800	ПСИ-350	ПСИ-500	ПСУ-300	ПСУ-500
Номинальный сварочный ток, А	120	800	350	500	200 300	350* 500
Номинальное напряжение, В	25	45	30	35	—	—
Пределы регулирования сварочного тока, А	30— 120	200— 800	50— 350	50— 500	40—200 50—300	50—300 100—500
Напряжение холостого хода, В	48— 65	60— 90	15— 35	15— 40	— 17—35	25—40 15—40
Мощность приводного двигателя, кВт	4	55	14	28	—	—
КПД	0,46	0,57	0,63	0,65	—	—
Масса, кг	155	1040	400	500	315	540
Форма внешней характеристики	П	ПП	Ж,ПП	Ж,ПП	П Ж	П Ж

* В числителе даны значения при падающей (П) внешней характе-

** Мощность привода в л. с.

работают при полном магнитном насыщении. При увеличении сварочного тока магнитный поток якоря уменьшает результирующий магнитный поток в воздушном зазоре генератора, уменьшая э. д. с. генератора, т. е. создается падающая внешняя характеристика.

Регулировку сварочного тока в генераторах этого типа производят плавно при помощи реостата R, изменяющего ток в намагничивающей обмотке (НП) поперечных полюсов. В некото-

Таблица 5

преобразователей и агрегатов постоянного тока

образователя и агрегата										
ПСО-300	ПСО-500	ПС-500-П	АСБ-300-2	АСД-300-2	АСД-3-1	АСДП-500	ПС-300М	ПС-300М-1	ПС-300Г	САК-2М-IV
300	500	500	300	300	500	500	340	340	300	300
30	40	40	30	30	40	40	35	—	35	30
75— 320	120— 600	120— 600	75— 320	75— 320	120— 600	120— 600	80— 380	80— 360	75— 340	75— 340
55— 80	60— 90	60— 90	55— 80	55— 80	60— 90	60— 90	50— 76	—	50— 76	50— 75
14	28	28	30**	20**	60**	60**	14	14	14	30**
0,52	0,55	0,55	—	—	—	—	0,57	—	—	—
400	940	940	850	950	2500	5000	600	590	600	900
П	П	П	П	П	П	П	П	П	П	П

ристике преобразователя, в знаменателе — при жесткой (Ж).

рых типах выпускаемых генераторов с расщепленными полюсами применяется ступенчатое регулирование путем смещения щеток с нейтрали (3—4 фиксированных положения щеток).

В промышленности нашли применение преобразователи ПС-300М, ПС-300М-1, ПС-300Г с генераторами СГ-300М, СГ-300М-1, СГ-300Г и сварочные агрегаты САК-2М-IV с генератором СМГ-2И-IV (табл. 5).

Преобразователи ПС-300М и ПС-300М-1 предназначены в

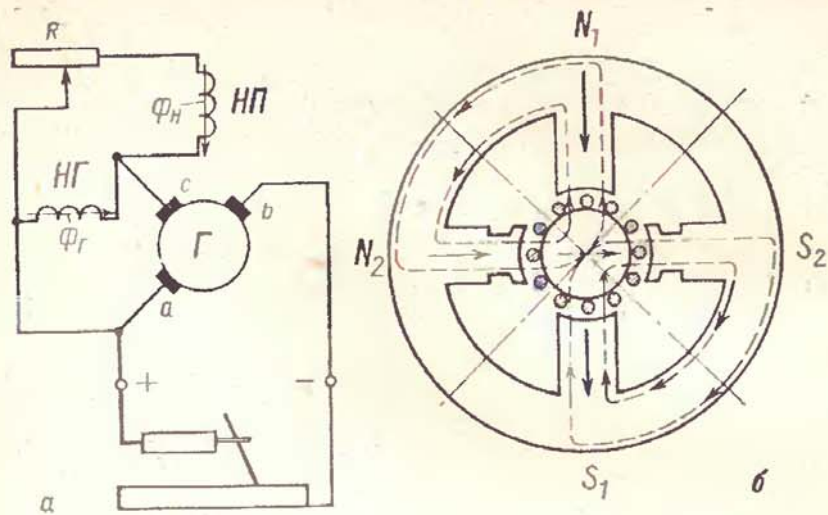


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема генератора с расщепленными полюсами (а) и схема расположения основных полюсов его (б): НГ — обмотка намагничивающая главных полюсов; НП — обмотка намагничивающая поперечных полюсов; А — реостат; Г — генератор (якорь); а, б, с — щетки полюса генератора

основном для ручной дуговой сварки, но могут применяться также при полуавтоматической и автоматической сварке под флюсом, преобразователь ПС-300Т предназначен для выполнения сварочных работ в условиях влажного тропического климата.

Сварочные агрегаты САК-2М-IV используются как стационарные или передвижные установки для ручной дуговой сварки на открытом воздухе в полевых или монтажных условиях. Каждый агрегат смонтирован на сварной раме и защищен железной кровлей.

Многопостовые сварочные преобразователи. В промышленности широко используется многопостовой преобразователь ПСМ-1000, который укомплектован шестиполюсным генератором СГ-1000 со смешанным возбуждением. Кроме шунтовой обмотки, на главных полюсах размещена последовательная обмотка для компенсации падения напряжения при увеличении нагрузки.

Внешняя характеристика генератора жесткая. Падающая характеристика достигается посредством включения в сварочную цепь последовательно дуге балластного реостата.

Преобразователь ПСМ-1000 рассчитан на питание девяти постов ручной сварки. Соответственно этому он комплектуется

девятью балластными реостатами РБ-200, рассчитанными каждый на ток до 200 А.

К преимуществам многопостовых преобразователей следует отнести: простоту обслуживания, низкую стоимость оборудования, небольшую площадь для размещения оборудования и высокую надежность в эксплуатации.

Сварочные выпрямители являются статическими преобразователями тока и считаются наиболее перспективным типом источников постоянного тока. Они имеют большой КПД и меньшие потери при холостом ходу, большую эксплуатационную надежность и бесшумны в работе. К их недостаткам следует отнести чувствительность к колебаниям сетевого напряжения и сложность стабилизации напряжения.

Однопостовые сварочные выпрямители. Для ручной дуговой сварки, сварки под флюсом и для сварки неплавящимся электродом в защитных газах разработаны и выпускаются с падающими внешними характеристиками сварочные выпрямители типа ВСС-120-4, ВСС-300-3, ВКС-500, ВД-101, ВД-102, ВД-301, ВД-302, ВД-303, ВД-304 (табл. 6).

Выпрямители имеют одинаковую принципиальную электрическую схему. Падающие внешние характеристики и регулирование сварочного тока у всех этих выпрямителей осуществляется с помощью трехфазного трансформатора с регулируемым магнитным рассеянием. Сварочный ток регулируют изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками трехфазного трансформатора. Широкие пределы регулирования сварочного тока обеспечиваются также путем соединения и вторичных обмоток трансформатора по схеме «треугольник» или «звезда».

В выпрямителях серии ВСС, а также типа ВД-102, ВД-302 выпрямительные блоки собраны на селеновых вентилях, а в выпрямителях типа ВКС, ВД-101, ВД-301, ВД-303 — на кремневых вентилях.

Выпрямители с кремневыми вентилями снабжены устройством, отключающим их от сети при выходе из строя одного из вентилях.

Выпрямители имеют принудительную воздушную вентиляцию, особенно интенсивную в случае применения кремневых вентилях, а также защиту, отключающую выпрямитель при прекращении или неправильной подаче охлаждающего воздуха.

Для сварки плавящимся электродом в защитных газах под слоем флюса с постоянной скоростью подачи электродной проволоки, порошковой проволокой, а также легированной проволокой без газовой защиты разработаны сварочные выпрямители серии ВС, ИПП и ВД (табл. 6).

Выпрямительные блоки этих преобразователей — с селеновыми вентилями. Внешние характеристики — пологопадающие.

Выпрямители серии ВС, рассчитанные на токи 200, 300, 400, 500 и 600 А, построены по общей схеме, просты и надежны в работе. Они состоят из понижающего трехфазного трансформатора с секционированной первичной обмоткой, выпрямительного блока, индуктивной катушки, двигателя вентилятора воздушного охлаждения и реле защиты.

Регулировка напряжения холостого хода и соответственно рабочего напряжения выпрямителя осуществляется за счет переключения витков первичной обмотки трансформатора посредством универсальных переключателей. Последние обеспечивают симметричное изменение числа витков этой обмотки.

Выпрямители типа ИПП-120П и ИПП-300П имеют одинаковое устройство.

Регулировку напряжения выпрямителя производят ступенчато вольтодобавочным трансформатором, путем встречного или согласованного его включения, а также плавно, посредством автотрансформатора.

В отличие от этих типов выпрямителей преобразователь ИПП-500П имеет секционную определенным образом выполненную первичную обмотку. Переключение витков осуществляют с помощью токоъемных щеток, перемещаемых от электродвигателя. Такое устройство позволяет производить плавную регулировку рабочего напряжения выпрямителя.

Выпрямитель типа ВДГ-301 состоит из трехфазного трансформатора, селенового выпрямительного блока и дросселя насыщения.

Напряжение регулируется ступенчато, путем переключения витков вторичной обмотки трансформатора (три ступени), и плавно, в пределах каждой ступени при помощи дросселя насыщения. Плавная регулировка может выполняться потенциометром на выпрямителе и дистанционно. К достоинствам выпрямителя этого типа следует отнести частичную компенсацию колебания сетевого напряжения за счет питания обмотки управления дросселя насыщения от стабилизатора напряжения.

Универсальными являются сварочные выпрямители типа ВСУ-300 и ВСУ-500 (табл. 6), которые позволяют формировать внешние характеристики как жесткие и пологопадающие, так и крутопадающие. Поэтому эти выпрямители могут быть использованы в качестве источника питания практически при всех разновидностях дуговой сварки.

Универсальный выпрямитель состоит из понижающего трехфазного трансформатора, дросселя насыщения с обмотками обратной связи, выпрямительного блока, магнитного усилителя и

стабилизатора напряжения, привода двигателя вентилятора воздушного охлаждения.

Формирование требуемой внешней характеристики обеспечивается дросселем насыщения, обмотки переменного тока которого включаются последовательно со вторичными обмотками силового трансформатора.

Установка рабочего напряжения осуществляется плавно, посредством изменения величины стабилизированного напряжения сравнения.

Выпрямители типа ВСУ обеспечивают получение жестких внешних характеристик с повышенным значением напряжения холостого хода, что значительно облегчает возбуждение сварочной дуги и стабильное ее горение.

Многоступенчатые сварочные выпрямители. Многоступенчатые сварочные выпрямители более эффективны, чем многоступенчатые моторгенераторные преобразователи.

Для многоступенчатого питания могут быть использованы сварочные выпрямители, имеющие жесткие внешние характеристики.

Отечественной промышленностью освоен выпуск сварочных выпрямителей для многоступенчатого питания типа ВКСМ-1000, ВДМ-1601, ВДМ-3001 и ВМГ-5000 (табл. 6). ВКСМ-1000 и ВДМ-1601 рассчитаны на одновременное питание шести сварочных постов номинальным током по 300 А каждый. Для получения падающей внешней характеристики используются балластные реостаты типа РБ. Принципиальное устройство многоступенчатых выпрямителей аналогично рассмотренным выше.

Эксплуатация источников питания предусматривает выполнение комплекса мероприятий, направленных на сохранение длительной и надежной работоспособности их. Это понятие неразрывно связано с понятием об обслуживании источников питания.

Эксплуатация и обслуживание источников питания должны производиться согласно указаниям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности электроустановок потребителей» и «Единых требований безопасности к конструкции сварочного оборудования».

При эксплуатации источников питания различных типов необходимо ежедневно перед началом работы проверять надежность заземления и крепления болтовых и винтовых соединений (наружных), а также надежность присоединения сварочных проводов и их состояния; не реже одного раза в месяц продувать источник питания сухим сжатым воздухом и проверять состояние изоляции; не допускать превышения величины сварочного

Таблица 6

Технические характеристики

Параметры	Т и п									
	ВСС-120-4	ВСС-300-3	ВКС-500	ВД-101	ВД-301	ВД-303	ВД-304	ВД-102	ВД-302	
Номинальный сварочный ток, А	120	300	500	125	300	300	315	125	300	
Напряжение холостого хода, В	63	65	74	68	68	85	72	60	60	
Пределы регулирования:										
сварочного тока, А	15—130	35—330	65—550	20—125	40—300	40—300	30—330	20—125	50—300	
напряжения, В	57—63	58—65	65—74	—	—	—	68—72	—	—	
КПД, %	39	68	75	62	74	73	71	58	68	
Масса, кг	140	240	410	160	210	240	305	160	205	

* В числителе даны значения при работе на жесткой внешней характеристике против указанной в паспорте на источник питания; предохранять источник питания от механических повреждений и попадания влаги на обмотки.

Специфические виды работ по техническому обслуживанию сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей приведены в руководстве по их эксплуатации.

ПОЛУАВТОМАТЫ ДЛЯ СВАРКИ

Полуавтомат, как правило, включает механизм подачи с катушкой для электродной проволоки, гибкий направляющий шланг с горелкой, аппаратуру контроля и управления. В комплект полуавтомата для сварки в среде защитных газов, кроме этого, входит газовая аппаратура.

сварочных выпрямителей

выпрямители															
ВС-200	ВС-300	ВС-500	ВС-600	ВДГ-301	ВДГ-502	ИПП-120П	ИПП-300П	ИПП-500А	ВУС-300	ВУС-500	ВДУ-304	ВКСМ-1000-1	ВДМ-1601	ВДМ-3001	ВМГ-5000
200	300	500	600	300	500	120	300	500	300* 240	500 350	500	1000	1600	3000	5000
28,5	43	54,5	55	46	60	30	50	63	40—60 60	50—68 60	— 72—78	70	68	68	68
30—200	30—300	50—500	60—600	40—350	60—500	40—120	60—300	80—500	50—330 40—260	100—550 50—380	100—500	—	—	—	—
17—26	19—38	20—45	20—40	16—30	16—40	14—24	16—40	17—50	18—35 —	20 —	22—45 18—50	—	—	—	—
70	71	75	75	72	90	73	75	76	—	—	—	88	88	88	94
190	230	—	436	210	370	180	253	450	300	440	380	550	750	1750	2700

ристике выпрямителя, в знаменателе — на падающей.

В полуавтоматах толкающего типа электродная проволока с катушки подающим механизмом проталкивается через гибкий направляющий шланг. При использовании электродной проволоки малого диаметра 0,5 мм (а также малой жесткости), например при сварке алюминевой, латунной, медной проволоками, применяются полуавтоматы тянущего типа.

Полуавтоматы с подачей электродной проволоки комбинированным способом имеют значительный радиус охвата производственной площади (радиус полезного действия более 10 м) и оказываются весьма перспективными при выполнении работ на монтаже, в стесненных условиях и т. п.

Полуавтоматы этого типа комплектуются двумя механизмами подачи. Один, располагаемый рядом с катушкой, предназначен для проталкивания электродной проволоки по гибкому шлангу.

гу, другой, тянущего типа, устанавливаемый в горелке или близко от нее, служит для подачи проволоки через горелку в зону плавления. Механизмы подачи проволоки в процессе сварки работают одновременно.

В зависимости от назначения полуавтоматы разделяются на стационарные, передвижные и переносные.

Стационарные полуавтоматы состоят из источника питания, механизма подачи проволоки с катушкой, аппаратуры управления и горелки со шлангом.

Передвижные полуавтоматы состоят из двух блоков, в одном из которых объединены источник питания и аппаратура управления, а в другом — механизм подачи, катушка для проволоки и горелка со шлангом.

Переносные полуавтоматы также двухблочного исполнения имеют облегченный подающий механизм с малогабаритной катушкой для электродной проволоки, в отдельном блоке смонтированы источник питания и аппаратура управления. Основная часть полуавтомата может переноситься одним рабочим на значительные расстояния.

Основными элементами полуавтоматов являются механизмы подачи электродной проволоки, роликовые устройства, направляющие шланги и горелки.

Механизмы подачи в полуавтоматах различаются по способу настройки скорости подачи электродной проволоки и способу поддержания этой скорости при воздействии на процесс разнообразных факторов.

Электродная проволока может подаваться с постоянной, не зависящей от напряжения на дуге скоростью и со скоростью, определяемой заданным направлением на дуге. Для ступенчатого регулирования скорости подачи проволоки применяют в качестве привода асинхронный двигатель и редуктор со сменными элементами (сменные шестерни, сменные подающие ролики и т. п.) или коробкой передач. Плавная регулировка обеспечивается за счет использования асинхронного двигателя с фрикционным вариатором или применения двигателя постоянного тока с регулируемым числом оборотов.

Полуавтоматы со ступенчатым регулированием скорости просты и надежны в эксплуатации и имеют предпочтительное применение в серийном и массовом производстве, где перестройка режима сварки на одном рабочем месте производится относительно редко.

В индивидуальном производстве, где приходится часто менять режим сварки, широко применяют полуавтоматы с плавной регулировкой скорости подачи проволоки. Причем наиболее

распространены подающие механизмы, работающие от двигателя постоянного тока с плавным регулированием скорости вращения их. Роликовые устройства механизма подачи полуавтоматов предназначены для подачи проволоки и могут состоять из одной или двух пар подающих роликов.

Геометрия рабочих поверхностей роликов может быть цилиндрической с насечкой, с гладкой конической канавкой, шестеренчатые, обрешиненные и др.

Надежность подачи проволоки определяется коэффициентом сцепления между проволокой и подающим роликом.

Ролики с насечкой (цилиндрические или с канавкой) обеспечивают необходимую величину коэффициента сцепления. Однако они оставляют следы на поверхности проволоки, которые вызывают ускоренный износ шланга и деталей горелки. Ролики с гладкой рабочей поверхностью, обрешиненные и шестеренчатые лишены указанных недостатков.

Величину коэффициента сцепления можно увеличить применением нескольких ведущих роликов. Подающие ролики изготавливают обычно из стали ХВГ, ХГ, ШХ15 или стали 40Х. Рабочие поверхности подвергаются термообработке.

Направляющие шланги делятся на автономные и комбинированные. Первые предназначены только для направления проволоки (рис. 10, а, в, г), вторые — для подачи через один шланг проволоки, токоподводящей жилы, провода управления, газа и охлаждающей воды.

Направляющая часть шлангов выполняется чаще всего в виде спирали из стали, бронзы или специальной пластмассы.

Иногда используют сплошную пластмассовую трубку (рис. 10, а). Спираль покрывают слоем миткаля 2 или безостойкой изоляционной обмоткой 5.

Горелки и шланговых полуавтоматов предназначены для подвода к месту сварки проволоки, тока и защитного газа.

Бывают горелки двух типов: молоткового и пистолетного. Основными их элементами являются корпус, мундштук, накопечник и сопло или насадка с воронкой под флюс.

Общей частью горелок являются наконечники, которые обеспечивают постоянный контакт проволоки на минимальном расстоянии от зоны горения дуги. Изготавливают их из меди и сплавов. Для тонких проволок лучше применять наконечники с периодически поджимаемыми контактами. Однако изготавливать их сложно.

В составном наконечнике имеется волока из износостойких сплавов, таких, как ВК-6, ВК-8, медноникелевольфрамовая ме-

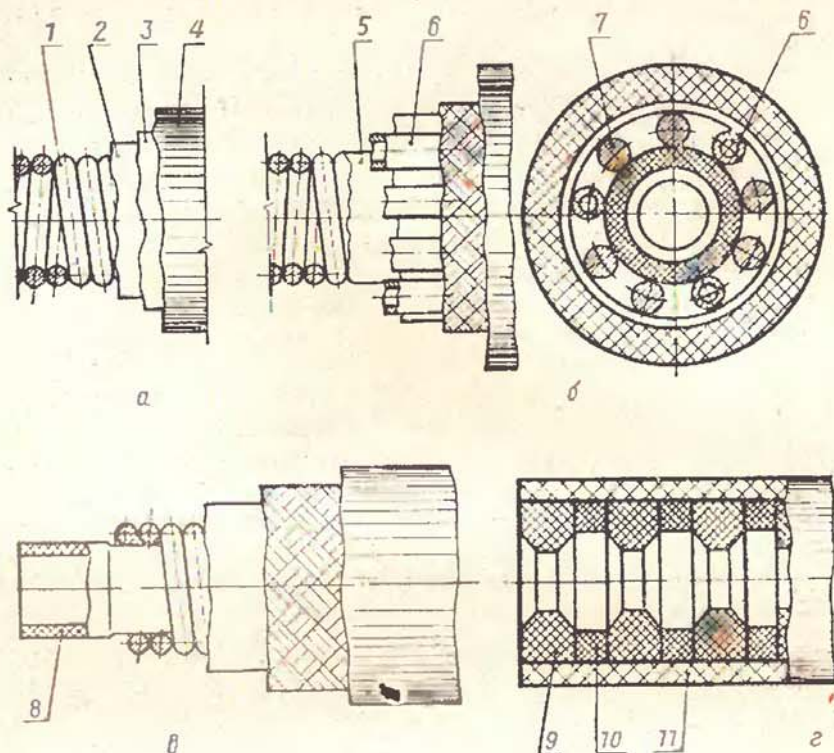


Рис. 10. Гибкие направляющие шланги:

а, б, в — автономные; б — комбинированные;
1 — спираль; 2 — защитный слой; 3 — оплетка; 4 — оболочка; 5 — обмотка; 6 — про-
вода управления; 7 — токоведущая жила; 8 — трубка; 9 — шайба направляющая;
10 — шайба дистанционная; 11 — гибкая оболочка

таллокерамика, и т. п. Волоку в наконечнике закрепляют раз-
вальцовкой.

Сопло горелки для сварки в защитных газах, как правило,
представляет собой цилиндрическую трубку, закрепляемую раз-
личными способами на мундштуке горелки. Сопло изготавливают
из медной трубки, керамики, а иногда делают составным. Для
уменьшения налипания металла на сопла их принудительно
охлаждают воздухом или водой. Но такие сопла сложны, дороги
и неудобны в эксплуатации.

Полуавтоматы для сварки под флюсом. Наибольшее распро-
странение получили шланговые полуавтоматы ПШ-54, ПДШР-500
и ПДШМ-500 (табл. 7). ПШ-54 может быть использован для
сварки на постоянном и переменном токе.

Механизм подачи электродной проволоки снабжен асинхрон-
ным трехфазным двигателем. Регулировка скорости подачи про-

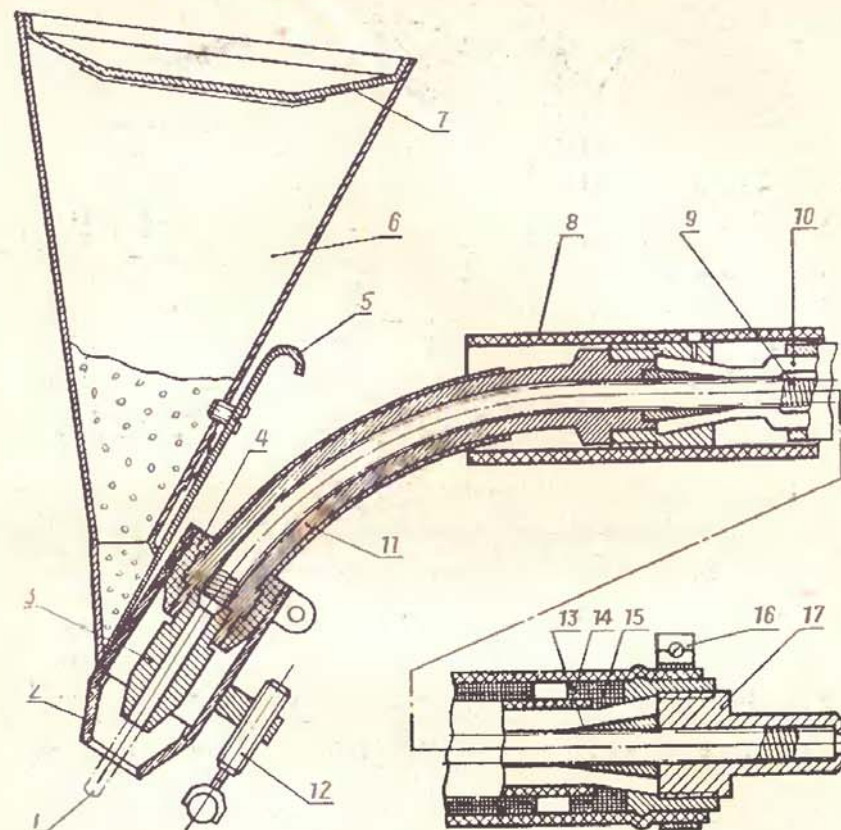


Рис. 11. Горелка ПШ-54 для сварки под флюсом:

1 — электродная проволока; 2 — насадка; 3 — наконечник; 4 — втулка изоляци-
онная; 5 — заслонка; 6 — воронка; 7 — обратный конус с сеткой; 8 — рукоятка;
9 — спираль направляющего шланга; 10 — токоподводящая жила; 11 — мундштук;
12 — упор; 13 — конический сухарь; 14 — оболочка; 15 — удлинитель; 16 — зажим;
17 — щипцы

волоку производится при помощи выдвижных шпонок, включаю-
щих под действием пружин различные шестерни кинематической
цепи.

Универсальная горелка ПШ-54 показана на рис. 11. Флюс
в зону сварки поступает из воронки 6 под действием собствен-
ного веса. Полуавтомат ПДШР-500 комплектуется горелкой,
сходной по конструкции с горелкой полуавтомата ПШ-54. Ме-
ханизм подачи электродной проволоки снабжен двигателем по-
стоянного тока.

ПДШМ-500 в отличие от ПШ-54 и ПДШР-500 имеет принуди-
тельную систему подачи флюса в зону сварки, работающую от
заводской сети сжатого воздуха.

