

## ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Газ, который специально подают в зону сварки, защищает переплавляемый дугой присадочный и основной металл от воздействия воздуха. Классификация способов дуговой сварки в среде защитных газов приведена на рис. 108.

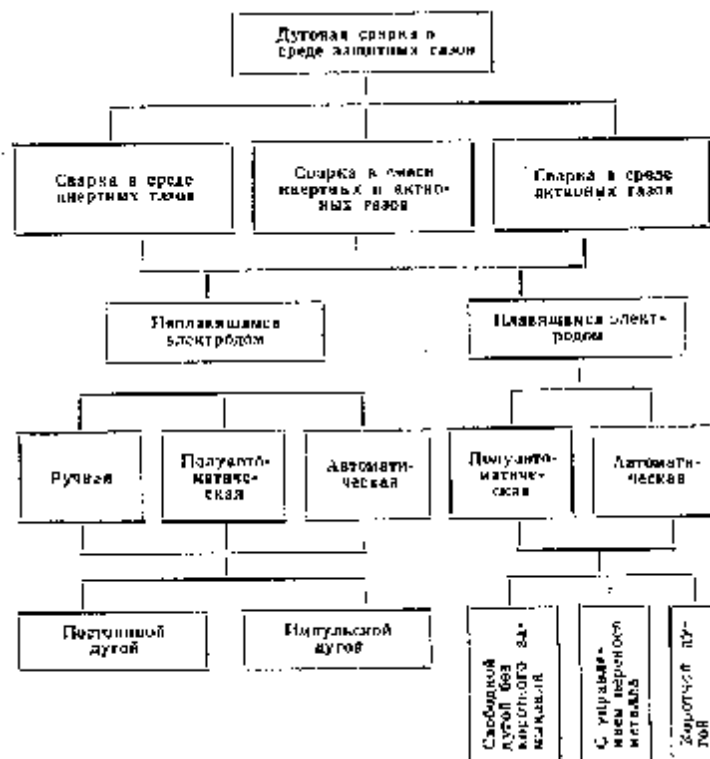


Рис. 108. Классификация способов электрической дуговой сварки в защитных газах

Для защиты зоны сварки используют различные газы, которые можно разделить на две группы: активные газы, растворяющиеся в металлах или реагирующие с тем или иным металлом (водород, угле-, кислый газ, азот); инертные газы (гелий и аргон).

Сварку в среде защитных газов выполняют в трех вариантах: дугой косвенного действия (или независимой дугой) двумя неплавящимися электродами, дугой прямого действия неплавящимся электродом и дугой прямого действия плавящимся электродом. Схема газозлектрического способа сварки приведена на рис. 109.

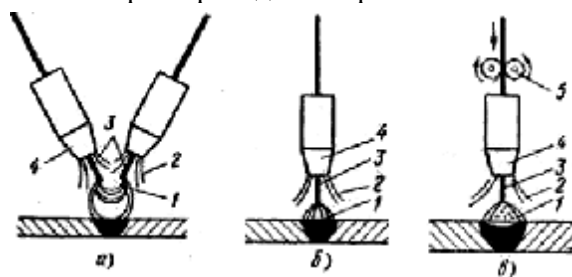


Рис. 109. Схема газозлектрического способа дуговой сварки: а — дугой косвенного действия; б — дугой прямого действия неплавящимся электродом; в — дугой прямого действия плавящимся электродом; 1 — электрическая дуга; 2 — защитный газ; 3 — электрод; 4 - газовое сопло; 5 — подающие ролики

При сварке неплавящимся электродом электрическая дуга может быть постоянная по мощности и пульсирующая. По концентрации дуги в пространстве и изоляции от окружающего воздуха дуга может быть свободной сжатой и закрытой сжатой.

При сварке плавящимся электродом можно выделить три разновидности сварки: без замыкания дугового пространства, с управляемым переносом металла (импульсно-дуговая сварка) и сварка с замыканием дугового пространства (сварка короткой дугой).

Сварка плавящимся электродом ограничена минимальной толщиной 0,8—1,0 мм. Сварка неплавящимся электродом рациональна для металла толщиной меньше 2—3 мм.