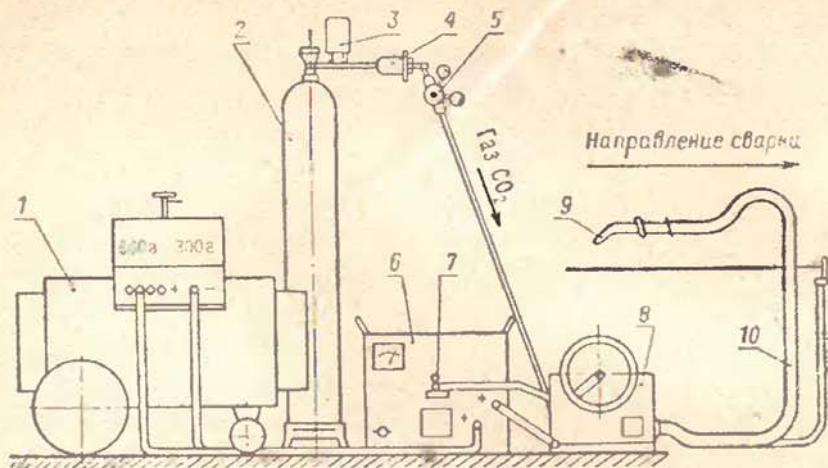


Рис. 12. Общая схема установки для полуавтоматической сварки в среде защитного газа плавящимся электродом:

1 — сварочный преобразователь; 2 — баллон с газом; 3 — подогреватель; 4 — осушитель; 5 — редуктор; 6 — аппаратный ящик; 7 — вентильный разъем; 8 — подающий механизм; 9 — горелка; 10 — гибкий шланг

Таблица 7

Основные технические характеристики шланговых полуавтоматов

Тип полуавтомата	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный сварочный ток при ПВ-65 %, А	Скорость подачи проволоки, м/час.	Длина шланга, м	Масса механизма подачи, кг
ПШ-54	1,6—2,0	500	80—600	3,5	23
ПДШМ-500	1,6—2,5	500	100—420	4,0	13
ПДШР-500	1,6—2,5	500	100—420	4,0	13
А-547У	0,8—2,2	200	100—250	1,2—2,5	6
А-1230М	0,8—1,2	315	140—670	3,0	11
А-825	1,0—1,2	250	120—620	2,5	20
ПДПГ-500	0,8—2,0	500	150—720	3,5	10,4
А-537У	1,6—2,0	520	80—600	3,5	22,5
ПДГ-303	0,8—1,2	300	180—720	3,5	8,0
ПДГ-304	0,8—1,6	300	180—720	3,0	7,0
А-1035	1,6—3,5	450	58—580	3,5	25,5
А-1197	1,6—3,5	500	92—920	3,0	35
А-1114	1,6—2,0	500	106—428	2,5	10,5
ПДГ-302	0,8—2,0	300	180—720		5,0
ПШП-10	1,0—2,5	300	160—650		1,7
ПДА-300	1,6—2,0	300	120—420		10,4
ПРМ-2	0,8—2,5	420	100—750		8,0

Полуавтоматы для сварки в защитных газах плавящимся электродом. Общая схема установки для полуавтоматической сварки в среде защитных газов приведена на рис. 12. Основные технические характеристики шланговых полуавтоматов для сварки в защитных газах приведены в табл. 7.

Полуавтомат А-547У состоит из облегченного переносного подающего механизма, катушки с проволокой, шкафа управления и горелки со шлангом. В комплект полуавтомата входят четыре горелки со шлангами (две малые и две большие). Легкая горелка рассчитана на сварку проволокой 0,8—1,0 мм силой тока до 150 А. Длина шланга — около 1500 мм. Тяжелая горелка полуавтомата предназначена для сварки проволокой 1,2—1,4 мм силой тока до 300 А. Длина шланга — 2500 мм. Горелка также не имеет охлаждения. Скорость подачи электродной проволоки изменяется плавно, путем регулирования числа оборотов электродвигателя и смены подающего ролика.

Вся аппаратура полуавтомата питается непосредственно от сварочной цепи. Пульт управления полуавтомата монтируется на передней стенке выпрямителя ВС-300 в специальном окне.

Полуавтомат типа А-825 комплектуется двумя горелками, переносным подающим механизмом, пультом управления, газовой аппаратурой и источником питания (ВС-300 или ПСГ-500). Регулировка скорости подачи проволоки — плавная.

Полуавтомат типа А-929 является двухрежимным, толкающего типа и предназначен для сварки в углекислом газе. Электрическая схема полуавтомата позволяет перед началом сварки выбрать и зафиксировать две величины скорости подачи электродной проволоки и сварочного напряжения. Переключение режимов производится нажатием или отпусканием кнопки, расположенной на горелке полуавтомата.

Полуавтомат комплектуется двумя горелками: первая рассчитана на ток до 250 А, вторая — до 350 А. Подающий механизм по конструкции подобен механизму полуавтомата А-825.

Полуавтоматы А-537У и А-537Р построены на базе подающего механизма полуавтомата ПШ-54. А-537У комплектуется шлангами и горелками двух типов: для сварки на токах до 300 А без водяного охлаждения и с водяным охлаждением для сварки на токах 300—500 А. А-537Р комплектуется только неохлаждаемой горелкой для сварки на токах 500 А.

Электрическая схема полуавтомата обеспечивает автоматическое включение двигателя подачи проволоки в начале сварки, при закорачивании электрода на изделие и включении его в конце сварки, при обрыве дуги.

Полуавтомат ПДПГ-500 предназначен для сварки

в среде углекислого газа. По компоновке ПДПГ-500 не отличается от ранее описанных аппаратов. Он снабжен двумя сварочными горелками ГДП-5 и ГДП-6. Горелку ГДП-5 используют для сварки проволокой диаметром 0,8—1,4 мм на токах до 200 А. Охлаждение горелки воздушное. Горелку ГДП-6 применяют для сварки проволокой диаметром 1,6—2 мм на токах до 500 А. В горелке предусмотрено водяное охлаждение. Механизм подачи проволокой переносной. Регулировка скорости подачи проволоки плавная.

Газовая аппаратура полуавтоматов включает в себя осушитель, подогреватель, редуктор, расходомер и газовый клапан.

Осушитель предназначен для удаления влаги из защитного газа. Он представляет собой сосуд с влагопоглотительными веществами, в качестве которых используют силикагель, алюмогель, медный купорос или хлористый кальций. Влагопоглотительное вещество заменяют или прокачивают один раз в 10—15 дней в зависимости от интенсивности потребления газа и его насыщенности влагой.

Подогреватель газа применяют только при сварке в углекислом газе. Для этого служит герметический сосуд, внутри которого размещают электрический нагреватель.

Редукторы предназначены для снижения до рабочего давления газа в баллоне и поддержания его постоянным при изменении давления в баллоне. Обычно используют кислородные редукторы типа РК-53Б с заменным манометром низкого давления либо специальные. Для сварки в CO_2 применяют редукторы У-30, снабженные подогревателем газа. Они имеют два дозирующих отверстия, установка которых против штуцера отбора газа позволяет регламентировать расход газа. Манометр редуктора показывает расход газа, и каждому дозирующему отверстию соответствует своя шкала на манометре.

Для измерения расхода газа применяют расходомеры поплавного типа — ротаметры. Как уже указывалось, с достаточной степенью точности о расходе газа можно судить и по показаниям манометра низкого давления редуктора, как, например, в редукторе У-30.

Газовые клапаны служат для прекращения подачи газа на время паузы в работе установки. Для этой цели применяют электромагнитные клапаны, которые работают по команде, подаваемой схемой управления полуавтомата, или механические клапаны-затворы, открываемые сварщиком.

Унифицированные полуавтоматы. К универсальным следует отнести полуавтоматы типа А-765, А-1035 и А-1197. Они могут

быть использованы при сварке под флюсом и в среде защитных газов, электродными проволоками сплошного сечения и порошковыми. Представляет практический интерес унифицированный полуавтомат А-1197, который в зависимости от варианта исполнения может комплектоваться горелкой для сварки в среде защитного газа или горелкой для сварки открытой дугой. К последней может присоединиться воронка для сварки под флюсом.

Для сварки в CO_2 полуавтомат снабжается газовой аппаратурой. Все полуавтоматы комплектуются горелками для сварки электродными проволоками 1,6—2 мм. Горелки для сварки электродными проволоками 2,5—3,5 мм поставляются только по специальному заказу. Для подачи проволоки применяют механизмы двух типов: с асинхронным двигателем или двигателем постоянного тока с регулируемым числом оборотов. Механизм подачи имеет две пары роликов, как в полуавтомате А-765. Все они — ведущие.

Специальные полуавтоматы. К специальным относятся полуавтоматы, предназначенные для сварки в монтажных условиях и в стесненных пространствах, а также полуавтоматы для сварки цветных металлов (табл. 7).

Полуавтомат А-1114 предназначен для сварки голой активированной проволокой в монтажных условиях или на строительной площадке, на большой высоте.

Механизм подачи и катушка с проволокой размещены в отдельном блоке, который легко переносится сварщиком.

Скорость подачи проволоки регулируется ступенчато, путем смены подающих роликов. В пределах каждой ступени скорость плавно меняется за счет изменения напряжения на клеммах генератора.

Электрическая схема обеспечивает дистанционное включение и выключение подачи проволоки кнопкой, расположенной на рукоятке горелки.

Полуавтомат ПРМ-2 используют для сварки в среде защитных газов конструкций из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминия, меди и их сплавов во всех пространственных положениях в монтажных условиях. В комплект полуавтомата входят: фланец, горелка со шлангом, аппаратный шкаф, провода управления и шланг для подачи защитного газа. Внутри рамы располагаются механизм подачи электродной проволоки, катушки, клеммы сварочного тока и газовый штуцер. Вес рамы — 5 кг. Регулировка скорости подачи проволоки плавная.

Полуавтомат ПДА-300 предназначен для сварки постоянным током проволокой из алюминия и его сплавов диаметром 1,6—2 мм.

Подача проволоки осуществляется комбинированным способом. Скорость подачи проволоки изменяется плавно. Полуавтомат комплектуется горелкой пистолетного типа, охлаждаемой водой.

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Для ручной сварки неплавящимся электродом созданы специальные установки, а также могут организовываться посты, как показано на рис. 13.

Ручная сварка выполняется при помощи горелки, состоящей из корпуса, сопла, наконечника, сменных цапг, газового вентиля и коммуникаций для подвода газа, охлаждающей воды, сварочного тока.

Разработаны для ручной сварки неплавящимся электродом горелки АР-3, АР-9, АР-10, ГРАД-200, ГРАД-400 и др.

Для ручной сварки неплавящимся электродом в среде аргона изделий из алюминия и его сплавов выпускаются специальные установки УДАР и УДГ (табл. 8).

Таблица 8

Основные технические характеристики установок типа УДГ и УДАР

Параметры	Тип установок				
	Удар-300-5	Удар-500-5	УДГ-101	УДГ-301	УДГ-501
Номинальный сварочный ток при ПВ-60—65%, А	300	500	50	300	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	15—320	40—520	4—80	15—300	40—500
Напряжение холостого хода, В	70	70	65	70	70
Количество горелок	2	3	1	2	3
Масса, кг	450	480	305	510	540

Установка УДГ-501 — однокорпусного исполнения, включает в себя сварочный трансформатор ТРПШ-500 с подмагничиваемым шунтом, осциллятор-стабилизатор, аппаратуру управления и газовую аппаратуру.

Установка комплектуется тремя сварочными горелками: малой, средней и большой. Малая горелка предназначена для сварки на токах до 200 А вольфрамовым электродом диаметром 0,8—4 мм. Средняя горелка рассчитана на сварку током до 400 А электродами диаметром 3—6 мм, большая горелка рассчитана на

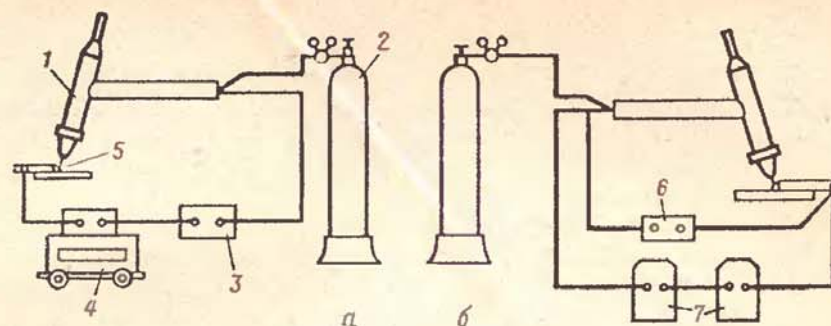


Рис. 13. Схема (упрощенная) ручной аргонно-дуговой сварки постоянным (а) и переменным (б) током:

1 — горелка; 2 — баллон с защитным газом; 3 — балластный реостат; 4 — генератор; 5 — свариваемое изделие; 6 — осциллятор; 7 — трансформатор (сварочный) с регулятором

на ток до 500 А с применением вольфрамовых электродов диаметром 5—10 мм.

Электрическая схема установки обеспечивает зажигание дуги пробоем дугового промежутка высокочастотной искрой импульсного осциллятора, поддержание горения дуги с помощью импульсного стабилизатора, компенсацию постоянной составляющей сварочного тока, заварку кратера с помощью специального устройства, подачу защитного газа до начала сварки (за 0,5—3 сек).

УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ

Ручную сварку плазменной дугой выполняют с помощью установки УПСР-300-3, которая позволяет сваривать тонколистовые нержавеющие и низкоуглеродистые стали.

Установка состоит из аппарата управления, газовой аппаратуры, шланга, плазменной горелки, источника питания постоянного тока и осциллятора. На установке УПСР-300-3 можно выполнять сварку на токе до 300 А с подачей присадки и без нее.

Горелка состоит из опрессованного пластмассового корпуса, в котором собран узел крепления и центрирования вольфрамового электрода. Корпус горелки во время работы охлаждается водой. Пуск установки производят выключателем, который расположен на корпусе горелки. Электрическая схема обеспечивает зажигание и устойчивое горение вспомогательной дуги. Зажигание основной сварочной дуги происходит при приближении сопла горелки к изделию на 4—5 мм. Регулирование тока основной дуги осуществляется сварочным выпрямителем ВК-303 в пределах 50—300 А.

Электрододержатель — основной инструмент электросварщика, предназначен для крепления электрода, подвода к нему сварочного тока и выполнения в процессе сварки необходимых движений концом электрода.

Существуют универсальные и специализированные электрододержатели. Требования к универсальным держателям регламентированы ГОСТ 14651—69.

Вилочные и пластинчатые держатели просты в изготовлении, имеют небольшую массу и позволяют быстро менять и устанавливать электрод под различными углами. Пружинные и рычажные держатели имеют большие габариты и массу, чем вилочные и пластинчатые. Держатели этого типа имеют более сложную конструкцию. Вместе с тем они обеспечивают надежный электрический контакт с электродом и хорошую изоляцию всех металлических частей.

Среди специальных следует отметить держатели для сварки несколькими электродами и для сварки трехфазной дугой.

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСВАРЩИКА

К принадлежностям электросварщика относят щитки и маски, молоток, зубило, стальную щетку, набор шаблонов для замера параметров сварных швов и стальные клейма для клеймения швов.

Щитки и маски предназначены для защиты глаз и кожи лица сварщика от вредного влияния излучения дуги и брызг металла. Изготавливают их из фибры или пластмассы. Размер и форма щитков и масок регламентированы ГОСТ 1361—69. За процессом сварки наблюдают через специальные стекла, изготовленные по ГОСТ 9497—60. Снаружи они прикрываются бесцветными стеклами для предохранения от брызг металла. Темные стекла-светофильтры выбирают в зависимости от величины сварочного тока.

Молоток, зубило, стальная щетка — это вспомогательный инструмент сварщика. Молоток с острыми и узкими рабочими поверхностями предназначен для удаления шлаковой корки, особенно с угловых или расположенных в узкой, глубокой разделке швов. Слесарный молоток используется для постановки личного клейма. Зубило применяют для вырубки дефек-

тных мест сварного шва. Стальная щетка используется для зачистки кромок перед сваркой и для удаления с поверхности шва остатков шлака.

Для измерения геометрических размеров сварных швов электросварщику выдают набор шаблонов, а для клеймения их — стальные клейма.

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Одним из главных элементов технологии дуговой сварки являются сварочные материалы. От правильного выбора сварочных материалов в значительной степени зависит качество сварных соединений. Разнообразие изделий и условий их эксплуатации приводит к тому, что приходится применять разнообразные марки сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов. Выбор сварочных материалов зависит, главным образом, от состава и свойств свариваемого металла или сплава.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Для дуговой сварки применяются неплавящиеся и плавящиеся сварочные материалы.

Неплавящиеся — это материалы, не участвующие в образовании металла шва: угольные, графитовые и вольфрамовые электроды.

Плавящиеся сварочные материалы участвуют в образовании сварного соединения, в частности металла шва. К ним относятся электроды для ручной сварки, проволоки стальные сварочные (сплошного сечения), порошковые проволоки, присадочные материалы (прутки, порошкообразные смеси и др.).

В меньшей степени участвуют в формировании состава швов флюсы и активные газы. К неучаствующим в образовании швов относятся инертные газы — аргон, гелий и др.

Плавящиеся сварочные материалы. Сварочную проволоку применяют в качестве электрода при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом, сварке в среде защитных газов и электрошлаковой сварке, используют в качестве приса-

дочного материала при сварке неплавящимся электродом. Сварочную проволоку применяют и для изготовления электродов для ручной дуговой сварки.

В последнее время начинают использовать сварочную проволоку, легированную редкоземельными элементами, для полуавтоматической и автоматической сварки открытой дугой без защиты флюсом или газами.

На стальную сварочную проволоку распространяются требования ГОСТ 2246—70. Этим стандартом предусматривается выпуск проволоки следующих номинальных размеров: 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 мм.

Всего в ГОСТ 2246—70 включено 75 марок проволоки. Все они по химическому составу разделены на три группы: 6 марок низкоуглеродистой проволоки, 30 — легированной, 39 — высоколегированной. Проволока маркируется буквами Св (сварочная) и сочетанием цифр и букв. Буквы обозначают легирующий элемент.

В обозначении марки проволоки две первые цифры показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, цифры после букв показывают среднее процентное содержание данного элемента.

В связи со все расширяющимся применением в сварных конструкциях алюминия и его сплавов разработан и действует ГОСТ 7871—63 «Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов». Этот ГОСТ распространяется на тянутую и прессованную проволоку 11 марок диаметром от 0,8 до 12 мм.

Для сварки меди и ее сплавов применяются медные проволоки марок М1, М2, М3 и из медных сплавов Бр КМц3-1, Бр АЖ9 и др.

Некоторые присадочные сварочные материалы могут изготавливаться литьем. Для сварки серого чугуна применяются прутки чугунные сварочные по ГОСТ 2671—70.

Кроме электродных проволок в качестве плавящегося электрода могут использоваться металлические ленты толщиной от 0,4 до 1,5 мм и шириной 20—100 мм.

Электроды для ручной дуговой сварки и наплавки по ГОСТ 9466—60 подразделяются на следующие классы:

для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей;

для сварки легированных теплоустойчивых сталей;

для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;

для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

ГОСТ 9466—60 устанавливает общие технические требования, размеры, требования к внешнему виду, допуски на эксцентricность покрытия, на механическую прочность и влагостойкость покрытия, правила приемки и методы испытания электродов, а также требования к содержанию паспорта электродов.

По типам электроды для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей, а также легированных теплоустойчивых сталей классифицируются по ГОСТ 9467—60:

5 типов электродов — для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей (Э34, Э42, Э42А, Э46, Э46А);

3 типа электродов — для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей (Э50, Э50А, Э55);

7 типов электродов — для сварки легированных сталей повышенной прочности (Э60, Э60А, Э70, Э85, Э100, Э125, Э145);

7 типов электродов — для сварки теплоустойчивых сталей (Э-М, Э-МХ, Э-ХМ, Э-ХМФ, Э-ХМФБ, Э-Х2МФБ, Э-Х5МФ).

ГОСТ 9467—60 также устанавливает четыре вида составов покрытий: рудно-кислородное (Р); рутиловое (Т); фтористокальциевое (Ф); органическое (О).

Конкретные марки электродов должны отвечать тому или иному типу электродов по ГОСТу. При этом каждому типу может соответствовать ряд различных марок электродов.

У электродов для сварки конструкционных сталей (углеродистых и легированных) не регламентируется химический состав. ГОСТ 9467—60 определяют только механические свойства металла шва и допустимые пределы содержания серы и фосфора в наплавленном металле. В обозначении типа электрода цифра, стоящая за буквой Э (электрод), характеризует прочность (временное сопротивление разрыву — кгс/мм² металла шва); буква А обозначает, что металл, наплавленный электродом данного типа, имеет повышенные пластические свойства (относительное удлинение — %, ударную вязкость — кгс·м/см²). Условное обозначение электродов должно включать наименование марки, типа электрода, диаметр и вид состава покрытия. Например, для электродов марки УОНИ-13/55 типа Э50А диаметр 4 мм с фтористокальциевым покрытием обозначение должно быть таким: УОНИ-13/55—Э50А—4,0 ГОСТ 9467—60. Классификация типов электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей по ГОСТ 9467—60, кроме механических свойств, регламентирует требования к химическому составу наплавленного металла как по основным легирующим элементам (углерод, кремний, марганец, хром, молибден, ванадий, ниобий), так и по вредным примесям (сера, фосфор).

Буквы, стоящие после Э, указывают на наличие определен-

ных легирующих элементов в наплавленном металле, а цифры — их содержание в процентах (если оно превышает 1%).

При содержании легирующего элемента менее 1% ставится только соответствующая буква. Например, электрод типа Э-Х5МФ обеспечивает получение металла шва с содержанием более 5% хрома, до 1% молибдена и ванадия.

Электроды для сварки высоколегированных сталей особыми свойствами должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10052—62, предусматривающего 27 типов электродов. Буква А, стоящая после Э, обозначает аустенитные, а буква Ф — ферритные электроды. Для каждого типа электродов этого класса регламентируются: химический состав наплавленного металла, механические свойства при температуре 20°С, а также для ряда типов — пределы содержания ферритной фазы в структуре и стойкость против межкристаллитной коррозии.

Неплавящиеся сварочные материалы. К неплавящимся электродам относятся угольные, графитовые и вольфрамовые. Материал неплавящегося электрода не должен участвовать в формировании состава наплавленного металла или металла шва. Основной задачей неплавящихся электродов является обеспечение устойчивого горения дуги при минимальном их расходе.

Угольные электроды изготавливаются из термоантрацита, нефтяного или каменноугольного кокса и песка. Электродные стержни из этих материалов получают путем прессования. Стержни могут иметь диаметр от 5 до 30 мм и длину 200—300 мм. Конец электродного стержня затачивается на конус под углом 60—70°.

Графитовые электроды изготавливаются из угольных посредством дополнительной термической обработки — графитизации при температуре 2000—2600°С. По химическому составу графитовые электроды чище, чем угольные. Они более электропроводны, меньше сгорают (окисляются) на воздухе при высоких температурах, поэтому можно производить сварку на больших токах. Угольные и графитные электроды применяются для сварки по способу Бенардоса, а также для дуговой резки.

Вольфрамовые электроды. Вольфрамовые стержни изготавливаются из порошка путем прессования и спекания его. Они могут использоваться при малых диаметрах, обеспечивая необходимую электропроводность и значительно большую механическую прочность. Вольфрамовые электроды применяются для дуговой сварки в инертных газах.

Защитные газы. Для защиты сварочной ванны от воздейст-

вия воздушной среды при дуговой сварке широко применяют инертные и химически активные защитные газы.

Наиболее универсальными инертными защитными газами являются аргон и гелий. Аргон и гелий не образуют с другими элементами химических соединений, поэтому они считаются инертными. В большинстве металлов эти газы практически неразстворимы.

Аргон — газ без цвета и запаха, добывается из воздуха как побочный продукт при производстве кислорода. В воздухе содержится 0,932% аргона, он тяжелее воздуха в 1,4 раза. Поставляется аргон различных сортов (А, Б, В) по ГОСТ 10157—62. Аргон сорта А предназначен для сварки химически активных металлов (титана, циркония, ниобия), сплавов на их основе, а также для сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом. Аргон сорта Б рекомендуется для сварки неплавящимся электродом сплавов алюминия и др., чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон сорта В рекомендуется для сварки нержавеющей сталей различных классов и некоторых других металлов.

Углекислый газ поставляют по ГОСТ 8050—64 в баллонах в жидком состоянии. В стандартный баллон емкостью 40 л заливается 25 кг жидкой углекислоты. При испарении 1 л жидкой углекислоты при 0°С и давлении 760 мм рт. ст. получается 506,8 л газа.

Вредной примесью в углекислом газе является влага. Для снижения влажности углекислого газа баллоны с углекислотой рекомендуется ставить вентилем вниз и после некоторого отстояния в перевернутом положении спускать воду. Наряду с питанием сварочных постов от баллонов используют газоразводящие магистрали от рамп с баллонами. Наиболее перспективен и экономичен способ безбаллонного снабжения сварочных постов углекислотой. При этом способе пересохлая углекислота транспортируется в специальных цистернах, переливается в стационарные емкости и через газификатор, где превращается в углекислый газ, подается в общезаводскую или цеховую магистраль к сварочным постам.

В настоящее время находят применение смеси углекислого газа с добавками. Смеси углекислого газа с 10—25% кислорода увеличивают производительность, стабилизируют процесс сварки и улучшают качество.

Флюсы для дуговой сварки плавящимся электродом должны удовлетворять следующим требованиям: создавать надежную защиту расплавленного металла сварочной ванны от вредного влияния кислорода и азота воздуха, обеспечивать совместно со

Проволока для сварки под флюсом

Марки проволоки	Марки флюса	Основное назначение
Св-08, Св-08А Св-08ГА	АН-348А ОСЦ-45 ФЦ-9	Для сварки низкоуглеродистых сталей типа Ст 3, ВСт 3, 10, 15, 20
Св-10Г2, Св-10ГА Св-08ГА	АН-348А ОСЦ-45 ФЦ-9	Для сварки среднеуглеродистых сталей типа Ст 5Гпс, ВСт 5Гпс, 35, 45
Св-12ГС	АН-348А ОСЦ-45 АН-60	Для сварки низколегированных сталей типа 09Г2, 12ГС
Св-10Г2	АН-348А ОСЦ-45 АН-60	Для сварки низколегированных сталей типа 09Г2С, 16ГФ, 20Г2С1
Св-18ХМА	АН-20 АН-22	Для сварки сталей типа 20ХГСА, 35ХГСА
Св-06Х14	АН-26	Для сварки сталей типа 40Х13, 30Х13
Св-13Х25Т	АН-26	Для сварки сталей типа 15Х25Т
Св-06Х18Н9Т Св-07Х18Н9ТЮ	АН-26	Для сварки аустенитных сталей типа 12Х18Н9Т, 08Х18Н10Т

Таблица 10

Проволока для дуговой сварки в среде углекислого газа

Марки проволоки	Основное назначение
Св-08ГСМТ Св-08ГС Св-08Г2С Св-08ХГ2С Св-18ХМА	Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей Для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей типа 45, 09Г2, 12ГС, 09Г2С, 10Г2С1 Для сварки однослойных швов на сталях, содержащих более 0,8—1,1% кремния
Св-18ХГС	Для сварки низколегированных сталей повышенной прочности
Св-08Х3Г2СМ Св-08ХГСА	Для сварки сталей типа 35ХГСА, 30ХГСА Для сварки теплоустойчивых сталей типа 15ХМ, 20ХМ
Св-08ХГСА Св-08Х14ГНТ Св-06Х18Н9Т Св-07Х18Н10Б Св-07Х18Н9ТЮ	Для сварки теплоустойчивых сталей типа 40ХМФА Для сварки хромистых сталей типа 12Х17, 30Х13 Для сварки коррозионноустойчивых сталей типа 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н10

сварочной проволокой требуемый химический состав и механические свойства металла шва, содействовать устойчивому горению дуги, обеспечивать получение качественного шва без пор, шлаковых включений, трещин и других дефектов.

Флюсы подразделяются: по назначению — на пассивные и активные; по химическому составу — на кислые и основные; по способу изготовления — на плавные и неплавные; по строению зерен — на стекловидные и пензевидные. Температура плавления флюсов 1000—1200°С.

Плавные флюсы в основном состоят из окиси кремния SiO_2 и закиси марганца MnO . Получаются эти флюсы из специально составленной шихты, расплавляемой в электрических или пламенных печах.

Наиболее распространенными марками плавных флюсов являются ОСЦ-45, АН-348А, ФЦ-9. Эти флюсы применяются для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Плавные флюсы дают незначительное легирование металла, в основном кремнием и марганцем. Поэтому при сварке легированных сталей для легирования шва применяется легированная электродная проволока. Для сварки легированных сталей обычно применяются флюсы марок АН-20, АН-26, АН-30.

Керамические флюсы состоят из шлакообразующих компонентов и ферросплавов. При изготовлении этих флюсов порошкообразные компоненты замешиваются на жидком стекле; из сырой массы приготавливается крупка пужной грануляции. Подсушенная и прокаленная крупка и является керамическим неплавным флюсом. Легирование металла шва при сварке с керамическими флюсами осуществляется легирующими компонентами — ферросплавами, входящими в состав флюса.

ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Электродные проволоки для дуговой сварки подразделяются: по назначению — для сварки сталей, цветных металлов и сплавов; по составу — углеродистые, легированные, высоколегированные и проволоки из цветных металлов и сплавов; по способу сварки — для сварки под флюсом (по слою флюса), в среде защитных газов, открытой дугой без дополнительной защиты.

В табл. 9—12 приведено соответственно основное назначение наиболее распространенных марок проволоки: для сварки сталей под флюсом; для сварки сталей в среде углекислого газа; проволоки из алюминия и алюминиевых сплавов; проволоки из меди и ее сплавов.

Таблица 11

Проволока для дуговой сварки алюминия и его сплавов

Марки проволоки	СвА97 СвА5С	СвАМц	СвАМг3 СвАМг5	СвАМг6 СвАМг7	СвАК12	СвАК10	СвАК5
Основной металл	АДО АД1	АМц	АМг3 АМг5	АМг6 АМг7	АЛ2	АЛ4	АЛ9

Таблица 12

Проволока для дуговой сварки меди и ее сплавов

Марки проволоки	Основное назначение
М1, Бр КМц3-1	Для сварки меди типа М1, М2 и латуней типа Л62
Бр ОЦ4-3	Для сварки латуней типа Л62, ЛС59-1
Бр АЖМц10-3-1,5	Для сварки бронз типа Бр АЖМц-10-3-1,5
Бр АЖ9-4	Для сварки бронз типа Бр АЖ9-4/1

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Общие сведения и свойства электродов. Электрод для ручной дуговой сварки представляет собой металлический стержень с покрытием, состоящим из тонкоизмельченных компонентов.

Металлический стержень, являясь проводником электрического тока, расплавляется при сварке и участвует в образовании металла шва. В зависимости от назначения и состава покрытия для изготовления стержней электродов применяются проволоки различного химического состава: проволока стальная сварочная по ГОСТ 2246—70, проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов по ГОСТ 7871—63, проволока из меди и медных сплавов и др.

Для улучшения горения сварочной дуги, для улучшения процесса сварки и качества металла шва на электродные стержни наносятся покрытия. Толщина слоя покрытия зависит от диаметра электродного стержня и от состава самого покрытия. При определении диаметра электрода толщина слоя покрытия не учитывается. Диаметр электрода определяется по диаметру электродного стержня.

В состав электродного покрытия входят шлакообразующие, газообразующие, раскисляющие, легирующие, стабилизирующие, связующие компоненты. Такое деление компонентов является условным, так как некоторые компоненты одновременно могут выполнять несколько функций.

Эффективность защиты металла зависит от количества и объема шлака и газов, образующихся при сварке за счет расплавления и разложения компонентов покрытия.

На процесс сварки и формирование шва значительное влияние оказывают физические свойства шлаков. Физические свойства шлака определяются: удельным весом, вязкостью, температурой и скоростью затвердевания, газопроницаемостью.

Одним из важных технологических свойств электродов является возможность проведения сварки во всех пространственных положениях шва. Это определяется в основном свойствами сварочных шлаков, образующихся при расплавлении покрытия.

Электроды характеризуются по химическому составу и механическим свойствам наплавленного ими металла. К основным механическим свойствам наплавленного металла относятся: временное сопротивление разрыву, кгс/мм²; относительное удлинение, %; ударная вязкость, кгс·м/см².

Наряду с обеспечением получения наплавленного металла необходимого химического состава и механических свойств, электроды должны обладать достаточно хорошими сварочно-технологическими свойствами.

Сварочно-технологические характеристики электродов включают в себя стабильность горения дуги на постоянном (при прямой или обратной полярности) или переменном токе; спокойное и равномерное расплавление электродного стержня и покрытия; возможность выполнения сварки при различном расположении швов в пространстве; минимальное разбрызгивание электродного металла и высокую производительность сварки; возможность получения хорошо сформированных швов с мелкочешуйчатой наружной поверхностью и плавными переходами от шва к расплавляемым кромкам основного металла, обеспечение легкой удаляемости с поверхности швов шлака; достаточную стойкость покрытий против механических повреждений; минимальную токсичность (выделение вредных газов и пылевидных частиц) при сварке.

Сварочно-технологические свойства электродов и качество наплавленного металла обеспечиваются как составом электродных стержней, так и составом электродных покрытий.

Электроды общего назначения для дуговой сварки конструкционных углеродистых и низколегированных сталей. Наиболее

Основное назначение и краткая характеристика электродов общего назначения для дуговой сварки конструкционных сталей

Марки электродов	Типы электродов по ГОСТ 9467-60	Виды составов покрытий по ГОСТ 9467-60	Коэффициент η , А.ч	Основные назначения	Пространственное положение сварки	Род тока
1	2	3	4	5	6	7
ОМА-2		Органическое	9,0—10,0	Для сварки низкоуглеродистых сталей марок Ст 3, 08, 10, 15, 20 малых толщин	Во всех пространственных положениях	
АНО-1	Э42		14,0—16,0	Для сварки низкоуглеродистых сталей марок Ст 3, 08, 10, 15, 20 и низколегированных сталей типа 09Г2	В нижнем положении	Переменный и постоянный прямой или обратной полярности
АНО-5		Рутильное	10,5—11,5	Для сварки низкоуглеродистых сталей марок Ст 3, 08, 10, 15, 20	Во всех пространственных положениях	
АНО-6*			8,5—9,0			
ОЗС-6			11,0—12,5			
АНО-4			8,0—8,5			
АНО-3	Э46		8,0—9,0			
ОЗС-4			8,5—9,3			
АНО-12			8,0—8,5			
МР-3			8,5—9,0			

* Покрытие АНО-6 — ильменитное

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
УОНИ-13/45	Э42А		9,0—10,0	Для сварки низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных сталей марок 12ГС, 09Г2	Во всех пространственных положениях	Постоянный обратный полярности
АНО-8	Э46А		9,0—10,0			Переменный и постоянный обратный полярности
УП-1/45	Э42А		9,0—10,0			Постоянный обратный полярности
УОНИ-13/55			8,5—9,5			
АНО-7			9,0—10,0			
УП-1/55			10,0		Во всех пространственных положениях	
К-5А	Э-50А	Фтористо-кальциевое	10,0	Для сварки среднеуглеродистых сталей Ст 5, 35, 45 и низколегированных сталей 15ГФ, 10Г2С1, 09Г2С		
УП-2/55У						
АНО-9			8,5—9,5			Переменный и постоянный обратный полярности
			9,5—10,0		Сварка вертикальных швов способом сверху вниз	

1	2	3	4	5	6	7
АНО-10			На постоянном токе 12,0—13,0 на переменном токе 10,0—11,0		В нижнем положении	
УОНИ-13/65 НИАТ-3М	360А 385		8,5—9,5 9,0—10,0	Для сварки среднеуглеродистых сталей Ст 5, 45 и низколегированных хромистых, хромокремнемарганцевых сталей 20Х, 40Х, 30ХГСА	Во всех пространственных положениях	Постоянный обр. ратной полярности
УОНИ-13/85	385		9,5—10,5	Для сварки сталей 30ХГСА, 30ХГСН2А (30ХГСНА), 20ХГСА и им подобных		

Таблица 14

Механические свойства металла шва при дуговой сварке конструкционных сталей в соответствии с ГОСТ 9467 — 60 (минимальные значения)

Марки электродов	ОМА-2, АНО-1, АНО-5, АНО-6	УОНИ-13/45, УП-1/45	АНО-3, АНО-4, МР-3, ОЗС-4, ОЗС-6	АНО-8	УОНИ-13/55, УП-1/55, АНО-7, АНО-9, АНО-10, УП-2/55У, К-5А	УОНИ-13/65	НИАТ-3М, УОНИ-13/85
Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	42	42	46	46	50	60	85
Относительное удлинение, %	18	22	18	22	20	18	12
Ударная вязкость, кгс·м/см ²	8	14	8	14	13	10	5

распространенные марки, типы электродов, их основное назначение и краткая характеристика приведены в табл. 13. Механические свойства металла, наплавленного электродами общего назначения, приведены в табл. 14.

Электроды с органическим покрытием. Это покрытие состоит, главным образом, из органических материалов (целлюлозы, крахмала, пищевой муки и др.), которые в процессе разложения в дуге обеспечивают газовую защиту расплавленного металла. Шлакообразующими являются рутил, доломит, мрамор, известняк, титановый концентрат, марганцевая руда, слюда и др.; раскислителем — ферромарганец. Электроды с органическим покрытием имеют небольшое разбрызгивание металла, малое количество шлака и пригодны для сварки во всех пространственных положениях. По механическим свойствам металла шва электроды с органическим покрытием соответствуют типу Э42. К электродам с органическим покрытием относятся электроды марок ОМА-2, ВСЦ-4, ВСЦ-4А.

Электроды с рудно-кислым покрытием. В состав рудно-кислого покрытия входят окислы железа и марганца (обычно в виде руд — гематит, марганцевая руда), кремнезем, титановый концентрат и значительные количества ферромарганца. Газовая защита расплавленного металла обеспечивается разложением органических составляющих покрытий (целлюлозы, древесной муки, крахмала, декстрина).

Электроды с рудно-кислым покрытием не рекомендуется применять для сварки сталей, имеющих повышенное содержание

серы и углерода, так как металл шва, выполненный этими электродами, чувствителен к образованию кристаллизационных трещин. Недостатками этих электродов являются повышенное разбрызгивание металла и выделение в процессе сварки марганцовистых соединений, вредно влияющих на организм человека. По механическим свойствам металла шва электроды с рудно-кислым покрытием относятся к типу Э42. К электродам с рудно-кислым покрытием относятся электроды марок ОММ-5, ЦМ-7.

Электроды с рутиловым покрытием. Рутиловое покрытие в своем составе содержит рутил, гранит, полевой шпат, слюду, магнезий, ферромарганец и др.

Рутиловое покрытие обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва, легкое отделение шлаковой корки со шва, минимальное разбрызгивание. Выделение вредных газов при сварке небольшое. Электроды с рутиловым покрытием позволяют вести сварку во всех пространственных положениях как на переменном, так и на постоянном токе. Эти электроды мало склонны к образованию пор при изменении длины дуги или при сварке по окисленным поверхностям. По механическим свойствам металла шва электроды с рутиловым покрытием относятся к типу Э42—Э46. К ним относятся электроды марок АНО-3, АНО-4, МР-3, ОЗС-4, АНО-8, АНО-12 и др.

Для увеличения производительности сварки в состав рутиловых покрытий вводят железный порошок. К электродам, содержащим в составе покрытия значительное количество железного порошка, относятся электроды марки АНО-1. Они имеют увеличенную толщину покрытия и позволяют производить сварку в нижнем положении.

Электроды с фтористокальциевым покрытием. В состав фтористокальциевого покрытия входят: мрамор, мел, известняк, доломит, плавиковый шпат, а также ферросплавы — ферромарганец, ферросилиций, ферротитан. Электроды с фтористокальциевым покрытием применяют при сварке постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях.

Металл шва, выполненный этими электродами, стоек против образования кристаллизационных трещин, имеет высокие показатели ударной вязкости. Поэтому эти электроды пригодны для сварки особо ответственных конструкций, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях. Электроды с фтористокальциевым покрытием очень чувствительны к окалине, ржавчине, маслу на кромках свариваемых изделий, а также к влаге покрытия и удлинению дуги. В этих случаях будут образовываться поры.

Электроды для дуговой сварки высоколегированных сталей

с особыми свойствами. Некоторые марки электродов, их основное назначение и краткая характеристика приведены в табл. 15.

Электроды для сварки чугуна (табл. 16). В основном для сварки чугуна применяются электроды марок ОЗЧ-1, МНЧ-1, ЦЧ-4, ЦЧ-3А. Стержень электрода может быть изготовлен из стальной сварочной проволоки, медной проволоки и ее сплавов, а также из некоторых проволок легированных сталей.

Электроды для сварки цветных металлов и их сплавов (табл. 16). Наиболее широкое применение нашли электроды марок ОЗА-1 для сварки и наплавки деталей из чистого алюминия, ОЗА-2 — для сварки и наплавки алюминиевокремнистых сплавов, «Комсомолец-100» — для сварки и наплавки чистой меди.

Порошковые проволоки для дуговой сварки

Порошковая проволока представляет собой непрерывный трубчатый электрод, заполненный внутри порошком-шихтой. Проволока может быть и более сложной конструкции. Сихта образует сердечник проволоки. Порошковая проволока изготавливается на специальном станке путем непрерывного сворачивания в трубку низкоуглеродистой ленты из стали марки 08КП и протягиванием через фильеры (волоки) с одновременным заполнением трубки порошкообразной смесью-шихтой. Для уплотнения сердечника и уменьшения диаметра порошковую проволоку протягивают последовательно через несколько фильер различного диаметра. Сихта сердечника проволоки состоит из смеси минералов, руд, ферросплавов металлических порошков, химикатов и других материалов. Назначение различных составляющих сердечника такое же, как и электродных покрытий, — защита расплавленного металла от вредного влияния воздуха, раскисление, легирование металла, стабилизация горения дуги и др. Составляющие сердечника должны, кроме того, удовлетворять общепринятым требованиям, предъявляемым ко всем сварочным материалам: обеспечивать формирование швов, легкую отделимость шлаковой корки, провар основного металла, минимальное разбрызгивание, отсутствие пор, трещин, шлаковых включений и других дефектов, определенные механические свойства швов и сварных соединений и т. д. Порошковые проволоки используются для сварки без дополнительной защиты зоны сварки (самозащитные проволоки), а также в защитных газах и под флюсом. В настоящее время наибольшее распространение полу-

Основное назначение и краткая характеристика электродов для дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами

Марки электродов	Типы электродов по ГОСТ 10052-82	Рекомендуемая сварочная проволока стержней электродов по ГОСТ 2246-70	Коэффициент наплавления, %/А. ч	Основное назначение	Пространственное положение сварки	Род тока
1	2	3	4	5	6	7

ОЗЛ-14 ЭА-1 Св-01Х19Н9 9,0—11,0

Переменный и постоянный обратный полярности

Для сварки коррозионностойких сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9Т и им подобных Во всех пространственных положениях

ОЗЛ-8 ЭА-1а 10,0—12,0
 ЦЛ-11 ЭА-1Б 10,0—11,0
 НИАТ-1 ЭА-1М2 10,0—11,0
 ЦЛ-4 — 10,0—12,0

ОЗЛ-6 ЭА-2 Св-07Х25Н13 11,0—12,0

Постоянный обратный полярности
 В нижнем и вертикальном положении. Допускается сварка в потолочном положении

Для сварки сталей марок 15Х25Т, 20Х23Н13, 20Х23Н18 и им подобных

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

ОЗЛ-9А — Св-30Х25Н16Г7 13,0—14,0

Постоянный обратный полярности
 В нижнем и вертикальном положении

Для сварки сталей марок 20Х23Н18, 36Х18Н25С2 и им подобных

ЦЛ-9 ЭА-2Б

Для сварки двухслойного металла из сталей марок типа СтЗ и 12Х18Н9Т со сторонами легированного слоя

Постоянный обратный полярности

Во всех пространственных положениях

УОНИ-13/НЖ ЭФ-Х13

Св-12Х13 10,0—12,0

Для сварки хромистых сталей 12Х13, 20Х13, 12Х17 и им подобных

Таблица 16

Основное назначение и краткая характеристика электродов для дуговой сварки и наплавки чугуна, меди, алюминия и алюминиевых сплавов

Марки электродов	Рекомендуемая проволока стержней электродов	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Основное назначение
ЦЧ-4	Св-08, Св-08А ГОСТ 2246—70	9—11	Для сварки и наплавки без подогрева деталей из серого и высокопрочного чугуна и заварки дефектов в отливках
ЦЧ-3А	Св-08Н50 ГОСТ 2246—70	11—12	Для сварки и наплавки высокопрочного магниевого чугуна без подогрева
МНЧ-1	МНЖМц 28—2, 5—1,5 (модель) ГОСТ 492—52 МНМц—40—1,5 (константан) ГОСТ 5307—69	11—12	Для сварки и наплавки чугуна без подогрева
ОЗЧ-1	Медь М7 ГОСТ 2112—62 Медь М1, М2 ГОСТ 859—66	13—14	
ОЗА-1	Св-А5С; Св-А97 ГОСТ 7871—63	6,25—6,50	Для сварки и наплавки деталей из чистого алюминия типа АД0, АД1
ОЗА-2	Св-АК5 ГОСТ 7871—63	6,25—6,50	Для заварки брака литых и наплавки алюминиспо-кремнистых сплавов типа АЛ-2, АЛ-9, АЛ-4
«Комсомолец-100»	МТ ГОСТ 2112—62 М1; М2 ГОСТ 859—66	13,5—14,75	Для сварки и наплавки чистой меди

Примечание. Сварка производится постоянным током обратной полярности электродами ЦЧ-4, ЦЧ-3А, ОЗА-1, ОЗА-2, «Комсомолец-100» в нижнем положении, а электродами МНЧ-1, ОЗЧ-1 — в нижнем, вертикальном и полупоточном положениях.

чили порошковые проволоки для сварки в углекислом газе и самозащитные. В зависимости от состава сердечника проволоки делятся на рутил-органические, рутиловые, карбонатно-флюоритные, флюоритные (табл. 17).

Таблица 17

Основное назначение и краткая характеристика порошковых проволок для дуговой сварки сталей

Марка проволоки	Основное назначение	Краткая характеристика
1	2	3

ПП-АНЗ
(самозащитная, карбонатно-флюоритного типа)

Для полуавтоматической и автоматической сварки низкоуглеродистых конструкционных сталей Ст3, 08, 10, 15, 20 и низколегированных сталей 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г, 19Г и др. в нижнем и наклонном положениях. Полуавтоматическую сварку рекомендуется применять при изготовлении конструкций со швами средней протяженности калибром 5—10 мм различной конфигурации, не требующих резких перегибов и скручивания шланга, которые могут нарушить подачу проволоки. Применяется взамен электродов с покрытием фтористокальциевого типа УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УП-1/55 и др.

Изготавливается двухслойной конструкции диаметрами 3 и 2,8 мм. Проволока ПП-АНЗ обеспечивает механические свойства металла шва и сварного соединения в соответствии с требованиями ГОСТ 9467—60, предъявляемыми к электродам типа Э50А. Проволока ПП-АНЗ по сравнению с электродами фтористокальциевого типа менее токсична и применение ее взамен указанных электродов с диаметром стержня 4—6 мм дает повышение производительности сварки в 1,5—2 раза, снижение стоимости сварочных работ — в 1,3—1,6 раза. Недостаток проволоки — повышенная гигроскопичность сердечника, что требует обязательного применения герметичной упаковки. Коэффициент наплавки — 13—20 г/А·час.

ПП-АН7
(самозащитная, карбонатно-флюоритного типа)

Для полуавтоматической сварки открытой дугой конструкции из низкоуглеродистых сталей 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г, 19Г и др. в нижнем положении и на вертикальной плоскости. Рекомендуется для сварки металла толщиной более 3 мм. Применяется взамен электродов с покрытием фтористокальциевого типа УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УП-1/55 и др.

Изготавливается двухслойной конструкции диаметром 2 и 2,3 мм. При сварке во всем диапазоне рекомендуемых режимов обеспечиваются свойства металла шва и сварного соединения на уровне, соответствующем свойствам электродов типа Э50А. Так же, как и проволоку ПП-АНЗ, ее рекомендуется хранить герметично упакованной. Коэффициент наплавки — 14—18 г/А·час.

ПП-АН8
(рутилового типа, в среде CO₂)

Для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа конструкций из низкоуглеродистых сталей типа Ст3, 08, 10, 15, 20 и низколегированных сталей типа 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНД в нижнем, наклонном и горизонтальном положениях.

Изготавливается диаметрами 2, 2,2, 2,5 и 3 мм. Плавящиеся проволоки сопровождается мелкокапальным переносом металла. Сварка проволокой характеризуется высокой стабильностью процесса и незначительным разбрызгиванием металла.

1	2	3
	зонтальном пространственных положенниях постоянным током обратной полярности и переменным током от мощных источников ТСД-500, ТСД-1000 и др. Применяется взамен электродов УОНИ-13/55, УОНИ-13/45 и др., а также взамен проволоки Св08Г2С	талла. Проволока ПП-АН8 позволяет получать швы благоприятной формы с отличным внешним видом. По механическим свойствам металла шва и сварного соединения проволоку ПП-АН8 относят к типу Э-50А. Коэффициент наплавки — 13—22 г/А·час.

ПП-АН11
(самозащитная, карбо-
нато-флюо-
ритного типа)

Для полуавтоматической сварки конструкций из низкоуглеродистых конструкционных и низколегированных сталей во всех пространственных положениях. Рекомендуется для сварки металла толщиной более 3 мм. Применяется взамен электродов с покрытием фтористого типа УОНИ-13/35, УОНИ-13/45, УП-1/55 и др. диаметром 4—5 мм

ПП-ЭПС-15/2

Для полуавтоматической сварки металлоконструкций из низкоуглеродистых конструкционных и низколегированных сталей в нижнем положении.

ПП-2ДСК
(самозащитные, карбо-
нато-флюо-
ритного типа)

Применяются взамен электродов с покрытием фтористого типа УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др.

Изготавливается двухслойной конструкции диаметрами 2 и 2,4 мм. В проволоке отсутствуют гигроскопичные материалы, содержится большое количество газообразующих компонентов. Композиция сердечника позволяет получить шлак, препятствующий стеканию металла с вертикальной плоскости. Проволокой ПП-АН11 можно выполнять сварку вертикальных швов способом сверху вниз. Механические свойства металла шва и сварного соединения, выполненные проволокой ПП-АН11, отвечают требованиям ГОСТ 9467—60, предъявляемым к электродам типа Э50А или Э55А.

Изготавливается с загибом двух кромок ленты внутрь диаметрами 2,4—2,6 мм.

Изготавливается с загибом одной кромки ленты диаметром 2,3 мм.

Сварка производится на повышенном вылете проволоки из наконечника горелок. Механические свойства металла шва и сварного соединения, выполненные проволоками ПП-ЭПС-15/2 и ПП-2ДСК, отвечают требованиям ГОСТ 9467—60, предъявляемым к электродам типа Э50А

Таблица 18

Механические свойства металла шва и сварного соединения, выполненных порошковыми проволоками для сварки

Марки порошковой проволоки	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение при разрыве, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ²	Угол загиба, град
ПП-АН1	46	16—26	6—12	120—180
ПП-АН3	50—56	24—30	14—18	150—180
ПП-АН7	50—55	21—26	13—17	150
ПП-АН11	52—56	23—28	14—18	—
ПП-ЭПС-15/2	50—55	20—25	13—17	—
ПП-2ДСК	48—52	22—30	14—17	—
ПП-АН8	50—53	27—32	14—20	180
ПП-АН4	50—58	22—23	13	180

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ШВЫ

ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Соединение металлических частей, выполненное с помощью сварки, называется сварным.

Сварные соединения бывают стыковыми, угловыми, тавровыми и нахлесточными. Конструктивные элементы подготовки кромок деталей под сварку для всех типов соединений регламентированы: при ручной электродуговой сварке — ГОСТ 5264—69, при полуавтоматической сварке под флюсом — ГОСТ 8713—70 и при электродуговой сварке в защитных газах — ГОСТ 14771—69.

Стыковые соединения (рис. 14, а) могут быть без скоса кромок и со скосом одной или двух кромок свариваемых деталей. При ручной дуговой сварке подготовку кромок выполняют при толщине более 6 мм — односторонний шов и более 8 мм — при двустороннем шве. Наиболее просты и экономичны стыковые соединения без скоса кромок. Они имеют высокие показатели прочности при любом характере нагрузок и широко применяются в ручной дуговой, полуавтоматической сварке в среде защитных газов, плавящимся и неплавящимся электродом.

По форме подготовки кромок стыковые соединения бывают с V-образным, прямолинейным и криволинейным скосом одной или двух кромок, с К-образным симметричным и несимметричным скосом одной кромки, с Х-образным прямолинейным и криволинейным скосом двух кромок.