### АЗОТНО-ДУГОВАЯ СВАРКА

Электрическая дуга, являющаяся источником тепла, горит между концом неплавящегося вольфрамового электрода и изделием, а в зону сварки подается азот. Струя азота защищает расплавленный металл от воздействия кислорода воздуха, предупреждая окисление шва. Азот является инертным газом по отношению к меди, поэтому азотно-дуговую сварку применяют лишь для сварки меди и медных сплавов (латуней и бронз).

Для сварки применяют азот чистотой 99—99,5%, обязательно очищенный от кислорода и следов влаги. Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности, напряжение на дуге 22—32 В.

Обычно вольфрамовые электроды при данном способе сварки не применяют, так как нитриды вольфрама, образующиеся на поверхности электрода при горении дуги, легкоплавки, что увеличивает расход электродов. Во избежание этого пользуются торированными вольфрамовыми электродами, содержащими 1% окиси тория. Азотно-дуговую сварку меди выполняют с применением присадочной проволоки из меди марки М1, на которую наносят тонкое покрытие из раскислителей в виде смесей из древесного угля, феррофосфора, алюминиевого порошка, ферросилиция и ферромарганца.

### ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ АРГОНА И ЕГО СМЕСЯХ С АКТИВНЫМИ ГАЗАМИ

Различают два варианта аргоно-дуговой сварки: неплавящимся вольфрамовым электродом; дуга, горящая между вольфрамовым электродом и изделием, расплавляет присадочный и основной металл; при сварке соединений с отбортованными кромками присадочный материал не применяют; схема аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом показана на рис. 110; плавящимся электродом; в этом случае дуга горит между деталью и концом сварочной проволоки (электродом), которая непрерывно подается в зону дуги.

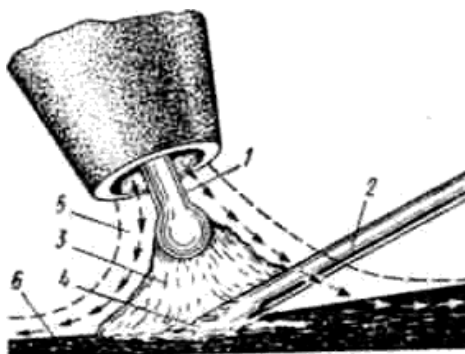


Рис. 110. Схема аргоно-дуговой электрической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом: 1 — вольфрамовый электрод; 2 — присадочный пруток; 3 — электрическая дуга; 4 — сварочная ванна; 5 — струя газа; 6 — основной металл

Аргоно-дуговую сварку при меняют при изготовлении конструкций из нержавеющей и жаропрочных сталей, цветных металлов (алюминий, медь, магний, титан, цирконий, тантал, ниобий) и их сплавов. Этим способом сваривают и разнородные сплавы, как, например 30ХГС, с нержавеющей или жаропрочной сталью, медь с латунью или со сталью и т. п.

Смесь аргона с водородом (аргона 90% и водорода 10%) нашла применение при сварке вольфрамовым электродом тонкого металла, как обеспечивающая минимальное выгорание легирующих элементов, получение швов с равномерным формированием и чистой поверхностью, а также получения суженной зоны термического влияния, уменьшенных остаточных деформаций после сварки, уменьшенной разупрочненной зоны основного металла и более высокой скорости сварки по сравнению со сваркой в аргоне.

Смесь аргона с азотом (аргона 92% и азота 8%) обеспечивает удовлетворительные свойства сварного соединения на сталях типа Х18Н9Т толщиной 2 и 4 мм при односторонней сварке. Сварные соединения, сваренные в аргоно-азотной смеси, содержащей 10—12% азота, выдерживают испытание на межкристаллитную коррозию без предварительной термообработки, а сварные соединения с предварительной термообработкой при 650° С в течение 2 ч подвержены межкристаллитной коррозии.

Смесь аргона с кислородом (аргона 95—97% и кислорода 3—5%) применяют для сварки тонкого металла плавящимся электродом, при этом повышается стабильность дуги, увеличивается жидкотекучесть сварочной ванны, улучшается сплавление металла и представляется возможным увеличивать скорость сварки по сравнению со сваркой в аргоне.

Смесь аргона с углекислым газом (аргона 95% и углекислого газа 5%) применяют для сварки тонкого металла (не более 6 мм) из стали типа 30ХГСА и типа Х18Н9Т, при этом достигается минимальное разбрызгивание, оптимальная плотность и прочность швов. Швы, сваренные в смеси аргона и углекислого газа, после термообработки их при 650° С в течение 2 ч склонны к межкристаллитной коррозии.