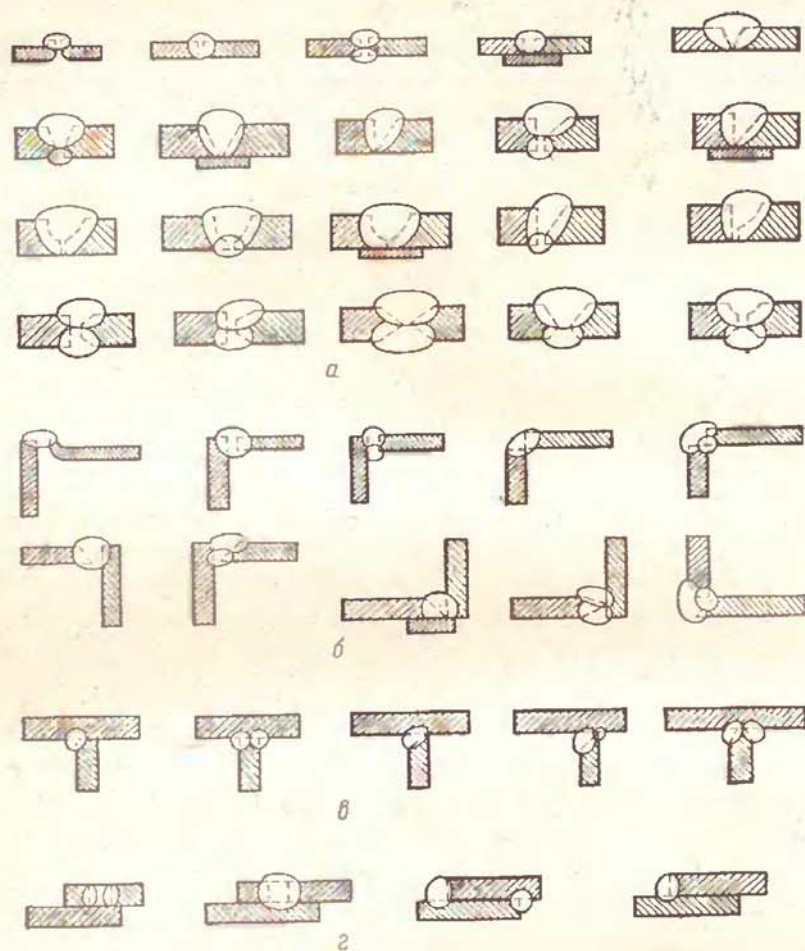


Рис. 14. Типы сварных соединений:

а — стыковые; б — угловые; в — тавровые; г — нахлесточные

Стыковые соединения могут иметь односторонние и двусторонние швы, могут выполняться на медной съемной или остающейся подкладке. Если конструктивно соединение выполнено так, что основной металл одной из деталей выполняет роль подкладки, соединение называют замковым.

В малоответственных конструкциях применяются стыковые соединения с отбортовкой, которые выполняют чаще всего неплавящимся электродом в среде защитных газов.

Угловые соединения (рис. 14, б) являются довольно распространенными. Они могут быть без скоса и со скосом кромок. Скос обычно производят на одной детали с одной или двух сторон. Возможен также односторонний скос двух кромок. Швы угловых соединений могут быть односторонними и двусторонними. Соединения с односторонними швами не рекомендуется применять при действии на них переменных и ударных нагрузок или, если вершина шва оказывается в растянутой зоне, при изгибе. Угловые соединения с двусторонними швами обладают достаточно высокой прочностью при статических нагрузках, а также относительно большой прочностью при знакопеременных нагрузках. Угловые соединения практически выполняются всеми способами сварки.

Тавровые соединения. Некоторые типы тавровых соединений приведены на рис. 14, в. Эти соединения по форме подготовки кромок свариваемых деталей бывают без скоса, с одним и двумя скосами одной кромки. Тавровые соединения могут быть односторонними и двусторонними. Тавровые соединения обладают высокой прочностью особенно при статических нагрузках. Соединения со скосом кромок имеют достаточно высокие показатели прочности при действии любых нагрузок. Этот тип соединения может также применяться для всех разновидностей электродуговой сварки.

Нахлесточные соединения (рис. 14, г) обычно не требуют специальной подготовки кромок и при сборке одна деталь накладывается на другую. Однако расход основного металла и электродов в этом случае больше. Прочность нахлесточных соединений под действием переменных и ударных нагрузок меньше прочности стыковых соединений с полным проваром сечения. Швы нахлесточных соединений могут быть односторонними и двусторонними. К нахлесточным относятся соединения, выполняемые через отверстия или лапы. Эти соединения хорошо работают на срез, но применять их при знакопеременных и ударных нагрузках не рекомендуется.

ВИДЫ СВАРНЫХ ШВОВ

Часть сварного соединения, образовавшуюся в результате плавления кромок свариваемых металлов и электрода и непосредственно осуществляющую связь свариваемых частей, называют швом. Сварные швы классифицируют по типу соединения,

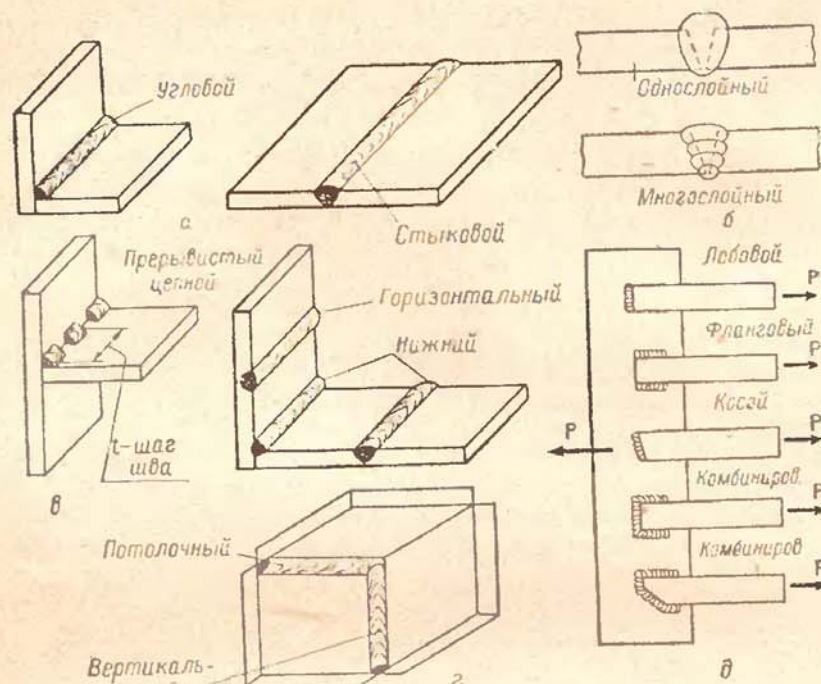


Рис. 15. Виды сварных швов

числу слоев, протяженности, расположению в пространстве, отношению к действующим усилиям (рис. 15).

По типу соединения швы делятся на стыковые и угловые. Стыковые швы применяют при соединении частей металла стык, угловые — при выполнении тавровых, угловых и нахлесточных соединений.

Швы делятся на однослойные и многослойные. Однослойный шов выполняется за один проход, многослойный — за два прохода и более.

По протяженности сварные швы бывают непрерывные и прерывистые. Прерывистые характеризуются шагом шва. По расположению в пространстве швы разделяют на цижные, вертикальные, горизонтальные и потолочные. По отношению к действующим усилиям швы делятся на лобовые, фланговые, косые и комбинированные.

Геометрия швов. Геометрическая форма сварного шва, в зависимости от типа соединения, характеризуется параметрами: шириной шва — e или катетами шва — k , усилением или высотой шва — d (рис. 16). Размеры швов и предельные отклонения их при различных способах сварки должны соответствовать требо-

56

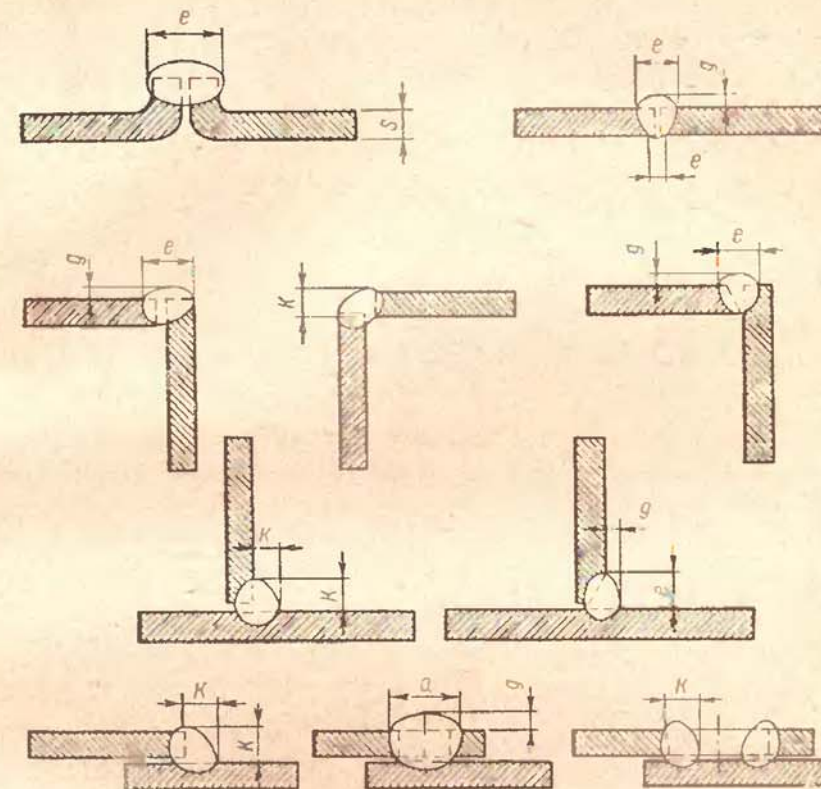


Рис. 16. Элементы геометрической формы шва

ваниям ГОСТ 5264—69, ГОСТ 8713—70 и ГОСТ 14771—69, которые устанавливают также условные знаки и буквенно-цифровые обозначения для различных способов сварки.

ТЕХНИКА ДУГОВОЙ СВАРКИ

ТЕХНИКА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Процесс сварки начинается с зажигания дуги. Зажигание дуги производится кратковременным прикосновением конца электрода к изделию. Электрод подводится перпендикулярно к сва-

риваемой детали и после быстрого касания отводится вверх, либо электроду сообщается движение, подобное движению зажигаемой спички. Для надежного зажигания дуги сварщик должен отводить электрод от изделия на высоту не более 3—5 мм, так как при большом расстоянии между концом электрода дуга не возбуждается.

В случае обрыва дуги зажигают вновь несколько впереди обрыва, на еще не сваренном металле, после чего следует вернуться к месту, где произошел обрыв, и продолжать сварку.

Ведение дуги производится таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок и отложение требуемого количества наплавленного металла при хорошем формировании шва. Это достигается поддержанием постоянства длины дуги и соответствующим перемещением конца электрода. Расстояние между концом электрода и сварочной ванной называют длиной дуги. Нормальной длиной дуги при ручной дуговой сварке считают:

$$lg = (0,5—1,2) d_{эл},$$

где $d_{эл}$ — диаметр электрода. Для поддержания постоянства длины дуги сварщик должен равномерно, по мере расплавления, подавать электрод к изделию. Чрезмерное уменьшение длины дуги ухудшает формирование шва и может привести к короткому замыканию. Чрезмерное увеличение длины дуги приводит к снижению глубины провара, увеличению разбрызгивания металла и ухудшению качества шва как по форме, так и по механическим характеристикам. При сварке электродами с покрытием фтористо-кальциевого типа увеличение длины дуги приводит к пористости металла шва.

При подаче электрода только по его оси и перемещении его вдоль шва прямолинейно, без колебательных движений, получается «узкий», или «ниточный» валик. При оптимальной скорости движения вдоль шва ширина «ниточного» валика должна составлять:

$$b = (0,8—1,5) d_{эл},$$

где b — ширина валика, $d_{эл}$ — диаметр электрода.

«Ниточный» валик накладывают при проваре корня шва, сварке тонких листов и др.

В сварочной практике наибольшее применение находят уширенные валики. Для образования уширенного валика электроду сообщают поперечные колебательные движения. Поперечные колебания должны осуществляться с постоянной частотой и амплитудой и совмещаться с поступательным движением вдоль шва и оси электрода. Основные виды поперечных движений конца электродов приведены на рис. 17. В процессе колебания

электрода середины пути проходят быстро, задерживая электрод по краям. Такое изменение скорости колебания электрода обеспечивает лучший провар по краям. Одинаковая ширина валика достигается одинаковыми поперечными колебаниями. Ширина валика при сварке не должна быть более 2—3 диаметров электрода.

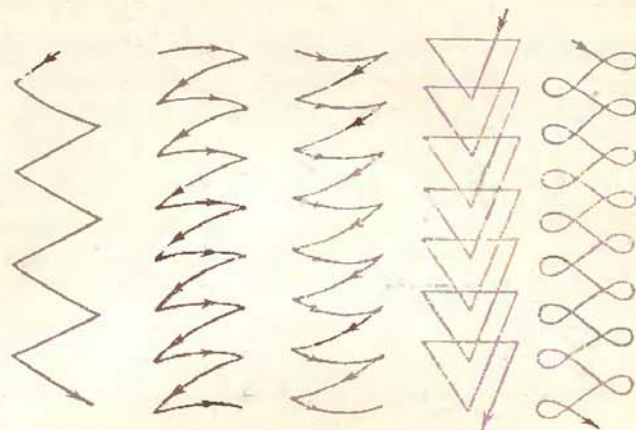


Рис. 17. Виды поперечных движений конца электрода при наплавке уширенных валиков

Сварка выполняется вертикально расположенным электродом или при его наклоне относительно шва, углом вперед или назад (рис. 18). Обычно угол наклона электрода к плоскости свариваемого металла составляет 70—85°.

Режим ручной дуговой сварки. Под режимом сварки понимают совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров и формы. При ручной дуговой сварке такими основными характеристиками-параметрами режима сварки являются диаметр электрода, величина сварочного тока, напряжение на дуге, род и полярность тока, скорость сварки.

Одним из главных параметров режима сварки является диаметр электрода, так как выбор диаметра электрода в значительной мере предопределяет и другие характеристики режима.

Диаметр электрода при сварке стыковых швов обычно выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей. Примерная зависимость между толщиной свариваемого металла и диаметром электрода следующая:

Толщина свариваемого металла, мм	2	3	4—6	6—8	9—15	16—20	>20
Диаметр электрода, мм	2	3	3 4	4—5	5	5—6	6—8

Чаще всего в промышленности используются электроды диаметром от 2 до 8 мм. При сварке многослойных швов первый

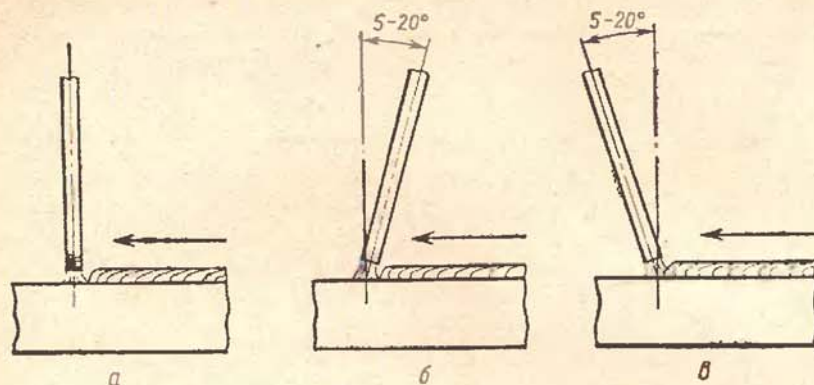


Рис. 18. Положение электродов при сварке:
а — вертикально; б — углом вперед; в — углом назад

слой должен выполняться электродами не более 5 мм (чаще всего 4 мм), так как применение электродов больших диаметров не позволяет проникнуть в глубину разделки для провара корня шва. Марку электрода выбирают в зависимости от химического состава стали, от ее механических свойств, а также от требований, предъявляемых к сварному шву. Обычно тип электродов должен указываться в чертежах на сварную деталь, узел или конструкцию или может также указываться в технических условиях на изготовление данного изделия.

Тип электрода должен выбираться с таким расчетом, чтобы прочность металла сварного шва не была ниже прочности свариваемого металла. Так, например, если свариваемый металл имеет предел прочности 44 кгс/мм², то для сварки должны быть взяты электроды типа Э46, такие, как АНО-3, АНО-4, и др.

После выбора диаметра и марки электрода определяют величину сварочного тока, которая при дуговой сварке является одним из важнейших элементов технологического процесса, влияющих на производительность сварки и качество сварного соединения. Величину сварочного тока выбирают в зависимости от диаметра электрода. Для электродов диаметром 2—4 мм она составляет 30—40 А на 1 мм диаметра стержня, а для электродов 4—6 мм — 40—60 А на 1 мм диаметра стержня. Правильно подобранная величина сварочного тока гарантирует хороший провар и высокое качество сварного шва. При этом сварной шов имеет усиление небольшой высоты и плавный переход к основному металлу.

Чрезмерно большой сварочный ток так же, как и чрезмерно малый, приводит к получению дефектного шва. При большом

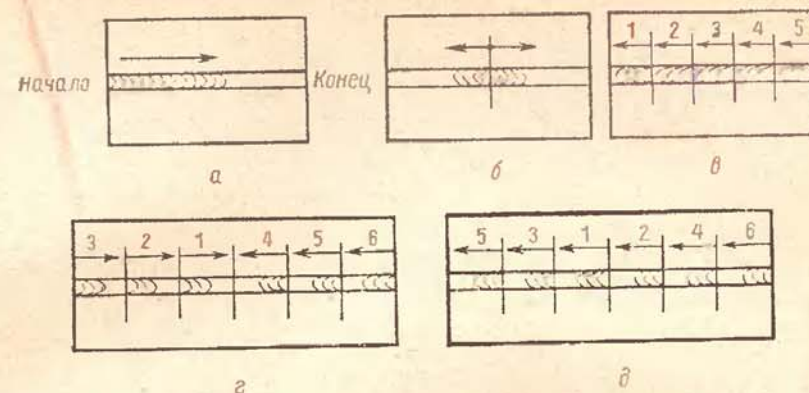


Рис. 19. Схема сварки швов различной протяженности:
а — сварка коротких швов (на проход); б — сварка швов средней длины от середины к концам шва; в — сварка швов средней длины обратноступенчатым способом от одного конца шва к другому; г — сварка длинных швов обратноступенчатым способом от середины к концам шва; д — сварка длинных швов обратноступенчатым способом от одного конца шва к другому (вразброс)

сварочном токе могут быть прожоги основного металла и подрезы — подплавления свариваемых деталей в месте их перехода к металлу шва. Завышенный сварочный ток усиливает нагрев электродного стержня. При перегреве стержня растрескивается и осыпается покрытие, сильно возрастают потери на разбрызгивание, ухудшается формирование шва.

При ручной дуговой сварке на глубину провара напряжение оказывает незначительное влияние, при возрастании напряжения увеличивается ширина шва.

Способы сварки швов различной протяженности и многослойных швов. Способы выполнения швов зависят от их длины и толщины свариваемого металла. Швы длиной от 250 до 300 мм условно считают короткими, длиной от 300 до 1000 мм — средними и более 1000 мм — длинными. Короткие швы сваривают от начала к концу в одном направлении (рис. 19, а). Швы средней длины сваривают участками, длина которых в зависимости от толщины свариваемого материала подбирается от 100 до 350 мм, так, чтобы каждый участок мог быть сварен целым числом электродов (двумя, тремя и т. д.). Сварку участков производят от середины к концам (рис. 19, б) или обратноступенчатым способом (рис. 19, в). Длинные швы также свариваются обратноступенчатым способом либо участками вразброс (рис. 19, г, д).

Сущность сварки обратноступенчатым способом заключается в том, что весь шов разбивается на короткие участки длиной от 100 до 300 мм, и сварка на каждом участке выполняется в направлении, обратном общему направлению сварки, с таким

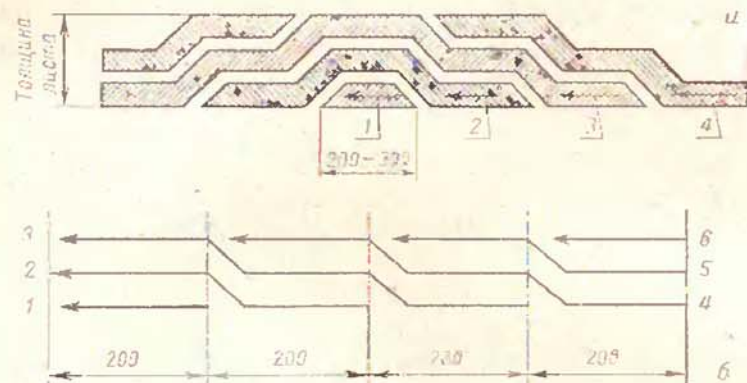


Рис. 20. Схема сварки длинных многослойных швов:
а — «горкой»; б — «каскадом»

расчетом, чтобы окончание каждого данного участка совпало с началом предыдущего. В некоторых случаях при определении длины ступени за основу принимают участок, который можно заваривать одним электродом, чтобы переход от участка к участку совместить со сменой электрода. Сварка обратноступенчатым способом применяется с целью уменьшения сварочных деформаций и напряжений.

При сварке металла большой толщины шов выполняется за несколько проходов. Многослойные швы рекомендуются сваривать методом «горки» или каскадным методом. При сварке методом «горки» (рис. 20, а) на участке длиной 200—300 мм накладывают первый слой, после очистки его от шлака на него накладывают второй слой, по длине в 2 раза больший, чем первый. Затем, отступив от начала второго слоя на 200—300 мм, производят наплавку третьего слоя и т. д. Таким образом выполняют сварку (заполнение разделки) в обе стороны от центральной «горки» короткими швами. Каскадный метод является разновидностью метода «горки» (рис. 20, б). Способ «горкой» применяют при сварке листов толщиной свыше 20—25 мм с целью предотвращения образования в сварных швах трещин.

Сварка стыковых и угловых швов. Стыковые соединения без скоса кромок сваривают с одной или с двух сторон. Для борьбы с прожогами как при сварке тонких листов без скоса кромок, так и при других видах стыковых соединений применяют остающиеся или съемные подкладки. Остающиеся подкладки обычно стальные толщиной 2—3 мм при ширине 30—40 мм. Объемные подкладки изготавливаются из материала, который

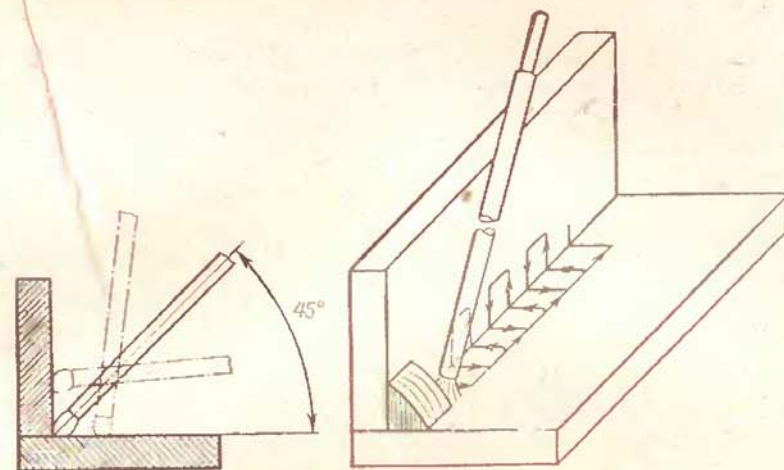


Рис. 21. Схема движения конца электрода при сварке углового шва

при сварке не плавился, т. е. обладал хорошей теплопроводностью и теплоемкостью. Обычно применяют съемные подкладки из меди. При сварке на подкладках появляется возможность увеличить сварочный ток на 20—30%.

Сварные швы при V-образной разделке могут выполняться за один проход (слой) или за несколько проходов. Это зависит от толщины свариваемого металла. Для обеспечения провара корня шва и кромок конец электрода перемещается как вдоль, так и поперек шва. В некоторых случаях с обратной стороны шов подрубают и делают подварку.

При сварке многослойных швов сначала проваривают корень шва электродом 3—4 мм, а затем сварку продолжают электродом большего диаметра. Сварка может производиться в два, три слоя и более. Перед наложением последующего шва каждый предыдущий необходимо зачищать от шлака и брызг. При X-образной разделке кромок техника выполнения швов такая же, как и при V-образной. Если при X-образной разделке металл сваривается за несколько проходов, то наложение отдельных швов рекомендуется чередовать с обеих сторон. Такое чередование наложения швов в значительной мере уменьшает коробление свариваемых деталей.

Сварка угловых швов. Сварка угловых, тавровых и нахлесточных соединений может быть однослойной и многослойной. В один слой выполняются швы, катет которых не превышает 10 мм. При швах с катетом более 10 мм применяется многослойная сварка. Основное затруднение при сварке угловых швов пред-

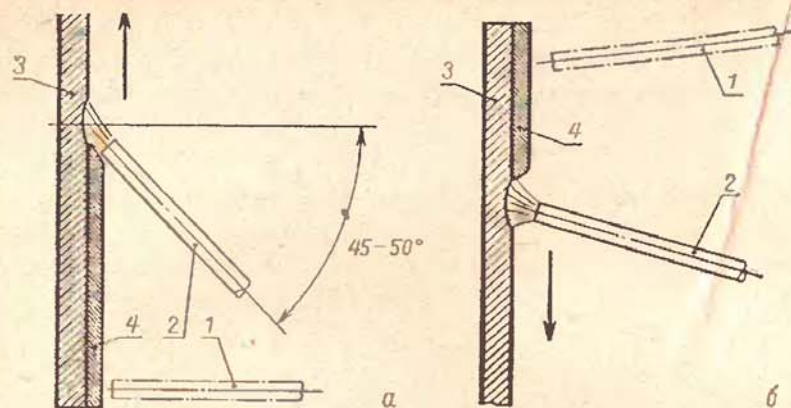


Рис. 22. Сварка вертикальных швов:
а — снизу вверх; б — сверху вниз;
1 — положение электрода при начале сварки; 2 — положение электрода в процессе выполнения сварки; 3 — основной металл; 4 — шов

ставляет удержание жидкого металла сварочной ванны на вертикальной стенке. При сварке таких сварных соединений возможны образование непровара в одной из сторон, а также непровар угла и подрез верхней и нижней кромок. Наиболее удобным является выполнение угловых швов в положении «в лодочку». Однако кантовка деталей в нужное положение не всегда оказывается возможной. Для получения качественного сварного шва с одинаковыми катетами при сварке в угол необходимо правильно перемещать электрод (рис. 21). Сварка начинается с нижнего листа. Затем электрод подводится к углу, где его необходимо немного задержать для получения хорошего провара, после чего электрод передвигается по верхнему листу. С верхнего листа электрод движется к углу, а затем по нижнему листу. Такие движения выполняются до полного завершения сварного шва. Угол наклона электрода к плоскости свариваемых деталей должен составлять 45° (рис. 21). При многослойной сварке вначале проваривается корень углового шва электродами диаметром 3—4 мм. Затем накладываются последующие швы; предварительно каждый предыдущий шов очищается от шлака.

Сварка вертикальных швов. Сварку швов в вертикальном положении выполнять гораздо труднее, чем в нижнем. При сварке вертикальных швов расплавленный металл под действием силы тяжести стремится стечь вниз, процесс формирования шва осложняется. Вертикальные швы могут свариваться как снизу вверх, так и сверху вниз. Наиболее целесообразно применять

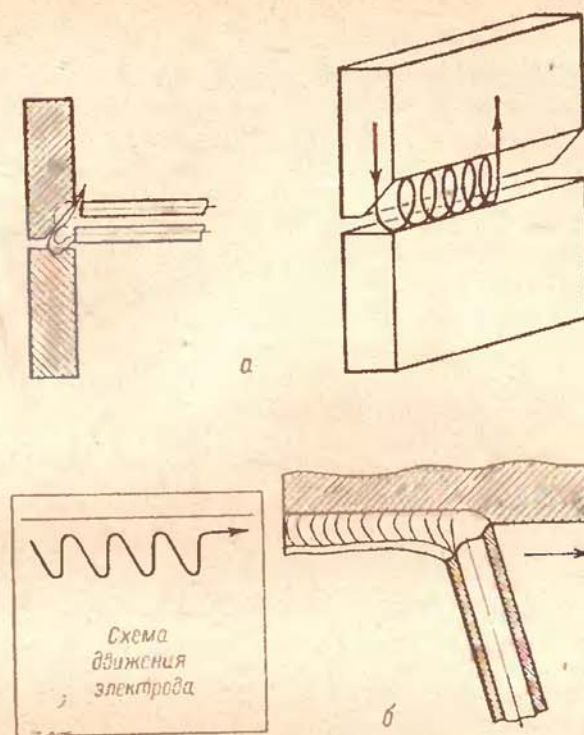


Рис. 23. Сварка швов в различных пространственных положениях:
а — горизонтальных; б — потолочных

способ сварки снизу вверх (рис. 22, а). В этом случае электрод должен быть наклонен вверх: дугу возбуждают в нижней точке шва, после образования ванночки расплавленного металла конец электрода отводят немного вверх или в сторону, давая возможность наплавленному металлу затвердеть. Затвердевший металл шва удерживает последующие капли расплавленного металла при движении электрода вверх.

При сварке сверху вниз (рис. 22, б) дугу возбуждают в верхней точке шва и придают электроду сначала положение 1, а после появления капли опускают ниже, в положение 2, образуя следующий кратер. Ток при сварке вертикальных швов должен быть на 10—15% меньше, чем при сварке в нижнем положении. Дуга должна быть минимально короткой.

Сварка горизонтальных швов (рис. 23, а). При сварке стыковых горизонтальных соединений подготовка необходима только для верхней кромки. Дугу возбуждают на нижней горизон-

тальной кромке, а затем перемещают ее на скошенную кромку верхнего листа.

Сварка потолочных швов (рис. 23, б). Потолочные швы — самые трудные. При выполнении их необходимо получить как можно меньшую ванну расплавленного металла. Для этой цели сварка ведется на минимальных режимах короткой дуги. Ток должен быть на 15—20% меньше, чем при сварке в нижнем положении. Потолочная сварка ведется с небольшим наклоном электрода в направлении сварки; при этом конец электрода то удаляют, то приближают к сварочной ванне. При удалении электрода дуга гаснет, и капли металла шва затвердевают. Наиболее пригодны для потолочной сварки электроды с тугоплавким покрытием, образующим при плавлении чехольчик, сдерживающий капли расплавленного металла.

ТЕХНИКА АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

Дуговую сварку в среде аргона применяют для соединения цветных металлов, их сплавов и легированных сталей. Сварку производят на переменном или постоянном токе неплавящимся (вольфрамовым) или плавящимся электродом, сходным по составу со свариваемым металлом.

Сварка неплавящимся электродом. При сварке с использованием вольфрамового электрода его рабочий конец затачивают на конус. Длина заточки, как правило, должна быть равна двум-трем диаметрам электрода. Возбуждение дуги при аргоно-дуговой сварке неплавящимся электродом производится на специальной угольной пластине или без замыкания дугового промежутка при помощи осциллятора. Зажигание дуги на основном металле не рекомендуется из-за возможности загрязнения и оплавления конца электрода.

Сварка неплавящимся электродом применяется, в основном, для соединения металла толщиной до 3 мм.

Ручная аргоно-дуговая сварка выполняется с помощью специальной горелки, которую сварщик держит в руке и перемещает вдоль шва. Сварка может производиться с подачей присадочного материала и без него. При сварке с присадочным материалом сварщик вручную подает его в зону дуги. Ручную аргоно-дуговую сварку выполняют без колебательных движений горелки, которые не рекомендуется применять из-за возможности нарушения защиты зоны сварки. Угол между осью

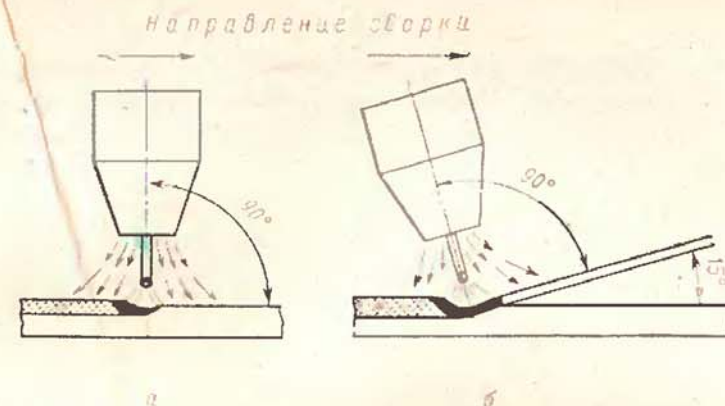


Рис. 24. Расположение горелки при ручной аргоно-дуговой сварке расплавленным электродом:
а — без присадки; б — с присадкой

мундштука аргоно-дуговой горелки и плоскостью свариваемого изделия должен быть 75—80° (рис. 24).

Присадочную проволоку располагают под углом 90° относительно оси мундштука горелки, а угол между присадочной проволокой и изделием должен быть 15—20°.

Полуавтоматическая сварка расплавленным электродом производится только с подачей присадочной проволоки в зону дуги. При этом сварочная горелка-держатель имеет специальное устройство для точного направления присадочной проволоки в зону дуги.

Сварка плавящимся электродом. Сварка плавящимся электродом отличается высокой производительностью и может выполняться полуавтоматически и автоматически.

Аргоно-дуговая сварка плавящимся электродом применяется для соединения нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов, а также цветных металлов толщиной более 1,5 мм.

При сварке плавящимся электродом в среде аргона рекомендуются те же типы соединений, что и при сварке под флюсом. Подготовка кромок и техника выполнения отдельных типов соединений примерно такие же, как и при сварке под флюсом.

ТЕХНИКА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

Полуавтоматическая сварка под флюсом (шланговая сварка) выполняется проволокой диаметром до 2 мм, подаваемой в зону сварки по специальному шланговому проводу, прикреплен-

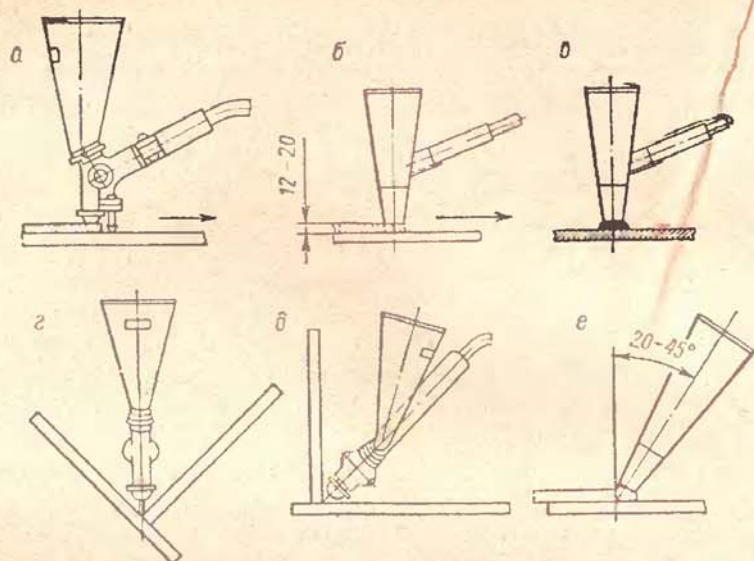


Рис. 25. Положение держателя полуавтомата при сварке под флюсом различных соединений:
 а, б, в — сварка стыковых швов; г — сварка таврового соединения «в лодочку»; д — сварка таврового соединения при вертикальном рабочем положении стенки тавра; е — сварка нахлесточного соединения

ному одним концом к механизму подачи, а вторым — к держателю полуавтомата.

Перед началом сварки в воронку держателя насыпают флюс, и держатель устанавливают на место сварки. Затем открывают заслонку, и место сварки засыпается флюсом. Нажатием кнопки включателя, размещенной на держателе, включается сварочный ток. После возбуждения дуги держатель перемещают вдоль свариваемых кромок с необходимой скоростью (в зависимости от требуемого сечения шва). Для обеспечения точного ведения дуги по разделке держатель полуавтомата снабжен опорным костылем. Таким образом, при полуавтоматической сварке под флюсом автоматическая подача сварочной проволоки сочетается с ручным передвижением держателя по направлению сварки.

Полуавтоматической сваркой под флюсом можно выполнять стыковые и угловые швы. Положение держателя при сварке различных соединений схематически показано на рис. 25.

Полуавтоматом можно сваривать прерывистые швы. В местах просветов между швами сварщик, не прекращая процесса сварки, быстро переводит дугу к началу следующего шва. Для получения умеренного шва продольное перемещение электрода

сопровождается небольшими поперечными колебаниями. В этом случае опорным костылем не пользуются.

Полуавтоматической сваркой можно выполнять односторонние односторонние и двусторонние швы стыковых соединений. Для предотвращения прожогов при односторонней сварке стыковых соединений необходимо использовать флюсовую подушку или флюсо-медную подкладку. Сварка может также выполняться после предварительной подварки корня шва на тех же режимах, но с повышенной скоростью перемещения дуги.

ТЕХНИКА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Техника полуавтоматической сварки в углекислом газе почти аналогична технике ручной дуговой сварки. При полуавтоматической сварке подача электрода на изделие для поддержания постоянной длины дуги выполняется автоматически. Сварщику достаточно лишь выдерживать определенный вылет, наклон электрода и перемещать горелку с равномерной скоростью вдоль свариваемых кромок.

Перед началом сварки необходимо включить газ, проверить его расход и продуть газом шланги. Отсутствие подачи газа приводит к плохому формированию начала шва и образованию в нем пор.

В момент окончания процесса сварки прекращают движение дуги, выключают подачу проволоки и сварочный ток, прекращение подачи газа производится с небольшой задержкой для защиты металла сварочной ванны кратера от окисления. Перед окончанием процесса сварки рекомендуется произвести заварку кратера. Заполнение металлом кратера (заварка кратера) особенно необходимо при сварке проволокой более 1,2 мм, так как в незаполненном кратере могут образоваться трещины.

Стыковые соединения в нижнем положении сваривают полуавтоматом при наклоне электрода от 5 до 20° к вертикали углом вперед или углом назад. Каждый способ перемещения горелки вдоль свариваемых кромок имеет свои преимущества и недостатки. При сварке углом назад удобно наблюдать за формированием шва, но горелка закрывает кромки деталей, что создает трудности в наблюдении за свариваемыми кромками. Сварка углом вперед лучше в том отношении, что она дает воз-

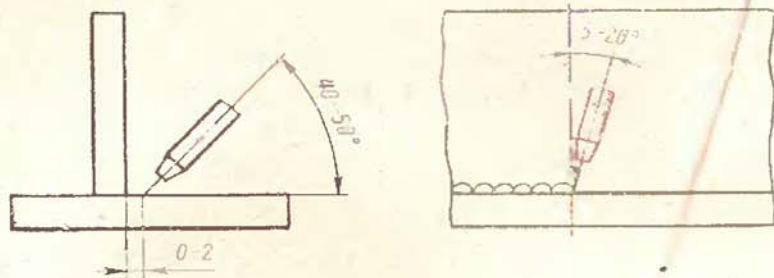


Рис. 26. Схема полуавтоматической сварки в углекислом газе тавровых соединений

возможность наблюдать за свариваемыми кромками. Это преимущество существенно при сварке стыкового соединения без разделки кромок, когда есть вероятность отклонения электрода от стыка из-за плохой ее видимости. Недостаток этого способа — трудность наблюдения за формированием шва. При сварке углом вперед глубина проплавления меньше, а ширина шва больше по сравнению со сваркой углом назад.

Тавровые соединения наиболее просто свариваются в положении «в лодочку», с размещением электрода в вертикальной плоскости. В этом случае обеспечиваются наилучшая защита газом наплавленного металла и наиболее благоприятные условия для формирования шва. Тавровые соединения, расположенные не «в лодочку», сваривают при наклоне электрода от 5 до 20° в направлении сварки и с наклоном его поперек шва под углом 40—50° к горизонтальной полке (рис. 26). При этом электрод направляют точно в угол или смещают на 1—1,5 мм на горизонтальную полку.

Тонкий металл в нижнем положении сваривают при равномерном перемещении электрода без поперечных колебаний для соединений, не имеющих зазоров. Соединения с зазорами сваривают поперечными колебаниями конца электрода так, чтобы над зазором электрод перемещался быстрее, а над кромками деталей немного задерживался.

При сварке в нижнем положении стыковых соединений большой толщины с V-образной разделкой кромок первый слой (корень шва) выполняют равномерным поступательным или возвратно-поступательным перемещением электрода. Средние слои многослойного шва выполняют по вытянутой спирали, а верхние — змейкой (рис. 27).

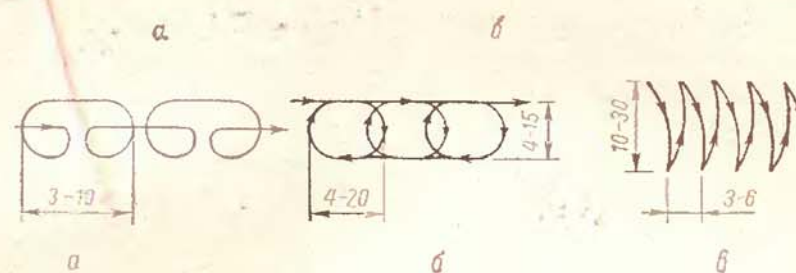


Рис. 27. Схема перемещения электрода при полуавтоматической сварке в углекислом газе многослойных стыковых швов: а — возвратно-поступательное, б — по вытянутой спирали; в — змейкой

Соединения внахлестку выполняются легче, чем стыковые, так как меньше опасность прожогов металла и лучшие условия формирования шва. Наклесточные соединения из металла толщиной до 1,5 мм сваривают при вертикальном положении электрода, перемещая дугу по кромке верхнего листа. При толщине свариваемого металла от 2 мм и более наклон электрода и смещение дуги должны быть такими же, как и при сварке тавровых соединений.

Для выполнения швов во всех пространственных положениях применяется проволока диаметром 0,5—1,2 мм. Вертикальные и горизонтальные швы могут выполняться опытными сварщиками проволокой диаметром до 1,6 мм.

Полуавтоматическую сварку тонколистового металла в вертикальном положении, а также вертикальные угловые швы с катетом до 5—6 мм выполняют сверху вниз. В начале процесса сварки электрод располагают перпендикулярно свариваемым кромкам, чтобы обеспечить хороший провар начала шва. После образования сварочной ванны электрод несколько наклоняют ниже горизонтали на угол 10—15°. При этом давление дуги способствует удержанию металла сварочной ванны от стекания.

Горизонтальные швы сваривают аналогично вертикальным. После возбуждения дуги электрод направляют снизу вверх для удержания металла сварочной ванны от стекания.

В потолочном положении швы сваривают на пониженном сварочном токе и напряжении дуги при несколько увеличенном расходе углекислого газа. Для лучшего удержания жидкого металла от стекания электрод устанавливают с небольшим углом наклона назад. Если необходимо получить широкий валик, электроду сообщают поперечные колебания.

ТЕХНИКА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Техника полуавтоматической сварки порошковой проволокой аналогична технике полуавтоматической сварки в углекислом газе и практически мало отличается от техники ручной дуговой сварки.

Выбор марки и диаметра порошковой проволоки определяется маркой свариваемой стали, требованиями к металлу сварного шва и сварного соединения, толщиной металла и условиями выполнения сварки.

Поверхность деталей перед сваркой должна быть очищена от грязи, масла, ржавчины. Прокатная окалина на поверхности стали оказывает незначительное влияние на качество сварки. Проволока рутит-органического типа (ПП-АН1, ПП-1ДСК) допускает наличие небольшого слоя ржавчины на поверхности свариваемого металла. Прихватки при сборке изделий необходимо выполнять либо электродами с качественной обмазкой, либо порошковой проволокой, аналогичной принятой к сварке марки.

Сварка всеми типами порошковой проволоки, как правило, выполняется на постоянном токе обратной полярности. Перед выполнением сварки необходимо проверить готовность аппаратуры, а также произвести настройку режима.

Сварочный полуавтомат следует настроить в соответствии с порошковой проволокой выбранного диаметра. Шланг с держателем выбирают в зависимости от диаметра проволоки. Для проволоки диаметром 3 мм требуется шланг с внутренним диаметром спирали 4,7 мм, для проволоки диам. 2 мм следует применять шланг с внутренним диаметром спирали 3,2 мм.

Основными правилами техники полуавтоматической сварки самозащитными порошковыми проволоками являются следующие:

1. Вылет проволоки рутит-органического типа устанавливается равным 15—20 мм, карбонатно-флюоритного типа — не должен превышать 30 мм. В процессе сварки вылет проволоки необходимо поддерживать постоянным.

2. При сварке стыковых швов порошковая проволока должна быть расположена перпендикулярно изделию, допускается отклонение ее от вертикального положения на угол, не превышающий 15° (рис. 28, а).

3. При выполнении тавровых и нахлесточных соединений необходимо выдерживать указанный угол наклона электрода по

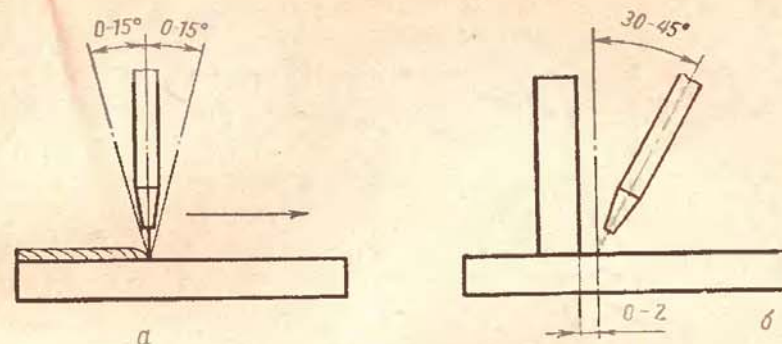


Рис. 28. Направление электрода при полуавтоматической сварке порошковой проволокой соединений: а — стыкового; б — таврового

направлению сварки, а угол между вертикальной плоскостью (стенкой тавра) и проволокой должен быть в пределах $30-45^\circ$ (рис. 28, б).

4. При случайном обрыве дуги или нарушении подачи проволоки возбуждать дугу следует на расстоянии 10—15 мм от места обрыва и после зажигания перенести ее на незаплавленный кратер. Заварку кратера производить с быстрыми поперечными колебаниями конца электродной проволоки, затем резко оборвать дугу.

5. Вертикальные швы могут выполняться проволоками рутит-органического типа (ПП-1ДСК, ПВС-1С) диаметром 1,8, 2 и 2,2 мм способом «снизу вверх». Лишь при сварке стыковых соединений с зазором корневой шов допускается сваривать «сверху вниз». Режим сварки вертикальных швов ограничен узкими пределами по сварочному току 150—170 А и напряжению дуги 19—21 В.

6. Из проволок карбонатно-флюоритного типа для сварки вертикальных швов рекомендуются проволоки марок ПП-АН7 и ПП-АН11 диаметром 2 мм. Направление сварки при выполнении вертикальных швов — «снизу вверх». При таком способе за один проход можно выполнять швы калибром до 10 мм. Манипулирование электродом на вертикальной плоскости обязательно.

Техника сварки порошковыми проволоками (ПП-АН8, ПП-АН10, ПП-АН4, ПП-АН9 и др.) в углекислом газе такая же, как и при сварке проволоками сплошного сечения (Св-08Г2С, Св-08ГС и др.).

ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Низкоуглеродистые стали обладают хорошей свариваемостью. Сварочные материалы и технология сварки для этих сталей выбираются с учетом следующих требований:

обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом;

получение сварных швов без дефектов;

обеспечение требуемого химического состава металла шва;

обеспечение стойкости сварных соединений в условиях вибрационных и ударных нагрузок, а также при повышенных или пониженных температурах.

Ручная дуговая сварка металлическими электродами. При сварке конструкций из низкоуглеродистых сталей широко используются электроды:

с рутиловым покрытием типа Э42 марок АНО-5, АНО-1;

с рутиловым покрытием типа Э46 марок АНО-3; АНО-4; МР-3, ОЗС-4, ОЗС-6, АНО-12.

Ранее широко распространенные электроды марок ОММ-5, ЦМ-7 с рудно-кислым покрытием в настоящее время из-за высокой токсичности имеют ограниченное применение. Взамен электродов ОММ-5 успешно применяются электроды с плавящимся покрытием типа Э42 марки АНО-6.

Для особо ответственных сварных конструкций используют электроды с фтористокальциевым покрытием типа Э42А марок УОНИ-13/45, УП-1/45 и др., обеспечивающие повышенные пластические свойства и стойкость металла шва против кристаллизационных трещин.

Механические свойства металла швов, сваренных электродами указанных выше марок, не уступают свойствам основного металла и могут быть даже выше их (табл. 14).

Рекомендуемые режимы при сварке электродами некоторых марок приведены в табл. 19.

Полуавтоматическая сварка под флюсом. Низкоуглеродистые стали под флюсом свариваются низкоуглеродистой сварочной проволокой Св-08, Св-08А в сочетании с флюсами марок АН-348А и ОСЦ-45. При сварке особо ответственных сварных конструкций, а также ржавого металла рекомендуется использовать проволоку Св-08ГА (режимы полуавтоматической сварки под флюсом стыковых соединений приведены в табл. 20, 21).

Таблица 19

Рекомендуемые токи при сварке электродами общего назначения для сварки конструктивных сталей

Марка электродов	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток при положении шва в пространстве шва, А		
		нижнем	вертикальном	потолочном
1	2	3	4	5
ОМА-2	2	25—45	20—45	20—45
	2,5	40—60	35—60	40—60
	3,0	50—80	40—80	50—80
АНО-1	4	180—240	—	—
	5	250—320	—	—
	6	350—400	—	—
АНО-5	4	160—230	120—160	130—180
	5	190—300	130—170	—
	6	270—380	—	—
АНО-6	4	160—200	150—170	130—180
	5	180—270	150—180	—
	6	280—350	—	—
УОНИ-13/45	2	45—65	30—40	30—45
	3	80—100	60—80	70—90
	4	130—160	100—130	120—140
	5	170—200	140—160	150—170
	6	210—240	180—210	—
УП-1/45	2	45—65	—	40—50
	3	100—130	100—130	90—110
	4	140—160	140—160	140—160
	5	160—230	160—210	—
	6	—	—	—
АНО-3	3	110—140	90—110	100—120
	4	140—200	130—160	150—180
	5	180—270	140—170	—
	6	270—320	—	—
	—	—	—	—
АНО-4	3	100—140	90—110	100—120
	4	170—210	140—150	140—170
	5	190—270	150—170	—
	6	270—320	—	—
	—	—	—	—
МР-3	4	160—200	140—180	140—180
	5	180—260	160—200	—
	6	280—320	—	—
ОЗС-4	3	90—100	80—90	80—90
	4	100—180	150—160	150—160
	5	200—250	170—180	—
	6	250—300	—	—
	—	—	—	—
ОЗС-6	3	80—110	60—90	70—100
	4	170—220	130—150	140—170
	5	220—280	150—170	—
	6	300—350	—	—
	—	—	—	—

1	2	3	4	5
АНО-12	4	170—210	140—170	140—170
	5	230—270	150—180	—
	6	270—330	—	—
АНО-7	3	110—140	100—110	120—130
	4	170—200	130—140	150—170
	5	240—270	160—180	170—190
АНО-8	3	110—140	100—110	120—130
	4	170—200	140—150	160—180
	5	240—270	180—200	200—240
УОНИ-13/55	3	80—100	60—80	70—90
	4	130—160	100—130	120—140
	5	170—200	140—160	150—170
	6	210—240	180—210	—
УП-1/55	3	90—120	90—120	90—120
	4	140—160	140—160	140—160
	5	160—250	120—160	130—160
	6	280—350	—	—
(«сверху вниз»)				
АНО-9	4	160—190	160—200	—
	5	180—240	220—270	—
УП-2/55У	3	90—120	90—120	90—120
	4	140—160	140—160	140—160
	5	160—250	120—160	130—160
К-5А	4	140—200	110—160	120—180
	5	220—280	—	—
	6	310—380	—	—
АНО-10	4	180—210	—	—
	5	300—320	—	—
	6	400—420	—	—
УОНИ-13/65	3	80—100	60—80	60—80
	4	130—150	90—110	100—120
	5	170—200	—	—
	6	210—240	—	—
НИАТ-3М	2,5	60—100	—	—
	3	90—130	—	—
	4	150—180	—	—
	5	200—250	—	—
УОНИ-13/85	3	80—100	70—80	70—90
	4	130—160	90—120	100—140
	5	170—200	—	—

Таблица 20

Режимы односторонней полуавтоматической сварки под флюсом стыковых соединений на флюсовой подушке на переменном токе электродной проволокой диаметром 2 мм

Толщина листов, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/час.	Допустимый зазор между кройками, мм	Допустимое несовпадение кромок, мм
4	375—400	28—30	35—40	До 2	До 0,5
5	425—450	32—34	30—35	3	1,0
6	475	32—34	30—35	3	1,0

Таблица 21

Режимы полуавтоматической сварки под флюсом стыковых соединений без разделки кромки на переменном токе электродной проволокой диаметром 2 мм

Толщина листов, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи электродной проволоки, м/час.	Скорость сварки, м/час.
4	220—240	32—34	101	18—24
5	275—300	32—34	156	18—24
8	450—470	34—36	306	18—24
12	500—550	36—40	378	18—24

Полуавтоматическая сварка может производиться как на переменном, так и на постоянном токе, однако при сварке стыковых швов на тонком металле (до 3 мм) и угловых швов при малом катете (до 4 мм) предпочтительнее использование постоянного тока при обратной полярности.