При сварке металла толщиной свыше 6 мм и увеличении силы тока содержание углекислого газа допускается повышать без видимого ухудшения чистоты поверхности шва.

Смесь аргона, кислорода, углекислого газа и азота (аргона 88—91%, кислорода 5—6%, углекислого газа 4—6% и азота 0,1—0,3%) может быть применена для дуговой сварки плавящимся электродом диаметром 0,8 мм металлов толщиной 0,63—1,25 мм, при этом значительно расширяется область оптимальных режимов сварки.

Поскольку сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей вольфрамовыми электродами в среде аргона не обеспечивает плотных швов, а сварка с защитной углекислотой исключена, так как вольфрам при этом разрушается, то сварка названных сталей может быть выполнена качественно газозащитной горелкой с двойной защитой. У названной горелки предусмотрено два сопла с концентрическим расположением одного относительно другого. Для защиты вольфрамового электрода через внутреннее сопло горелки подается аргон, через внешнее сопло подается углекислый газ для защиты жидкого металла ванны от влияния воздуха. Сварка горелкой с комбинированной защитой может быть применена для малоуглеродистых, низколегированных и некоторых нержавеющей сталей толщиной не более 6 мм и соотношением подачи газов от 1:4 до 1:3, при этом сварные швы получают оптимальной плотности и прочности, а расход аргона сокращается в 3—4 раза.

**Оборудование.** Аргоно-дуговую сварку вольфрамовым электродом выполняют на постоянном токе прямой полярности или на переменном токе. Схема установки для сварки вольфрамовым электродом на постоянном токе приведена на рис. 111.

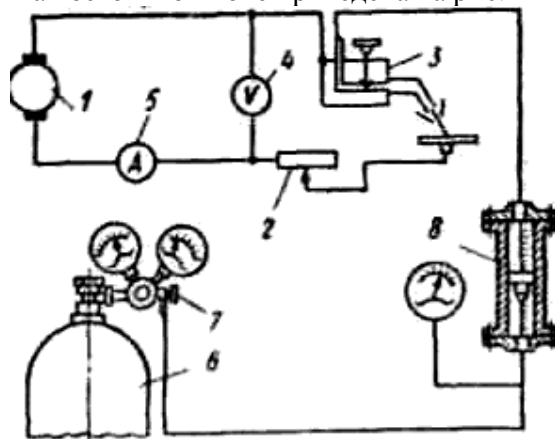


Рис. 111. Схема установки для аргоно-дуговой электрической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом на постоянном токе: 1 — сварочный генератор постоянного тока; 2 — балластный реостат; 3 — газозлектрическая горелка; 4 — вольтметр; 5 — амперметр; 6 — баллон с газом; 7 — редуктор; 8 — расходомер газа

В качестве источников питания дуги постоянного тока применяют обычные сварочные генераторы. Балластный реостат РБ-200 или РБ-300 подключают в сварочную цепь для регулирования и получения низких значений силы тока (при использовании генератора повышенной мощности), также для обеспечения устойчивости горения дуги.

Схема поста для сварки вольфрамовым электродом на переменном токе показана на рис. 112. Осциллятор в схеме применен для облегчения возбуждения дуги и улучшения ее устойчивости. Во многих случаях аргоно-дуговую сварку вольфрамовым электродом на переменном токе выполняют при повышенном напряжении холостого хода (130—200 В), которое обеспечивает хорошее горение дуги и улучшение качества шва. При питании дуги от трансформатора с повышенным напряжением холостого хода применение осциллятора обеспечивает безопасность выполнения сварки

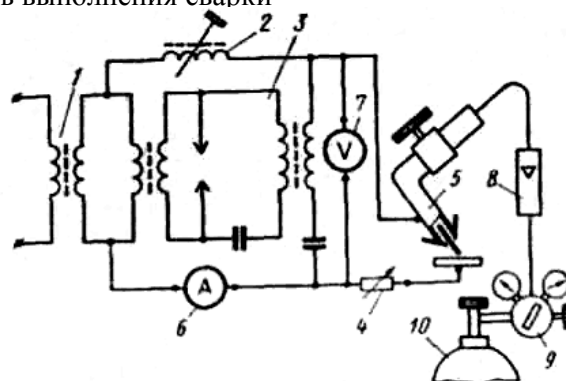


Рис. 112. Схема установки для аргоно-дуговой электрической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом на переменном токе: 1 — сварочный трансформатор; 2 — индуктивный регулятор сварочного тока; 3 — осциллятор; 4 — балластный реостат; 5 — газозлектрическая горелка; 6 — амперметр; 7 — вольтметр; 8 — расходомер газа; 9 — редуктор; 10 — баллон с газом