Сварка угловых швов полуавтоматической сваркой под флюсом может производиться «в лодочку» или «в угол» на режимах, приведенных в табл. 22.

Сварка в углекислом газе. Низкоуглеродистые стали в углекислом газе сваривают проволоками Св-08ГС и Св-08Г2С, легированными кремнием и марганцем. При сварке спокойной низкоуглеродистой стали применяют также проволоку Св-12ГС. При сварке низкоуглеродистых сталей с содержанием углерода, приближающимся к верхнему пределу (0,21—0,25%), для предупреждения образования в швах кристаллизационных трещин

Режимы полуавтоматической сварки под флюсом нахлесточных и тавровых соединений «в лодочку» электродной проволокой диаметром 2 мм

Таблица 22

Диаметр электрода, мм	Толщина листа, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи электрода, мм/мин	Скорость сварки, мм/мин
4	4	220—240	32—34	101	24—30
5	5	275—300	32—34	156	24—30
8	8	380—420	32—38	250	18—24

следует применять электродную проволоку марки Св-08ГС или Св-08Г2С (некоторые ориентировочные режимы полуавтоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей приведены в табл. 23, 24).

Сварка порошковой проволокой. Сварка низкоуглеродистых сталей может производиться как самозащитными порошковыми проволоками ПП-АН1, ПП-1ДСК, ПВС-1С, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН11, так и в среде углекислого газа проволоками ПП-АН3, ПП-АН4, ПП-АН8, ПП-АН10.

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки порошковыми проволоками некоторых марок приведены в табл. 25.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Среднеуглеродистые стали характеризуются повышенным содержанием углерода, что является причиной образования кристаллизационных трещин при сварке, а также малопластичных закалочных структур и трещин в околошовной зоне. С целью повышения стойкости металла шва против кристаллизационных трещин необходимо снижать содержание углерода в металле шва. Это достигается применением электродов и сварочных проволок с пониженным содержанием углерода, а также уменьшением доли участия основного металла в металле шва. Для уменьшения вероятности появления закалочных структур применяют предварительный и сопутствующий подогрев.

Среднеуглеродистые стали сваривают электродами с фтористокальциевым покрытием:

типа Э42А марок УОНИ-13/45, УП-1/45;
типа Э50А марок УОНИ-13/55, УП-1/55, АНО-7, АНО-9, УП-2/55У, К-5А, АНО-10;
типа Э60А марки УОНИ-13/65 и др.

Для сварки под флюсом применяют сварочную проволоку

Таблица 23
Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Коэффициент	Сварочные соединения				Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
			Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи электрода, мм/мин	Скорость сварки, мм/мин		
0,8—1,1	0,5—0,8		50—60	18	180—220		7—9	5—6
1,2—2	0,8		60—100	18—20	160—180		7—9	6—8
	1,0		100—150	18—20	160—180		7—9	6—8
	1,2	1	130—160	19—21	160—180		8—10	6—8
2—4	1,0		130—160	19—21	160—180		12—14	10—12
	1,2		150—200	20—21,5	180—200		12—14	10—12
4—5	1,6		160—280	27—29	140—160		20—24	17—18
	2,0	1—2	160—300	27—29	150—180		20—24	17—18
6—8	1,6		280—300	28—30	150—180		20—24	17—18
	2,0							
8—12	1,6	2—3	280—300	28—30	150—180		20—24	17—18
	2,0	2	380—400	30—32	180—200		20—25	18—20

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе

Угловые соединения							
Катет шва, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Коэффициент прохода	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/час	Расход газа, л/мин.
2	0,6	1	60	18	7-9	150-200	5-6
	0,8		75	18-20	7-9	160-200	6-8
3	0,8		75	18-20	7-9	160-200	6-8
	1,0		100-130	18-20	8-10	220-300	8-10
	1,2		100-150	19-21	10-12	150-220	8-10
	1,6		220-240	24-29	18-20	180-190	12-16
4	1,0		100-130	18-20	8-10	220-300	8-10
	1,2		120-180	19-22	9-13	200-240	12-16
	1,6		200-220	27-29	16-18	200-240	12-16
5-6	1,6		260-300	27-29	18-20	290-300	16-18
	2,0		300-340	28-30	20-22	180-190	17-19
7-9		1-2	300-360	30-32	20-24	190-230	18-20
9-11	2	2	300-360	30-32	20-24	190-230	18-20
11-14		3	300-360	30-32	20-24	190-230	18-20

Св-08ГА, Св-10ГА и Св-10Г2 и флюс АН-348А и ОСЦ-45. Для сварки в углекислом газе применяют проволоку Св-08Г2С.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Наиболее распространенными низколегированными сталями, применяемыми для изготовления сварных конструкций, являются: 10ХСНД, 15ХСНД, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 15ГФ и др.

Таблица 25

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей порошковыми проволоками

Марки порошковой проволоки	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/час	Расход газа, л/мин
ПП-АНЗ	2,8	290-310	23-26	—	—
		350-370	24-27		
		480-500	26-30		
	3,0	360-380	24-28	—	—
		430-450	25-29		
		480-500	26-30		
		540-560	27-31		
ПП-АН7	2,0	140-180	20-21	—	—
		180-220	20-22		
		220-260	23-25		
	2,3	150-200	20-22	—	—
		200-250	21-23		
		250-300	23-26		
ПП-АН4	2,0	230-250	25-26	215	8-10
		310-330	26-28	283	10-12
		350-370	27-30	365	12-14
		200-220	24-26	137	4-8
	2,5	300-320	25-28	172	8-10
		360-400	26-29	215	10-12
		440-480	28-32	283	12-14
		520-550	30-35	363	14-16
		660-650	34-38	598	16-20
		160-180	20-24	142	6-8
ПП-АН8	2,0	230-300	25-28	298	12-14
		360-380	30-33	358	14-16
		400-450	32-35	500	16-18
		160-180	20-24	112	8-10
	2,5	380-400	26-30	298	14-16
		420-450	27-32	337	14-16
		500-560	30-35	435	16-18

Примечание. Сварка порошковыми проволоками производится на постоянном токе обратной полярности с питанием дуги от источников с жесткой внешней характеристикой.

Низколегированные стали хорошо свариваются всеми видами дуговой сварки и не требуют термической обработки сварных соединений. К сварным соединениям из низколегированных сталей предъявляются такие же требования, как и к сварным соединениям из низкоуглеродистых сталей.

Ручную дуговую сварку низколегированных сталей выполняют электродами Э-42А, Э-46А, Э-50А с фтористокальциевым покрытием. Низколегированные стали типа марки 12ГС, 09Г2 сваривают электродами УОНИ-13/45, УП-1/45, АНО-8; сварку изделий из сталей 10ХСНД, 15ХСНД, 15ГФ, 10Г2С1, 09Г2С производят электродами УОНИ-13/55, УП-1/55, К-5А, УП-2/55У, АНО-7, АНО-9, АНО-10 (режимы сварки указанными электродами приведены в табл. 23).

Полуавтоматическая сварка низколегированных сталей выполняется под флюсом АН-348А или ОСЦ-45 проволоками Св-10Г2, Св-12ГС.

В углекислом газе низколегированные стали сваривают кремнемарганцовистой проволокой Св-08Г2С и хромомарганцево-кремнистой Св-08ХГ2С.

Низколегированные конструкционные стали марок 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2, 12Г и другие успешно свариваются самозащитными порошковыми проволоками карбонатно-флюоритного типа ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН11 и порошковыми проволоками ПП-АН8, ПП-АН10, ПП-АН4, ПП-АН9, предназначенными для сварки в углекислом газе.

Технология и режим сварки низколегированных сталей такие же, как и низкоуглеродистых сталей.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЛЕГИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Хромистые стали типа 15Х, 20Х свариваются электродами УОНИ-13/65, УОНИ-13/85 предельно короткой дугой, методом опирания без подогрева и последующей термообработки. Поверхность деталей, подлежащих сварке, должна быть тщательно очищена.

Хромокремнемарганцевые стали 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА свариваются всеми видами дуговой сварки. Хромокремнемарганцево-никелевая сталь 30ХГСН2А (30ХГСНА) сваривается ручной дуговой, под флюсом и аргоно-дуговой сваркой.

Сложные конструкции из сталей 30ХГСА, 30ХГСН2А (30ХГСНА) с замкнутыми швами, вызывающими появление больших внутренних напряжений, сваривают в подогретом состо-

янии при 200—350°C. Подогрев деталей может быть общим или местным. Детали из сталей 30ХГСА и 30ХГСН2А (30ХГСНА) простой формы и детали, не имеющие швов с жесткими контурами, а также стали 20ХГСА, 25ХГСА свариваются без подогрева.

После сварки соединения подвергают термической обработке на высокую прочность: закалка при температуре 880°C и низкий отпуск.

Ручная дуговая сварка сталей 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА, 30ХГСН2А (30ХГСНА) выполняется электродами ЦЛ-18-63 и НИАТ-3М. Режимы сварки и характеристика электродов приведены в табл. 13, 19.

В углекислом газе сваривают стали 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА. При однопроходной сварке сталей 30ХГСА и 25ХГСА толщиной до 6 мм с полным проваром используются электродные проволоки Св-18ХГС (с содержанием углерода не более 0,18%), Св-18ХМА, Св-08ХГ2С и Св-08Г2С. Полученные сварные соединения после отпуска при температуре 560—660°C обладают равнопрочностью и удовлетворительной пластичностью.

Для сварки в углекислом газе толстолистовой стали 30ХГСА в несколько слоев применяют проволоку Св-08Х3Г2СМ. Сварные швы после полной термической обработки (нормализации при 910°C, закалке в масле при 910°C, отпуске при 500°C) имеют предел прочности 114—123 кгс/мм², относительное удлинение 12—14%, ударную вязкость 4,8—6 кгс·м/см². Угол загиба стандартных плоских образцов из металла толщиной 10 мм составляет 40—70°. Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки в углекислом газе стали 30ХГСА приведены в табл. 26.

Аргоно-дуговая сварка легированных сталей (например, 25ХГСА и 30ХГСА) может быть осуществлена неплавящимся (вольфрамовым) и плавящимся электродами. Неплавящимся электродом рекомендуется сваривать изделия из материала толщиной не более 4—5 мм, сварку плавящимся электродом можно применять при изготовлении изделий из материала толщиной 1 мм и выше. Для листов толщиной до 2 мм аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом производится как с присадочной проволокой, так и без нее, при большой толщине сварка выполняется с применением присадки. Ручная аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом легированных сталей производится на постоянном (прямой полярности) или переменном токе (табл. 27).

Полуавтоматическую аргоно-дуговую сварку плавящимся электродом легированных сталей (25ХГСА, 30ХГСА) выполняют проволокой Св-18ХМА на режимах, приведенных в табл. 28.

Таблица 26

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки в углекислом газе стали 30ХГСА

Тип соединения	Толщина основного металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Режим сварки		
			Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход газа, л/мин.
Встык	0,8—1,5	0,5—1,0	40—85	16,5—20,0	6—8
	2,0	1,0—1,2	110—125	21—23	7—9
	3,0	1,0—1,6	140—170	22—24	8—10
	5,0	1,6—2,0	260—300	26—28	8—10
	10,0	1,6—2,0	280—300	26—28	8—10
Внахлестку	1,0—1,5	0,5—1,0	50—100	18—21	5—8
	2,0	1,0—1,2	110—130	21—23	7—9
	3,0	1,0—1,6	145—175	22—24	8—10
Втавр	1,0—1,5	0,5—1,0	35—80	18—20	5—8
	2,0	1,0—1,2	85—115	21—23	7—9
	3,0	1,0—1,6	140—160	22—24	8—10
	5,0	1,6—2,0	160—200	24—26	8—10

Таблица 27

Режим ручной аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом легированных конструкционных сталей (сварка встык с присадкой)

Толщина основного металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Длина дуги, мм	Расход аргона, л/мин.
1,5	45—70	11—15	1—3	4—5
2,0	70—120			5—6
3,0	110—150			6—7

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ

Эти стали обладают хорошей прочностью при высоких температурах и применяются при изготовлении паровых котлов, турбин, паропроводов и нефтеперегонной аппаратуры. К теплоустойчивым сталям относятся хромомолибденовые стали типа 12МХ, 15ХМ, 35ХМ, 40ХМФА и др. Хромомолибденовые стали обладают склонностью к закалке на воздухе и, следовательно, склонностью к образованию трещин в околошовных зонах. Для предотвращения трещин теплоустойчивые стали подогревают перед сваркой и во время сварки.

Таблица 28

Ориентировочные режимы полуавтоматической аргоно-дуговой сварки плавящимся электродом легированных конструкционных сталей

Подготовка кромок	Толщина основного металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Число слоев	Расход аргона, л/мин.
Встык без разделки	1	0,5—0,7	35—55	1	4—6
	1,5	0,8—1,0	70—90		5—7
	2	1,0—1,2	110—130		6—8
	2,5	1,0—1,2	140—180		6—8
	3	1,0—1,6	160—200		6—8
Встык с V-образной разделкой	4	1,0—1,6	180—300	1	7—9
	6	1,6—2,0	240—340	1—2	9—12
	8	1,6—2,0	300—320	2	11—15
	10	2,0	390—420	2	12—17
Внахлестку	1	0,5—0,8	55—75	1	4—6
	1,5	0,8—1,0	80—100		5—7
	2,0	1,0—1,2	115—135		6—8
	3,0	1,0—1,6	165—200		6—8
Втавр	1,0	0,5—0,8	40—60	1	4—6
	1,5	0,8—1,0	65—85		5—7
	2,0	1,0—1,2	100—120		6—8
	3,0	1,0—1,6	150—170		6—8

Изделия из сталей 12МХ, 15ХМ и 20МХЛ, работающие при температуре до 550°C, свариваются электродами ЦЛ-14. Сварку выполняют с предварительным подогревом до 250—300°C для стали 20МХЛ и до 200°C — для стали 12МХ. После сварки рекомендуется высокий отпуск при температуре 710°C.

Изделия из сталей 30ХМ, 35ХМ и 20ХЗМВФ, работающие при температуре до 470°C, сваривают электродами ЦЛ-30-63.

Сварку выполняют с предварительным и сопутствующим подогревом изделия до 350°C для сталей 30ХМ, 35ХМ и до 400—450°C — для стали 20ХЗМВФ. Сварные соединения подвергаются отпуску: сталь 30ХМ, 35ХМ — при температуре 600°C, сталь 20ХЗМВФ — при температуре 680°C.

Изделия из сталей 20ХМФ, 20ХМФЛ, 12Х1М1Ф, работающие при температуре до 570°C, сваривают электродами ЦЛ-20-63. Сварка выполняется короткой дугой с предварительным и сопутствующим подогревом изделия до 300—350°C. После сварки рекомендуется высокий отпуск при 700—740°C в течение 3 часов. Изделия из сталей 15Х5М и 15Х5МФА, работающие в агрессивных средах при температуре до 450°C, сваривают электродами ЦЛ-17-63 с предварительным и сопутствующим подог-

гревом до 300—450°C и с последующим высоким отпускком после сварки при 760°C в течение 3 часов. Рекомендуемые режимы ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей приведены в табл. 29.

Таблица 29

Режимы ручной дуговой сварки теплоустойчивых сталей

Марка электродов	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток при положении шва в пространстве, А		
		нижнем	вертикальном	потолочном
ЦЛ-14	4	160—180	120—160	120—160
	5	200—240	—	—
	6	250—280	—	—
ЦЛ-20-63	4	140—160	120—140	—
	5	180—210	—	—
ЦЛ-17-63	3	80—120	70—90	70—100
	4	130—160	130—150	130—150
	5	180—210	—	—
ЦЛ-30-63	6	220—240	—	—
	4	140—160	120—140	—
	5	180—210	—	—

Изделия из сталей 15ХМ и 20ХМ могут свариваться в среде углекислого газа проволокой Св-10ХГ2СМА с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 250—300°C. После выполнения сварочных работ сварные соединения подвергают высокому отпуску. Стали 12ХМФ, 12Х1МФ и 20ХМФ сваривают в углекислом газе проволокой Св-08ХГСМФА. Сталь 20ХМФ сваривают с предварительным и сопутствующим подогревом изделий до 250—300°C.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ, ЖАРОСТОЙКИХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Высоколегированные стали применяют во многих отраслях промышленности, где от изделий требуются специальные свойства (стойкость против атмосферной и газовой коррозии, кислотостойкость, окалиностойкость, жаропрочность и т. д.). Сварные конструкции преимущественно изготавливают из низкоуглеродистых коррозионностойких (нержавеющих), жаростойких (окалиностойких) и жаропрочных сталей.

К сварным соединениям из высоколегированных сталей и

сплавов, кроме обычных требований по пределу прочности, пластичности, предъявляются требования, определяемые назначением конструкции и свойствами свариваемого металла. Основными трудностями при сварке высоколегированных сталей и сплавов являются: обеспечение стойкости сварных соединений против образования кристаллизационных трещин, коррозионной стойкости, а также сохранения свойств соединений под действием рабочих температур и напряжений.

Общими правилами для дуговой сварки высоколегированных сталей являются:

использование постоянного тока обратной полярности (плюс на электроде);

применение надлежащего состава сварочных материалов;

сварка короткой дугой на небольших токах без поперечных колебаний электрода;

сварка с минимально возможным вылетом электрода;

возможно лучшее охлаждение сварного соединения во время перерывов при наложении отдельных слоев многослойного шва.

Ручная дуговая сварка высоколегированных сталей металлическими электродами. Сварка коррозионностойких сталей. При сварке коррозионностойких сталей нельзя допускать перегрева и многократного нагрева сварного соединения. Сварку необходимо выполнять при наименьшей погонной энергии и на максимально возможной скорости. Последовательность наложения швов должна быть такой, чтобы шов, обращенный к агрессивной среде, выполнялся в последнюю очередь. Следует принимать меры против попадания брызг электрода металла или сварочной ванны на основной металл. Брызги являются очагами межкристаллитной коррозии и способствуют появлению межкристаллитных трещин в основном металле в месте приварки брызг. Швы с гладкой мелкочешуйчатой поверхностью превосходят по общей коррозионной стойкости швы, имеющие грубую, неровную поверхность. Шлаковая корка на поверхности швов и в околошовной зоне после сварки должна быть тщательно удалена.

Стали 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 04Х18Н10 и им подобные сваривают электродами ОЗЛ-14, если к металлу шва предъявляют требования стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка этими электродами обеспечивает в шве содержание ферритной фазы 6—10%.

Стали 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 04Х18Н10, 08Х18Н10Т и им подобные сваривают электродами ОЗЛ-8, если к металлу шва не предъявляются жесткие требования стойкости против межкристаллитной коррозии и при эксплуатации сварного соединения

при температуре до 350°C, а если отсутствуют жидкие агрессивные среды—при температуре от —253 до 800°C. Стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии обеспечивается только после термической обработки при температуре выше 900°C. Структура наплавленного металла—аустенитно-ферритная. Содержание ферритной фазы—3,5—8,5% в металле шва.

Для сварки сталей 08X18N10T, 12X18N9T, 08X18N12T, 08X18N12B, 12X21N5T и других, работающих в агрессивных средах, применяются электроды ЦЛ-11, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования стойкости против межкристаллитной коррозии. Металл шва после стабилизирующего отжига (870—920°C) отличается повышенной коррозионной стойкостью в агрессивных средах при температуре 450—600°C. Содержание ферритной фазы в металле шва—2,5—7%.

Для сварки ответственных конструкций из хромистых сталей типа 08X13, 12X13, 20X13, 12X17, работающих в слабоагрессивных и окислительных средах, применяют электроды УОНИ-13/НЖ со стержнем из проволоки 10X13. Сваривая хромистые стали, чтобы избежать образования трещин, необходимы предварительный подогрев до 200—400°C и последующий отпуск при 720—750°C в течение часа.

Сварка жаростойких сталей. Для сварки сталей 20X23N13, 20X23N18, 36X18N25C2 и им подобных, работающих при температуре 1150°C, а также деталей из хромистых сталей 15X25T, 15X28 и других, работающих при указанной температуре, но без циклических резких изменений ее и в средах, не содержащих сернистого газа, применяются электроды ОЗЛ-6. Кромки подготавливают под сварку только механическим способом. Содержание ферритной фазы в металле шва—2,5—10%.

Стали 20X23N13, 20X23N18 и им подобные, работающие в окислительных и науглероживающих средах при температуре 900—1050°C, сваривают электродами ОЗЛ-9А. При сварке этих сталей особенно необходимо следить за недопустимостью появления трещин в кратерах. Ферритная фаза отсутствует. Сварные швы недостаточно стойки против межкристаллитной коррозии.

Сварка жаропрочных сталей и сплавов. Для сварки сталей типа 08X16N13M2B, 12X18N12T и им подобных, работающих при температуре до 620°C, применяются электроды ЦТ-7. В наплавленном металле обеспечивается необходимое количество ферритной фазы (2—5%), чем устраняется склонность к горячим трещинам. При сварке первого (корневого) слоя рекомендуется применять электроды ЦТ-7-1. После сварки производится термическая обработка—стабилизирующий отжиг при 750—800°C в течение 10 часов.

Сталь 45X14N14B2M и ей подобные, работающие при температуре до 600°C, свариваются электродами ЦТ-1. Устойчивость металла шва против образования горячих трещин высокая. Содержание ферритной фазы в сварном шве—5,5—10%. Металл шва обладает высокой жаростойкостью и жаропрочностью—до 650°C (режимы ручной дуговой сварки высоколегированных сталей металлическими электродами приведены в табл. 30).

Таблица 30

Рекомендуемые токи ручной дуговой сварки высоколегированных сталей металлическими электродами

Марка электродов	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток при положении шва в пространстве, А		
		нижнем	вертикальном	потолочном*
ОЗЛ-14	2	30—50	20—40	25—45
	2,5	40—70	35—65	35—65
	3	50—70	40—60	40—60
	4	120—140	80—120	90—120
	5	150—190	—	—
ОЗЛ-8	3	60—80	50—70	50—70
	4	110—130	70—110	50—110
	5	150—170	110—150	—
ЦЛ-11	2	40—55	30—40	30—40
	3	70—90	60—80	60—80
	4	110—130	80—110	80—110
	5	140—160	100—130	—
УОНИ-13/НЖ (10X13)	3	90—120	70—100	—
	4	160—200	130—170	—
	5	200—250	—	—
ОЗЛ-6	2	30—50	25—40	25—40
	2,5	40—70	35—60	35—60
	3	60—80	55—75	55—75
	4	120—140	90—120	90—120
	5	140—160	—	—
ОЗЛ-9А	2	30—50	20—40	20—40
	2,5	40—70	30—60	30—60
	3	40—90	60—80	50—80
	4	110—130	90—110	90—110
ЦТ-7	3	80—110	—	—
	4	100—140	—	—
	5	150—180	—	—
ЦТ-7-1	3	80—110	70—90	70—90
	4	120—140	90—120	90—120
ЦТ-1	3	80—110	70—100	70—100
	4	130—150	115—135	105—125
	5	150—190	—	—

Сварка под флюсом высоколегированных сталей. Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки под флюсом высоколегированных сталей приведены в табл. 31.

Сварочный ток при сварке высоколегированных сталей на 10—20% меньше, чем при сварке низкоуглеродистых конструкционных сталей.

Таблица 31

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки под флюсом высоколегированных сталей (диаметр проволок 2 мм)

Толщина металла, мм	Максимально допустимый зазор между кромками, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
4—6	0,5	220—360	30—32
8	0,5	220—300	32—34
10	1,0	320—360	34—36
12	1,0	360—400	36—38
14—20	1,0	420—460	38—40
22—30	2,0	460—500	40—42

Скорость полуавтоматической сварки — 18—30 м/час., вылет электрода — не более 25 мм.

Полуавтоматическая сварка под флюсом стыковых соединений из высоколегированных сталей толщиной до 6—8 мм может быть выполнена без скоса кромок с зазором не более 1 мм. Для обеспечения полного провара более толстый металл должен иметь V-образный или X-образный скос кромок с общим углом раскрытия 55—65° и притуплением 2—3 мм.

Для сварки высоколегированных сталей применяют плавящиеся флюсы АН-26, ФЦЛ-2, АН-18, АНФ-5, АНФ-6 и др. Наилучшие результаты при сварке высокохромистых сталей типа 12Х13, 20Х13, 14Х17Н2, 12Х17 и им подобных получаются при использовании флюса АН-17.

Стали 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т свариваются проволоками Св-01Х16Н9, Св-04Х19Н9 и Св-06Х19Н9Т, если от швов не требуется стойкость против межкристаллитной коррозии. Если сварные соединения должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии, то сварку выполняют проволоками Св-07Х19Н10Б, Св-05Х20Н9ФБС.

Сталь 08Х18Н12Б сваривают проволокой Св-07Х19Н10Б или Св-05Х20Н9ФБС. Наилучшую коррозионную стойкость сварные соединения из сталей типа 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Т приобретают после аустенизации (закалки при температуре 1050—1100°С с охлаждением в воде или на воздухе).

Стали типа 12Х13, 20Х13, 30Х13 и им подобные можно сваривать проволоками Св-06Х14, Св-12Х13, Св-08Х14ГНТ. Металл толщиной до 10 мм, не закрепленный жестко, можно сваривать без предварительного подогрева. Для более толстого металла необходим предварительный и сопутствующий подогрев (при многослойной сварке) изделия до 250—300°С. Сварные изделия должны подвергаться отпуску при температуре 680—700°С в течение 2—3 часов (в зависимости от толщины свариваемой стали).

Сталь 15Х25Т (при работе в газовой среде, содержащей серпистые соединения) сваривают проволокой Св-13Х25Т под любым из флюсов, предназначенных для сварки высоколегированных сталей. При этом обеспечиваются равнопрочность, необходимая кислотостойкость и окалиностойкость сварных соединений. Для получения сварных соединений из стали 15Х25Т с повышенной пластичностью применяют проволоку Св-13Х25Н18.

Сварка в углекислом газе высоколегированных сталей. В основном правила сварки высоколегированных сталей в углекислом газе аналогичны правилам сварки этих сталей под флюсом. Но при сварке в углекислом газе кислотостойких сталей, кроме того, необходимо предохранять поверхность металла вблизи шва от забрызгивания каплями электродного металла. Для этого поверхность свариваемого металла по обе стороны от шва покрывают водным раствором мела или каолина. Реакция высоколегированных сталей на сварочный нагрев практически такая же, как и при сварке под флюсом. Поэтому высоколегированные стали сваривают с соблюдением таких же условий (предварительный подогрев, последующая термическая обработка сварных изделий), которые требуются и при сварке под флюсом.

В табл. 32 приведены ориентировочные режимы полуавтоматической сварки пержавсущих сталей в углекислом газе.

Стали 12Х13, 20Х13 сваривают проволоками Св-08Х14ГНТ, Св-12Х13. Равнопрочность и пластичность сварных соединений обеспечиваются после отпуска при 700°С.

Стали 12Х17, 08Х17Т, 15Х25Т свариваются проволоками Св-13Х25Н18, Св-07Х25Н13, Св-06Х25Н12ТЮ. Окалиностойкость швов при сварке сталей 12Х17 и 08Х17Т до 850°С, при сварке стали 15Х25Т — до 1100°С.

Стали типа 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т и им подобные, когда к металлу шва не предъявляются требования стойкости против межкристаллитной коррозии (для слабых окислительных сред), свариваются проволоками

Таблица 32

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки
нержавеющих сталей в углекислом газе

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин	Скорость подачи электродной проволоки, м/час	Технологический прием
0,5—0,8	0,5	30—50	16—18	5	6	180—200	На медной подкладке и на весу
1,0	0,8	35—55	16—18	6	6	150—180	То же
1,5	1,6	100—170	18—20	8—9	6—8	180—200	На медной подкладке
2,0	1,0	120—130	18—19	6—7	6—7	140—160	На медной подкладке и на весу
	1,6	130—140	22	10—15	6—7	160—180	—
3,0	2,0	180—200	25—28	20—25	12—17	130—150	—

Св-08Х20Н9Г7Т, Св-06Х19Н9Т, Св-07Х18Н9ТЮ. Когда к металлу шва предъявляются требования стойкости против межкристаллитной коррозии, эти стали сваривают проволокой Св-05Х20Н9ФБС.

Аргано-дуговая сварка высоколегированных сталей. Аргано-дуговую сварку высоколегированных сталей неплавящимся (вольфрамовым) электродом выполняют на постоянном токе прямой полярности (минус на электроде). При аргано-дуговой сварке высоколегированных сталей в качестве присадочного металла применяют электродные проволоки того же состава, что и для дуговой сварки данной стали под флюсом (ориентировочные режимы ручной аргано-дуговой сварки неплавящимся электродом — вольфрамовым — нержавеющей сталей приведены в табл. 33).

Сварка высоколегированных сталей плазменной дугой. В настоящее время находит применение плазменная сварка высоколегированных сталей. Отличительной особенностью этого способа по сравнению с обычной аргано-дуговой сваркой является более высокая температура столба дуги вследствие сжатия дуги потоком аргона. Используя сопла различного диаметра и регулируя расход защитного газа и режим сварки, можно изменять форму и температуру дуги и, следовательно, уменьшать или увеличивать глубину провара и ширину шва. Благодаря высокой температуре сжатой дуги можно увеличить скорость сварки, что открывает широкие возможности для внедрения этого способа вместо обычной аргано-дуговой сварки при мас-

Таблица 33

Ориентировочные режимы ручной аргано-дуговой сварки
нержавеющих сталей неплавящимся электродом

Типы соединения	Толщина металла, мм	Диаметры электродов, мм	Диаметры присадки, мм	Количество проходов	Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
Стыковое с отбортовкой двух кромок	0,5 0,8	1,0—1,6	—	1	25—50	4,0
Стыковое без скоса кромок	1,0 2,0 3,0	1,6 2,0—3,0 2,0—3,0	1,6 1,6—2,0 1,6—2,0	1 1 1	50—70 80—110 110—130	4,0—5,0 5,0—6,0 6,0—7,0
Внахлестку	1,5 2,0	2,0 3,0	1,6—2,0 2,0	1 1	80—100 80—110	5,0—6,0 6,0—8,0
Стыковое с V-образной разделкой кромок	2,0 4,0 5,0	3,0 3,0—4,0 3,0—4,0	1,6 2,0 1,6 2,0	2 2 1 2	90—110 110—140 110—120 120—150	6,0—8,0 8,0—10,0 8,0—10,0

совом и серийном производстве изделий из тонколистовой нержавеющей стали. Сварка плазменной дугой может выполняться как с присадкой, так и без нее (ориентировочные режимы ручной сварки плазменной дугой нержавеющей сталей типа 12Х18Н9Т приведены в табл. 34).

Таблица 34

Ориентировочные режимы ручной сварки плазменной дугой нержавеющей сталей

Толщина металла, мм	тип сварного соединения	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Расход газа, л/мин	
				плазмообразующего	защитного
2,0	Стыковое	60—70	22—23	0,8	4
2,0	С отбортовкой	60	22	0,8	2,5—3
2,0	Нахлестка	65—70	23—24	0,8	4
3,0	Стыковое	80—100	25	1,0	4
4,0	Стыковое	120—160	26	1,2	4

Сварка чугуна производится при ремонтно-восстановительных работах, исправлении дефектов в чугунных отливках и изготовлении сварнолитых конструкций. По своим физико-химическим свойствам и структуре чугуна относится к группе ограниченно сваривающихся сплавов, что определяется его низкой пластичностью и склонностью к отбеливанию. При быстром охлаждении расплавленного чугуна избыток углерода выделяется в виде цементита — химического соединения железа с углеродом, соединения очень твердого и хрупкого. В этом случае получается белый, или отбеленный чугун. Механическая обработка чугуна, имеющего отбеленные зоны, очень трудна.

При дуговой сварке вследствие неравномерного нагрева в свариваемой детали возникают высокие сварочные напряжения. Чугун плохо противостоит им, что обычно приводит к появлению в детали трещин. Поэтому при сварке чугуна необходимо по возможности предотвратить возникновение сварочных напряжений и замедлить процесс остывания шва и прилежащих к нему участков свариваемой детали.

Сварку чугуна ведут без подогрева (холодный способ) или с предварительным местным или общим подогревом всего изделия (горячий способ).

Горячая сварка серого чугуна. Горячая сварка чугуна наилучшим образом предотвращает появление отбеленных зон и возникновение сварочных напряжений, приводящих к появлению трещин. Этот способ применяется при устранении крупных дефектов литейного производства (недоливы, раковины, трещины), при большом объеме наплавленного металла или при очень сложной конфигурации детали, когда при сварке другими способами возможно появление трещин.

Температура предварительного подогрева определяется размерами детали и ее жесткостью, объемом наплавленного металла, химическим составом и структурой чугуна. В большинстве случаев детали нагревают до 350—450°С. Для особо важных и жестких деталей температуру нагрева повышают до 550—650°С. Применять более высокий нагрев не рекомендуется, так как при этом чугун начинает резко терять прочность, а перегрев детали создает тяжелые условия труда.

Электроды для горячей сварки изготавливаются из чугунных стержней марок А и Б ГОСТ 2671—70. В состав покрытия электродов вводят вещества, стабилизирующие дугу и легирующие металл углеродом и кремнием. Примером такого покрытия может служить покрытие ОМЧ-1.

Ввиду значительного объема наплавленного металла при горячей сварке применяются электроды больших диаметров 6—16 мм. Сварка ведется на постоянном или переменном токе при повышенных режимах ($I_{св} = 60—100$ А на 1 мм диаметра электрода).

Холодная сварка серого чугуна. Этим способом чугунные детали сваривают в холодном состоянии без предварительного подогрева. Ручная дуговая сварка стальными электродами применяется для заварки незначительных дефектов чугунного литья на неотвеченных необрабатываемых деталях. Применяются электроды с фтористокальциевым покрытием типа Э-42 А, Э50 А марок УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55. При сварке стальными электродами с целью образования прочного соединения в чугунное изделие завертывают шпильки, которые в процессе сварки сначала обваривают кольцевыми швами, затем заполняют участки между обваренными шпильками. После этого заправляется вся разделка.

Эту операцию выполняют электродом диаметром 4 мм на постоянном токе обратной полярности, сварочный ток 120—130 А. Сварку ведут с минимально возможной глубиной проплавления основного металла короткими участками 40—50 мм.

Для холодной сварки чугуна применяются электроды марок ЦЧ-4, ОЗЧ-1, МНЧ-1 и ЦЧ-3А. Электроды ЦЧ-4 предназначены для сварки обычных серых и высокопрочных чугунов, дающие в наплавленном металле легированный сплав по твердости, приближающийся к твердости обычного чугуна. Рекомендуемые режимы тока для электрода диаметром 3 мм — 60—75 А, 4 мм — 90—110 А. Для уменьшения отбела в зоне сплавления и для получения легкообрабатываемого сварного соединения глубина проплавления свариваемого чугуна должна быть минимальной.

Сварка чугуна электродами из цветных металлов (медно-железными) марок ОЗЧ-1 и МНЧ-1 позволяет получить сварное соединение, обрабатываемое обычным режущим инструментом.

Сварное соединение чугуна, выполненное данными электродами, представляет собой механическую смесь меди и железно-углеродистого сплава, скрепленных с основным металлом общими кристаллами стали, а также путем частичной диффузии меди в микропоры чугуна. Сварка электродами ОЗЧ-1 и МНЧ-1 выполняется постоянным током обратной полярности предельно короткой дугой небольшими участками (для ОЗЧ-1 — 30—60 мм; для МНЧ-1 — 15—20 мм). Каждый участок сразу после обрыва дуги рекомендуется проковывать. Возобновлять сварку только

после охлаждения шва до 50—60°С. Рекомендуемые режимы тока для электрода диаметром: 3 мм — 90—120 А, 4 мм — 120—140 А, 5 мм — 160—190 А.

Для сварки высокопрочного магниевого чугуна применяются электроды ЦЧ-3А. Для предупреждения отбела по линии сплавления глубина проплавления свариваемого чугуна должна быть минимальной. С этой целью сварка ведется короткими швами 70—100 мм. Наложение швов проводится с повторно-возвратными движениями электрода через каждые 20—30 мм. Обрыв сварочной дуги производится на наплавленном металле. После наложения каждого шва необходимы тщательная проковка в горячем состоянии, остывание до температуры 50—60°С в местах, расположенных в непосредственной близости от шва. После этого накладывается следующий валик.

Полуавтоматическая сварка чугуна порошковыми проволоками. Для заварки дефектов в отливках из серого чугуна с толщиной стенки в дефектном месте 14—15 мм и более применяются порошковые проволоки марок ППЧ-1, ППЧ-2 и ППЧ-3. ППЧ-1, ППЧ-2, ППЧ-3 обеспечивают получение наплавленного металла — серого чугуна, по структуре и свойствам близкого к основному. ППЧ-1 используется для заварки без предварительного подогрева небольших дефектов (раковин, пор, сыпи, недоливов и т. п.). ППЧ-2 — для заварки с предварительным подогревом до температуры 300—350°С дефектов на толстых стенках отливок, а также без предварительного подогрева в тех случаях, когда при заварке обеспечивается достаточный разогрев значительной массы основного металла и имеется возможность свободной усадки наплавки. ППЧ-3 — для торячей заварки дефектов различных размеров.

Заварка дефектов, как правило, производится в нижнем положении. При заварке небольших участков (от 20 до 50 мм в диаметре) необходимо поддерживать жидкую ванну по всей площади дефекта. При больших размерах раковин и других дефектах заварку их следует производить отдельными участками, начиная с расположенного в наиболее глубоком месте. Площадь участка должна составлять 100—150 см². Заварку каждого участка ведут непрерывно, постепенно уменьшая его диаметр так, чтобы кромки наплавленного металла имели наклон к горизонтальной плоскости не более 60°. После наплавки каждого участка поверхность его зачищается. Перерыв между наплавкой отдельных участков делать не следует (кроме времени на зачистку).

Сварка порошковыми проволоками ППЧ-1, ППЧ-2, ППЧ-3 производится на постоянном токе прямой полярности, обратную

полярность применяют при сварке с малой скоростью подачи электродной проволоки (до 100—120 м/час).

Выбор режима сварки определяется толщиной стенки отливки, жесткостью конструкции, величиной и расположением дефекта, мощностью источника питания и т. д. С учетом этих факторов для каждого случая применяется максимально допустимый режим сварки (табл. 35). Вылет электрода должен быть в пределах 20—50 мм.

Таблица 35

Ориентировочные режимы сварки порошковыми проволоками серого чугуна

Скорость подачи проволоки, м/час.	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость перемещения электрода, м/час.
130	240—280	30—32	Не более 5
178	340—380	32—34	
210	440—490	34—36	
300	550—600	36—38	

ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сварка меди и ее сплавов. Ручная сварка угольным электродом. Сварку угольным или графитовым электродом выполняют постоянным током обратной полярности (табл. 36). Длина дуги должна быть 35—40 мм. В качестве присадочного материала служат прямоугольные или круглые прутки из красной меди М1 и М2. Сечение присадочных прутков должно быть не менее 20—25 мм² для предохранения расплавляемого металла присадочного прутка от перегрева и интенсивного окисления. В качестве флюса применяют плавящую буру или смесь из 95% прокаленной буры и 5% металлического порошка. Присадочный прутки и кромки свариваемого металла перед нанесением флюса зачищают металлической щеткой или промывают 10%-ным раствором каустической соды. Металл толщиной более 4 мм должен иметь разделку кромок с углом раскрытия 70—90°. Сварку стыков ведут на графитовой или асбестовой подкладке. После сварки производят проковку и быстрое охлаждение швов.

Ручная сварка металлическими электродами. Наиболее широкое применение для дуговой сварки меди получили электроды «Комсомолец-100». Сварку производят постоян-

ным током обратной полярности. Возвратно-поступательное движение электрода при сварке меди обеспечивает лучшее формирование шва. Процесс сварки меди рекомендуется вести с предварительным подогревом изделия до температуры 250—350°С.

Металл толщиной до 4 мм сваривают без разделки кромок, до 10 мм — с односторонней V-образной разделкой с углом разделки 60—70° и притуплением 1,5—3 мм. При большей толщине выполняется X-образная разделка. Рекомендуются режимы тока для электрода диаметром 3 мм — 140—200 А, 4 мм — 200—300 А, 5 мм — 300—380 А.

Таблица 36

Режимы ручной дуговой сварки меди угольным и графитовым электродами

Толщина металла, мм	Диаметр электродов, мм		Диаметр присадочных прутков, мм	Сварочный ток, А
	угольных	графитовых		
1—2	12	4	1,5—2	150—200
2—5	15	13	2—3	200—300
5—10	18	15	5—7	300—450
10—15	25	20	7—8	450—600
15—20	—	25	8—10	600—700

Аргано-дуговая сварка меди и ее сплавов неплавящимся вольфрамовым электродом позволяет получать сварные соединения высокого качества. Обычно аргано-дуговой сваркой свариваются соединения из меди толщиной до 3 мм. Сварка может производиться как постоянным током прямой полярности, так и переменным. В качестве присадочного материала используют электродную проволоку из бронзы Бр КМЦ3-1. Аргано-дуговая сварка меди обычно ведется справа налево при наклоне электрода по отношению к изделию углом вперед 80—90°, угол присадочного стержня — 10—15°, вылет электрода — 5—7 мм. Предварительный подогрев обеспечивает получение более плотного металла шва (режимы аргано-дуговой сварки меди приведены в табл. 37).

Сварка алюминия и его сплавов. Основными затруднениями при сварке алюминия и его сплавов являются: наличие тугоплавкой пленки окиси алюминия и образование пор и кристаллизационных трещин в шве.

Алюминий легко окисляется, и образуется на поверхности тугоплавкая пленка окислов, которая препятствует сплавлению металла сварочной ванны с основным металлом.

Таблица 37

Режимы аргано-дуговой сварки меди

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочного стержня, мм	Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин.	Скорость сварки, м/час.
1,2	2,5—3,0	1,6	120—130	7,0—8,5	10—12
1,5	2,5—3,0	2,0	140—150	7,0—8,5	10—12
2,5	3,5—4,0	2,5—3,0	220—230	7,5—9,5	10—12
3,0	3,5—4,0	2,5—3,0	230—240	7,5—9,5	10—12

Удаление пленки окислов алюминия при сварке достигается воздействием на нее составляющих электродных покрытий и флюсов. Причиной образования пор в сварных швах является водород. Алюминий в расплавленном состоянии хорошо растворяет водород, который, выделяясь в момент кристаллизации сварочной ванны, может образовывать поры.

Предупреждение пористости достигается тщательным удалением перед сваркой влаги с поверхности металла, из покрытия электродов и флюсов, а также подогревом изделия перед началом ручной сварки и правильным выбором режима при автоматической сварке.

Перед сваркой с листов алюминия удаляют жир, промывая их водой и протирая сначала сухой мешковиной, а затем смоченной ацетоном, растворителем РДВ, бензином или другими растворителями. Механическая зачистка выполняется стальной щеткой из проволоки диаметром не более 0,1 мм. Более чистой получается поверхность после химической очистки.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом. Детали и конструкции из чистого алюминия марок АД0, АД1 свариваются электродами ОЗА-1, сварку ведут постоянным током обратной полярности с предварительным подогревом свариваемых листов толщиной 6—8 мм до 200°С, толщиной 8—16 мм — до 350—400°С. Разделку кромок производят при толщине металла свыше 20 мм, сварку выполняют с двух сторон при зазоре между листами 0,5—1 мм.

Для заварки дефектов литья, сварки и наплавки деталей из алюминиевокремнистых сплавов типа Ал-2, Ал-4, Ал-5, Ал-9 и Ал-11 применяются электроды ОЗА-2. Предварительный подогрев изделий такой же, как при сварке электродами ОЗА-1.

Электроды ОЗА-1 и ОЗА-2 перед сваркой рекомендуется просушивать при температуре 150—200°С в течение 2 часов. Сварку электродами ОЗА-1 и ОЗА-2 выполняют короткой дугой без поперечных колебаний электрода.

Рекомендуемые режимы тока для электродов: ОЗА-1 и ОЗА-2 диаметром 4 мм — 120—160 А, 5 мм — 150—220 А, 6 мм — 200—300 А.

Аргоно-дуговая сварка. Аргоно-дуговая сварка алюминия и его сплавов может осуществляться неплавящимся вольфрамовым электродом и плавящимся алюминиевым электродом. Для сварки применяют аргон марок А и Б.

Сварку вольфрамовым электродом производят переменным током вручную (режим ручной аргоно-дуговой сварки алюминия на медной подкладке приведен в табл. 38).

Таблица 38

Режим ручной аргоно-дуговой сварки алюминия

Толщина металла, мм	Сварочный ток при положении шва в пространстве				Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона, л/мин
	нижнем	вертикальном	горизонтальном	потолочном		
1,5	—	75	—	75	—	7
3,0	140	130	—	140	3,0	8
6,5	290	—	260	245	3,0	12

При сварке стыковых соединений из металла толщиной более 1,6 мм необходимо использовать присадочную проволоку. Соединение с отбортовкой кромок применяется для листов толщиной от 0,8 до 2 мм. При сварке плавящимся электродом применяют постоянный ток обратной полярности. Сварку производят полуавтоматом или автоматом.

НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИИ

Напряжения и деформации в сварных конструкциях являются результатом появления внутренних напряжений, вызываемых различными причинами. Основными причинами возникновения внутренних напряжений являются локальное расплавление кромок свариваемых деталей и сравнительно быстрое охлаждение сварного шва, приводящие к структурным изменениям металла,

тепловая усадка металла шва и жесткое закрепление деталей или самого изделия в процессе производства сварочных работ. Указанные причины в основном присущи самому процессу электродуговой сварки.

Различают следующие виды остаточных напряжений:

а) остаточные напряжения первого рода имеют определенную ориентацию, в зависимости от формы изделия, и уравниваются в крупных объектах, соизмеряемых с размерами изделия или его частей;

б) остаточные напряжения второго рода не имеют определенной направленности и уравниваются в пределах микрообъемов тела;

в) остаточные напряжения третьего рода не имеют определенной направленности и уравниваются в пределах атомной решетки.

Расчетами определяют только напряжения первого рода, остаточные напряжения второго и третьего рода находят опытным путем. Общие деформации в сварных конструкциях могут быть продольными и поперечными, деформациями изгиба, скручивания и потери устойчивости. Наиболее часто в практике встречаются деформации изгиба. Причинами возникновения общей деформации конструкции является появление упруго-пластических деформаций в сварных соединениях, в свою очередь вызванных остаточными напряжениями от сварки.

Деформация стыковых и тавровых соединений. При сварке происходит продольная и поперечная усадка. Чем больше объем наплавленного металла, тем больше усадка. Поперечная усадка дает коробление листов, которое направлено в сторону усиления шва (рис. 29, а). Продольная усадка вызывает сокращение длины листов при сварке продольных швов или коробление свариваемых элементов в продольном направлении (рис. 29, б). Величина деформации зависит от величины зоны нагрева при сварке.

Чем больший объем металла разогревается при сварке, тем сильнее будут деформации и коробления.

Протяженность швов и их положение также влияют на величину деформации при сварке. Наибольшие деформации вызывают длинные швы, расположенные несимметрично относительно сечения свариваемого профиля. Чем сложнее форма детали, чем больше в ней различных швов, тем скорее можно ожидать появления деформаций и напряжений при сварке.

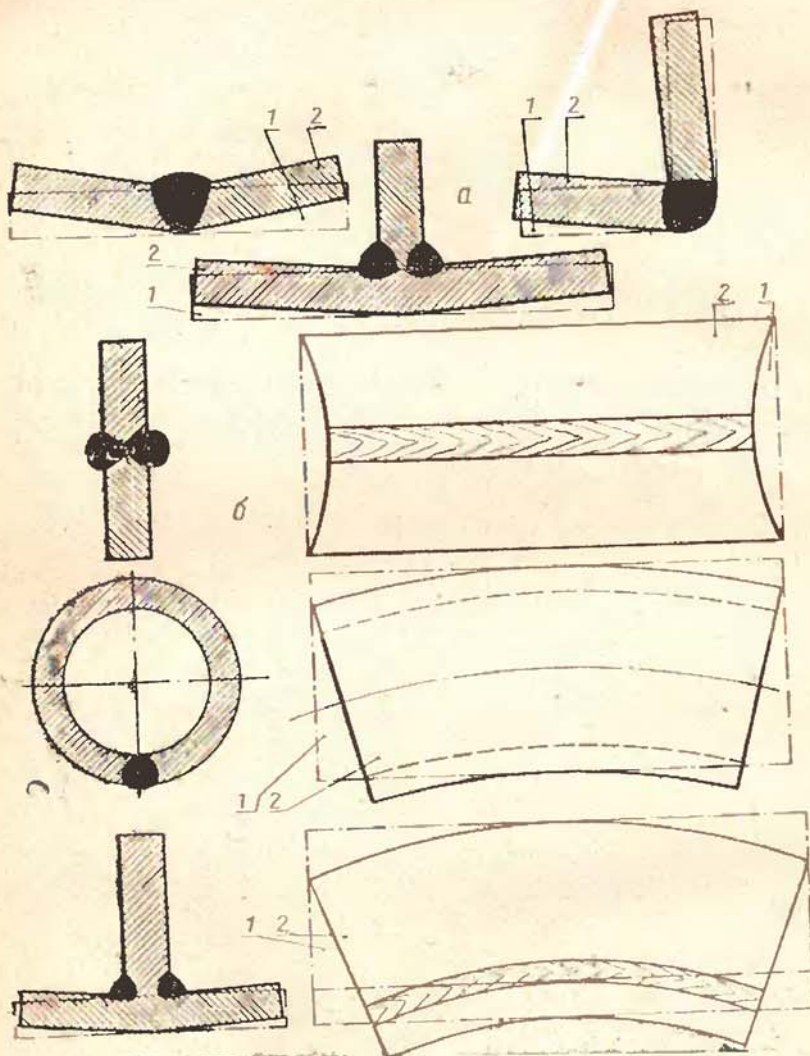


Рис. 29. Деформация свариваемых деталей от поперечной (а) и продольной (б) усадки наплавленного металла:

1 — положение деталей до сварки; 2 — положение деталей после сварки

Конструирование сварных соединений и узлов следует производить с учетом ожидаемых деформаций от сварки и применять соединения с минимальным объемом наплавленного металла, симметричным его расположением относительно плоскости деформации, по возможности исключать пересечение сварных узлов и т. п.

Технология сборки и сварки. При сборке изделий под сварку следует исключить применение прихваточных швов, которые создают жесткое закрепление и приводят к появлению значительных напряжений и деформаций изделий. В этом случае целесообразно применять клиновые, центровочные и другие сборочные приспособления.

Величина и характер сварочных напряжений и остаточных деформаций зависят от величины погонной энергии сварки, порядка наложения швов по длине и сечению. Так, при сварке нескольких листов продольными и поперечными швами сначала выполняют поперечные, соединяющие отдельные листы, полосы, а затем продольные. Причем протяженные швы выполняют обратноступенчатым способом.

Многослойные швы больших толщин (свыше 20 мм) следует выполнять «горкой» или «каскадом». Уравновешивание деформаций осуществляют путем наложения швов в последовательности, при которой деформации от предыдущего и последующего швов имеют обратные знаки (рис. 30).

Обратные деформации. Перед сваркой в детали искусственно создается деформация, обратная той, которая должна возникнуть при сварке (рис. 31). Способ применяют при сварке конструкций, в которых швы расположены только с одной стороны оси изделия. Жесткое закрепление свариваемых деталей обеспечивает снижение остаточных сварочных деформаций вследствие протекания пластической деформации их при расплавлении и охлаждении сварочного шва.

Искусственное охлаждение детали в процессе сварки уменьшает зону термического влияния и деформацию изделия. Охлаждать можно, погружая изделия в воду и оставляя на поверхности только места сварки или применяя подкладки из меди (охлаждаемой или неохлаждаемой).

Подогрев основного металла при сварке является наиболее действенным способом борьбы с внутренними напряжениями. Этот метод применяется при сварке сложных конструкций из стального литья, легированных сталей и чугуна.

Температура подогрева определяется свойствами металла и

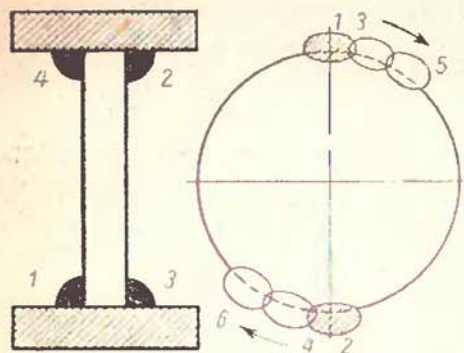


Рис. 30. Уравновешивание деформаций

Холодная и горячая правка изделий после сварки производится с целью обеспечения необходимых геометрических размеров конструкции. Холодная правка выполняется с помощью приложения статических или ударных нагрузок. Горячая правка осуществляется путем наложения дополнительных валиковых швов с обратной стороны шва или местным прогревом различными способами (газовой горелкой, токами промышленной частоты, токами высокой частоты и т. д.).

ДЕФЕКТЫ И КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ

Снижение прочностных свойств сварных швов и соединений наблюдается при появлении в них дефектов. Дефектами сварных соединений называют отклонения от норм, предусмотренных ГОСТами, техническими условиями и чертежами. Дефекты сварных швов бывают внешние и внутренние. К внешним дефектам относятся видимые несплошности, подрезы, прожоги, неудовлетворительное формирование шва, видимые трещины и шлаковые включения. К внутренним дефектам относятся поры и раковины, внутренние трещины, несплавления, шлаковые включения и несплавления кромок (характерные дефекты сварных соединений, выполненные электродуговой сваркой, основные причины их образования и способы исправления приведены в табл. 39).

составляет для стали 500—600°, чугуна—700—800°, алюминия—250—270°, бронзы—300—400°С.

Отжиг после сварки является также наиболее существенным средством уменьшения внутренних напряжений. Этот способ применяют для сталей, имеющих склонность к образованию закаленных зон вблизи сварного шва, и для конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках.

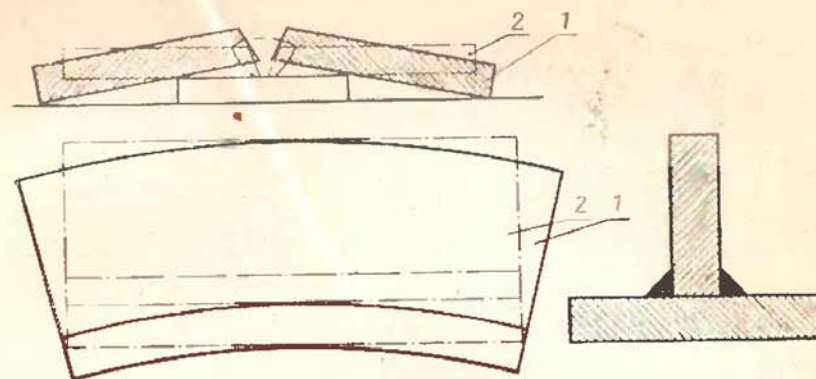


Рис. 31. Примеры использования способа обратных деформаций

Этапы контроля. Технологический процесс производства сварных конструкций предусматривает предварительный, пооперационный и окончательный контроль качества сварных соединений и швов.

При предварительном контроле проверке подлежат квалификация сварщиков и дефектоскопистов, состояние сварочного оборудования, дефектоскопической аппаратуры и сборочно-сварочных приспособлений, контрольно-измерительные приборы и инструмент, комплектность документации, исходные свариваемые и сварочные материалы и материалы для дефектоскопии.






Пооперационный контроль включает проверку подготовки деталей и сборки под сварку, проверку технологического процесса. При контроле качества подготовки деталей проверяют соответствие размеров и формы деталей требованиям чертежей.

В собранных под сварку узлах следует контролировать соответствие величины зазора и смещение кромок требованиям ГОСТ 5264—69, ГОСТ 8713—70 и ГОСТ 14771—69, а также надежность закрепления деталей в сборочно-сварочных приспособлениях.




При сварке проверяют правильность выполнения отдельных операций, соблюдение режимов сварки и заданного порядка наложения швов. При контроле технологических режимов сварки должно быть проверено их соответствие требованиям технологического процесса на изготовление узла или производственной инструкции по сварке.

Окончательный контроль предусматривает контроль качества

Основные дефекты сварных соединений, методы их выявления и способы исправления

Вид дефекта	Эскиз	Причины появления дефекта	Методы контроля	Способы исправления дефекта
1	2	3	4	5
Прожог		Большая сила сварочного тока при малой скорости сварки. Большой зазор Недостаточное прижатие кромок	Внешний осмотр	Расчистить дефектное место и подварить
Непровар		Неправильный режим сварки	Наружный осмотр	Вырубить дефектный участок и заварить вновь
		Неправильная сборка и подготовка кромок под сварку	Засверловка Технологическая проба Магнитографическая дефектоскопия Макроисследование	
				
				

Продолжение

1	2	3	4	5
Газовые поры		Наличие масла, ржавчины и других загрязнений Повышенная влажность углекислого газа Большая длина дуги Высокая скорость сварки с быстрым остыванием сварочной ванны. Недостаточная раскисленность электродной проволоки и основного металла	Внешний осмотр Технологическая проба Дефектоскопия	Дефектный участок с кучно расположенными порами вырубать и заварить вновь. Единичные наружные поры удаляются повторной заваркой. При исправлении участков с единичными порами допускается применение засверловки с последующей заваркой отверстия
Подрезы основного металла		Большая сила тока Неправильное положение сварочной проволоки	Внешний осмотр	Исправление тонким швом. При необходимости должна быть обеспечена последующая зачистка для создания плавного перехода к основному металлу
Трещины в сварных швах		Повышенное содержание углерода, серы и фосфора Склонность металла к закатке Сварка в жестком режиме Сварка при низких температурах	Внешний осмотр Магнитографическая и ультразвуковая дефектоскопия Металлографические исследования	Вырубить швы и заварить вновь

швов и готового изделия. Основная задача этого этапа контроля состоит в выявлении дефектов сварных соединений — различного рода нарушения геометрических параметров, изменения структуры, а также внешнего вида сварных соединений.

СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ

Основными способами контроля сварных швов и готовых изделий являются: внешний осмотр и обмер, радиационные, ультразвуковые, капиллярные, механические испытания и металлографические исследования. Все способы контроля подразделяют на две группы: неразрушающие и разрушающие.

Неразрушающие способы контроля. Внешний осмотр и измерения позволяют выявить следующие внешние дефекты швов: непровары, наплывы, подрезы, прожоги, трещины в швах и зоне термического влияния, пористости, смещения свариваемых деталей, а также правильности формы и размеров сварных швов и их соответствия стандартам, техническим условиям и чертежам на узел.

Отклонения от заданных размеров сварных соединений определяются при помощи измерительного инструмента, предусмотренного картами технологического процесса.

Ультразвуковая дефектоскопия является одним из наиболее универсальных методов неразрушающего контроля. Она основана на способности энергии ультразвуковых колебаний распространяться с малыми потерями в однородной упругой среде и отражаться от границы разделов сред.

Ультразвуковой контроль позволяет выявить в сварных швах такие дефекты, как трещины, непровары, шлаковые включения и газовые поры.

Отечественная промышленность выпускает для ультразвукового контроля ультразвуковые дефектоскопы типов УДМ-1М, ДУК-11ИМ, ДУК-13ИМ и др. Чувствительность дефектоскопов обеспечивает выявление дефектов площадью 2 мм² и более. Наиболее эффективно контроль выполняется при толщине металла более 15 мм.

Магнитографический метод контроля заключается в фиксации на магнитную ленту полей рассеяния, возникающих над дефектными участками при намагничивании до насыщения зоны контролируемого сварного соединения и с последующим воспроизведением (считыванием) записей с ленты с помощью специального устройства.

Магнитографическим методом контроля могут быть обнаружены в сварных соединениях дефекты, преимущественно ориентированные поперек направления магнитного потока: трещины, непровары, шлаковые включения (цепочки и скопления), подрезы, прожоги и др. Магнитографический метод контроля может применяться для проверки «сплошности» стыковых сварных швов различных узлов, изготовленных из ферромагнитных материалов и выполненных электродуговой сваркой. При использовании выпускаемой промышленностью намагничивающей аппаратуры магнитографическим методом могут контролироваться узлы с толщиной стенки до 18 мм.

Для выполнения магнитографического контроля сварных соединений выпускаются дефектоскопы типа МД-11М.

Радиационная дефектоскопия — это совокупность методов контроля качества материалов и изделий путем просвечивания различными видами ионизирующих излучений: рентгеновским, гамма-бетта и нейтронным.

Все перечисленные методы радиационного контроля применимы для дефектоскопии сварных швов, выполненных электродуговой сваркой всех свариваемых металлов и сплавов. Наиболее эффективным является фотографический метод контроля, который в настоящее время лучше освоен и обладает достаточной чувствительностью.

Рентгено- и гаммаграфирование сварных швов позволяет выявлять внутренние дефекты в сварном шве и околошовной зоне: газовые включения, шлаковые включения, непровары, трещины, вольфрамовые включения.

Для рентгенографирования и гаммаграфирования промышленности выпускает аппараты следующих типов: РУП-150-10, РУП-400-5, РУП-150/300-10-1, РИД-11, РИД-21, РИД-22.

Капиллярная дефектоскопия основана на использовании явлений капиллярного проникновения индикаторной жидкости в полости дефектов сварных соединений. Метод позволяет обнаружить дефекты типа пор, раковин, трещин, непроваров, имеющих выход на поверхность, а также сквозные дефекты, нарушающие герметичность сварных швов.

Капиллярными методами в соответствии с ГОСТ 3242—69 можно выявлять в сварных швах трещины, поры, непровары размером 0,002—0,500 мм. Капиллярные методы делятся на цветные и люминесцентные. Разновидностью цветного можно считать испытание керосином. При люминесцентном методе на соединение наносят проникающую жидкость, которая ярко флуоресцирует под действием ультрафиолетовых лучей. При этом де-

фекты, в которые проникла люминесцентная жидкость, становятся хорошо видимыми. Для люминесцентного контроля выпускают дефектоскоп ЛЦ-4. При цветном методе на изделие наносится подкрашенная проникающая жидкость. Для обнаружения жидкости в дефектах на контролируемую поверхность наносится слой проявителя, хорошо контрастирующего с проникающей жидкостью. При просушке проникающая жидкость диффундирует из дефектов и окрашивает проявитель в яркий цвет.

К преимуществам капиллярных методов контроля следует отнести: возможность контроля сварных соединений из различных металлов, простоту аппаратуры, сравнительно низкую стоимость, высокую производительность и возможность контроля сварных соединений сложной конфигурации.

Недостатки метода: невозможность выявления дефектов, не имеющих выхода на поверхность, токсичность и пожароопасность некоторых жидкостей, используемых для контроля, и сравнительно низкая производительность.

Контроль герметичности сварных швов узлов производится в тех случаях, когда они в условиях эксплуатации должны обладать определенной непроницаемостью для действующих рабочих сред: жидкостей, газов, пыли и др. Испытание сварных узлов на непроницаемость производится после внешнего осмотра.

Нарушение непроницаемости швов возможно при наличии в них сквозных каналов, образуемых трещинами, цепочками пор или раковин, а также при прожогах, непроварах и других подобных дефектах. Основные способы контроля непроницаемости сварных соединений даны в ГОСТ 3242—69.

При производственном контроле сварных узлов обычно используют «пробные» испытательные вещества: воду, масло, керосин, воздух, аммиак, фреон, гелий и т. д.

Для контроля сварных узлов применяют метод опрессовки жидкостями или газами с различными способами выявления общей негерметичности или отдельных течей: манометрическим, погружением в жидкость, пенно-эмульсионным или теческательным.

Манометрический способ позволяет определить негерметичность сварного узла по изменению давления пробного вещества. Его можно широко применять при возможности опрессовки объектов жидкостями или газами. Изменение давления в полости проверяемого объекта регистрируется манометрическими устройствами различного типа. Течи можно также обнаруживать по струям жидкости или потению при осмотре наружной стороны швов.

Пневмоиспытания производятся посредством погружения узла в жидкость или нанесением пенно-эмульсионного индикатора. Выявление течей при контроле осуществляется по пузырькам выходящего газа в воде ванны, в которую погружается проверяемый объект. Обнаружить течи в швах крупных узлов или объектов в сборе можно нанесением на сварные соединения эмульсии или пены веществ, способных к образованию видимых газовых пузырьков.

Испытание керосином применяют для сосудов, работающих без внутреннего давления, и как предварительный метод контроля для сосудов, работающих под давлением.

Для выявления дефектов методом керосиновой пробы одну сторону сварного соединения окрашивают мелом, разведенным в воде. После высыхания мела вторую сторону шва обильно смазывают керосином, который, проникая через дефекты в шве, оставляет на меловой краске жирные пятна.

Разрушающие способы контроля. Технологические пробы предназначены для определения сплавления металла, характера излома соединений, непроваров, перегрева металла шва и несплавления кромок. Выполняется технологическая проба одновременно со сваркой изделий на тех же режимах и на образцах из того же материала. Качество шва можно оценивать также по внешнему виду поверхности засверловки, которая затем может быть заварена.

Механические испытания выполняются в соответствии с ГОСТ 6996—66 и преследуют цель количественно оценить прочность и пластичность сварных соединений и швов установленным требованиям.

При контроле качества соединений используются механические испытания на статическое растяжение, статический и ударный изгиб.

Определение механических свойств сварных соединений производят на образцах, вырезанных из сварных узлов или из заготовок, сваренных в тех же условиях, что и сварной узел. Испытание сварного соединения на растяжение и на ударный изгиб проводят не менее чем на трех образцах (если нет других указаний в ТУ на узел, изделие). Испытание на статический изгиб проводят не менее чем на двух образцах.

Металлографический метод, при котором изучают макроскопическую и микроскопическую структуру швов. Исследованием макроструктуры определяют: глубину провара и очертания зоны термического влияния, различные дефекты сварки (непровары, раковины, шлаковые включения и трещины). Ма-

кроструктура сварных соединений наблюдается невооруженным глазом или при увеличении до 30 раз на поверхности макрошлифов, вырезанных и подготовленных из этих соединений.

По микроструктуре устанавливают: структуру наплавленного металла шва и околошовной зоны, величину зерна, микроскопические дефекты сварки в виде пор, трещин, шлаковых включений, непроваров. Микроструктуру сварных швов исследуют на шлифах с помощью микроскопа, с увеличением от 50 до 1500 раз.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Несоблюдение правил техники безопасности при электродуговой сварке может привести к поражению электрическим током, поражению лучами электрической дуги глаз и открытых поверхностей тела, отравлению вредными газами, ожогам тела брызгами расплавленного металла, взрыву сосудов, находящихся при сварке под давлением или содержащих внутри пары горючего, пожарам от искр и капель расплавленного металла и шлака, ушибам и ранениям.

Меры безопасности от поражения электрическим током. Поражение электрическим током сварщика возможно от прикосновения к неизолированным токоведущим частям электрической цепи, находящимся под напряжением.

Для предупреждения возможности поражения электрическим током при выполнении электродуговой сварки необходимо соблюдать следующие правила:

1. Работать в исправной и сухой спецодежде, брезентовых рукавицах, специальных галошах или в обуви с резиновой подошвой, не имеющей металлических гвоздей.

2. Корпуса источников сварочного тока и сварочной аппаратуры должны быть заземлены.

3. Электрододержатель должен иметь надежную изоляцию рукоятки. Сварочные провода также должны быть хорошо изолированы и защищены от механических повреждений.

4. Исправлять электрическую цепь необходимо только при выключенном рубильнике.

5. При длительных перерывах в сварке или после окончания работы необходимо выключать электрический ток.

6. Не прикасаться голыми руками к токоведущим частям сварочной аппаратуры и к изделию, находящемуся под током.

7. При появлении напряжения на частях сварочной аппаратуры и оборудования, не являющихся токоведущими, надо немедленно прервать сварку и вызвать электромонтера.

8. Сварщику категорически запрещается подключать источник тока и сварочную аппаратуру к цеховой сети 220 или 380 В.

9. При работе внутри или снаружи сосуда и на листовой конструкции необходимо пользоваться резиновыми ковриками или настилом из сухого дерева. Внутри закрытых сосудов следует работать с подручным.

В случае поражения электрическим током необходимо уметь оказать пострадавшему первую помощь. Для спасения человека, попавшего под напряжение, необходимо немедленно выключить ток первичной цепи. Если быстро выключить ток невозможно, то следует удалить провод от пострадавшего с помощью резиновых перчаток или сухого деревянного предмета. Пострадавшему необходимо сделать искусственное дыхание, обеспечив доступ чистого воздуха.

Меры безопасности от поражения лучами электрической дуги. Сварочная дуга излучает яркие видимые световые лучи и невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Поражение глаз лучами электрической дуги вызывает светобоязнь, слезотечение и сильную резь. Лучи дуги на открытых частях тела могут вызвать ожоги кожи. Для защиты глаз и лица от лучей дуги сварщик должен пользоваться специальными щитками или масками. В щиток вставляются специальные светофильтры — защитные стекла ЭС. Стекла-светофильтры марки Э-1 применяют при величине тока до 70 А, Э-2 — при величине тока до 200 А, Э-3 — при величине тока 400 А и Э-4 — при величине тока более 400 А. Для предохранения от брызг металла светофильтры марки ТС-3 закрывают прозрачным стеклом.

Подручные сварщиков и рабочие, находящиеся непосредственно у места сварки, должны также иметь щитки. Для защиты от ожогов сварщик должен пользоваться специальной одеждой и брезентовыми рукавицами.

Для предохранения от вредного влияния дуги на окружающих, не имеющих индивидуальных средств защиты, рабочее место сварщика должно быть закрыто переносными щитами, ширмами или находиться в специальной кабине.

Меры безопасности от ожогов, причиняемых каплями расплавленного металла и шлака. Брызги и капли металла и шлака, образующиеся при сварке, могут попасть в складки одежды, карманы, обувь, прожечь одежду и причинить ожоги. Во избежание ожогов спецодежда должна быть в исправном состоянии: застегнута на все пуговицы, клапаны карманов выпущены на-

ружу, а брюки надеты навывпуск. Головной убор должен быть без козырька, так как козырек мешает надеть щиток или шлем. Обувь должна быть с глухим верхом, хорошо подогнана и обязательно зашнурована.

Меры предупреждения отравления газами и парами. Все виды дуговой сварки сопровождаются выделением газов и различных соединений, которые часто вредно влияют на организм человека.

При ручной дуговой сварке атмосфера рабочего помещения загрязняется окисью углерода, азота, фтористыми соединениями и др. При дуговой сварке в защитных газах атмосферу загрязняют сами защитные газы, пары свариваемых металлов и их окислы. Защитные газы по-разному действуют на организм человека и имеют свои специфические свойства.

Аргон — нейтральный газ, без запаха и цвета. С увеличением содержания аргона в воздухе уменьшается количество кислорода, что вызывает удушье.

Углекислый газ — бесцветный газ, без запаха, с кисловатым вкусом. Углекислый газ сам по себе не вызывает отравлений, но его скопление сопровождается вытеснением кислорода из воздуха.

Водород — самый легкий из всех газов, не имеющий цвета, запаха и вкуса. Основная опасность, связанная с применением водорода, заключается в образовании взрывчатых водородно-воздушных и водородно-кислородных смесей.

При сварке сталей и особенно цветных металлов образуются различные соединения, которые часто вредно влияют на организм человека.

Соединения кислорода с цинком, медью и оловом могут отравить организм человека, что особенно возможно при сварке латуни, меди, бронзы. При сварке и после ее окончания сварщик чувствует во рту сладкий привкус.

Соединения кислорода с марганцем, кремнием и серой также вредно влияют на организм человека.

Для удаления вредных газов и пыли на рабочих местах должна предусматриваться вентиляция.

Вентиляция может быть общей и местной. Общая вентиляция бывает приточно-вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными вытяжными устройствами. Вытяжная вентиляция при ручной дуговой сварке должна обеспечивать удаление 1200—2000 м³ воздуха на 1 кг расходуемых электродов. При наличии в составе образующихся при сварке газов и паров ядовитых

веществ вентиляция должна обеспечить максимальное их удаление, с тем чтобы их концентрация в зоне дыхания сварщика и в рабочем помещении не превосходила допустимой.

Меры безопасности при эксплуатации баллонов. В баллонах хранятся и перевозятся кислород, аргон, углекислота и другие сжатые и сжиженные газы, применяемые для сварки. Опасность при обращении с баллонами заключается в том, что они наполнены газами под давлением. Поэтому баллоны с газами нельзя бросать и подвергать ударам. Всякий нагрев баллона с углекислотой вызывает повышение давления сжатого газа и может привести при совпадении неблагоприятных условий (наличие дефектов в металле баллона, падение баллона и др.) к его разрушению. Разрушение баллона с газом или жидкостью, находящимися под высоким давлением, вызывает увечье работающих вблизи от баллона. Если даже в результате падения баллон не разрушился, само его падение может быть причиной травмы рабочего.

Баллоны должны храниться в специальных помещениях в вертикальном положении. При хранении баллонов на открытом воздухе необходим навес для защиты их от воздействия солнечных лучей. Запрещается хранить в одном помещении баллоны с кислородом и баллоны с горючим газом. Рядом с баллонами запрещается хранить горючие материалы.

При перевозке баллонов на автомашинах необходимо применять специальные приспособления — деревянные подставки с вырезами, в которых закрепляются баллоны. При транспортировке летом баллоны должны предохраняться от воздействия солнечных лучей. На транспортируемые баллоны обязательно должны быть навернуты колпаки, защищающие вентили от повреждения. Запрещается переносить баллоны на руках или плечах. Перевозка баллонов на небольшие расстояния должна производиться на специальных тележках. При этом каждый баллон в отдельности прикрепляется к тележке цепью или хомутом.

Меры по предупреждению взрывов при выполнении сварочных работ. Запрещается сварка изделий, находящихся под давлением; запрещается производить ремонт тары из под легковоспламеняющихся материалов без ее предварительной промывки или очистки; необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе со сжатыми газами. Промывка сосудов из под горючих жидкостей производится водным раствором кальциевой соды или фосфорнокислого натрия. Очистка сосудов осуществляется продувкой паром.

Противопожарные мероприятия. На рабочем месте сварщика не должны находиться легковоспламеняющиеся или огнеопасные материалы. Деревянные настилы необходимо защищать листовым железом или асбестом. Каждый сварочный пост должен иметь огнетушитель, ящик с песком и лопатой, бачок или ведро с водой. После окончания сварочных работ следует проверять рабочее помещение, где производилась сварка.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Общие сведения	4
Оборудование и инструмент для дуговой сварки	19
Источники питания сварочной дуги	19
Полуавтоматы для сварки	38
Установки для сварки неплавящимся электродом	48
Установки для плазменной сварки	49
Электрододержатели для ручной дуговой сварки	50
Принадлежности сварщика	50
Сварочные материалы для дуговой сварки	51
Классификация и общие сведения о сварочных материалах	51
Электродные проволоки для дуговой сварки	56
Электроды для ручной дуговой сварки	58
Порошковые проволоки для дуговой сварки	65
Сварные соединения и швы	71
Виды сварных соединений	71
Виды сварных швов	73
Техника дуговой сварки	75
Техника ручной дуговой сварки металлическими электродами	75
Техника аргоно-дуговой сварки	84
Техника полуавтоматической сварки под флюсом	85
Техника полуавтоматической сварки в среде углекислого газа	87
Техника полуавтоматической сварки порошковой проволокой	90
Технология дуговой сварки	92
Технология сварки низкоуглеродистых сталей	92
Технология сварки среднеуглеродистых сталей	96
Технология сварки низколегированных сталей	99
Технология сварки легированных конструкционных сталей	100
Технология сварки теплоустойчивых сталей	102
Технология сварки высоколегированных коррозионноустойчивых, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	104
Технология дуговой сварки чугуна	112
Технология дуговой сварки цветных металлов	114
Напряжения и деформации при сварке	118
Причины возникновения напряжений и деформаций	118
Способы снижения напряжений и деформаций при сварке	121
Дефекты и контроль сварных соединений	122
Дефекты сварных швов	122
Способы контроля	126
Техника безопасности	130

Иван Ефимович ЮДИН
Владимир Федорович ДОЛГОПОЛОВ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСВАРЩИКА

Редактор А. И. Миголь
Художественный редактор В. М. Волков
Оформление Н. Л. Молочинского
Технический редактор Т. П. Рашина
Корректоры Р. Ф. Мурзина, В. Н. Пономарева

Изд. № 61/12631. Сдано в набор 17-VI 1975 г. Подписано к печати 15-VIII 1975 г. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 3. Объем 8,5 физ. п. л., 7,9 усл. п. л., 7,46 уч.-изд. л. Тираж 30.000. ПК 13605.

Ростовское книжное издательство, г. Ростов-на-Дону, Красноармейская, 23.
Типография им. М. И. Калинина Ростовского управления издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Ростов-на-Дону, 1-я Советская, 57.
Заказ № 100. Цена 27 коп.

Опечатки в книге И. Е. Юдина, В. Ф. Долгополова «ПОСОБИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСВАРЩИКА»

Страница	Строка (колонка в табл.)	Напечатано	Следует читать
7	8-я снизу 3-я колонка	Длина электро- да до	Длина электро- да
48 52 53	1-я снизу 11-я снизу 10-я и 12-я сверху	рассчитана на грода коллеги́рован- ных УОНИ-13/55 — —Э50А—4,0	рассчитана трода коллеги́рован- ных УОНИ-13/55 — —Э50А—4,0-Ф
53	8-я снизу		
61	строка, АНО-8, 5-я колонка		то же
68	строка 034 1, 2-я колонка	Медь М7 13/35 114	Медь МТ 13/55 115
70 135	12-я снизу, 2-я колонка 8-я снизу		
К таблице 13			
60	1-я колонка	АНО-5 АНО-6*	АНО-5 АНО-6*
61	4-я колонка	10,0 8,5—9,5 9,5—10,0	9,0 8,5—9,5 9,5—10,0