Аргоно-дуговую сварку плавящимся электродом в большинстве случаев ведут на постоянном токе обратной полярности. В качестве источников питания дуги могут быть применены те же генераторы, что и для постов сварки вольфрамовым электродом на постоянном токе.

Газоэлектрические горелки для ручной сварки выпускают трех типов: малая, средняя, большая с водяным охлаждением.

Универсальная горелка для сварки электродами диаметром 1,5— 8 мм включительно с водяным охлаждением показана на рис. 113.

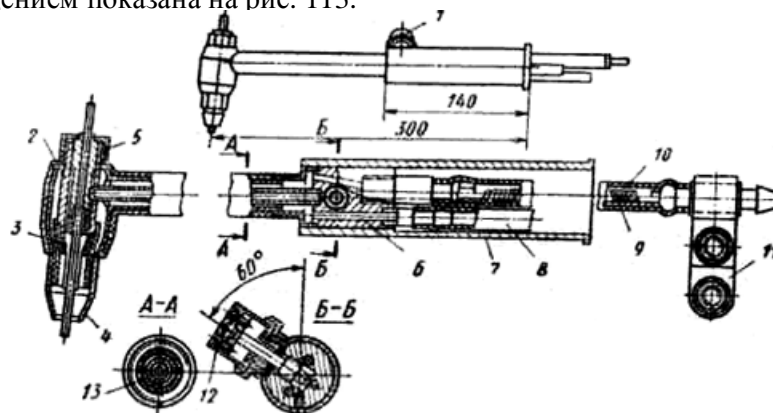


Рис. 113. Схема установки для аргоно-дуговой электрической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом на переменном токе: 1 — сварочный трансформатор; 2 — индуктивный регулятор сварочного тока; 3 — цанга для закрепления электрода; 4 — сопло; 5 — гайки; 6 — корпус горелки; 7 и 12 — изолирующие оболочки горелки; 8 и 10 — резиновый рукав для воды; 9 — сварочный провод, охлаждаемый водой; 11 — скоба для присоединения сварочного провода; 13 — ребра, разделяющие трубу на две части при подводе холодной воды и отводе горячей воды

Характеристика некоторых горелок приведена в табл. 88.

Тип горелки	Допускаемая сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Масса горелки без провода, кг	Охлаждение
ЭЗР-3-58	100	2; 3; 4	0,68	Без охлаждения
ГРАД -200	250	2—4	0,2	
ГРАД-400	400	3—6	0,4	
АР-10 (малая)	120	1; 3	0,35	Водяное
АР-10(средняя)	200	2—4	0,40	
АР10(большая)	400	3—8	0,50	
АР-7Б	450	До 7	0,5	
АР-9	350	3—6	0,45	

Специальные автоматы для дуговой сварки в защитной инертной среде представляют собой станки с головками, каретками, несущими головками и устройствами для установки и крепления свариваемых изделий, а также для их перемещения. Техническая характеристика дуговых автоматов для аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом и оборудование для сварки плавящимся электродом в аргоне и углекислом газе приведена в табл. 89 и 90.

## 89. Дуговые автоматы для аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом.

Тип	Назначение и применение	Напряжение сети, В	Диаметр электрода, мм	Диаметр присоединяемой проволоки, мм	Род сварочного тока	Номинальная сила тока, А	Толщина свариваемого металла, мм
УДАР-300	Ручная сварка алюминия и магниевых сплавов. Возможна сварка конструктивных сталей.	220, 380	2—6	—	Переменный	300	1,6—12,0
УДАР-600	То же, а также может быть использован для сварки специальных сталей.	220, 380	2—10	—	—	600	2—1,6
АГН-4-20М	Автоматическая сварка неповоротных стыков труб из нержавеющей стали диаметром 4—25 мм.	—	1,5—2	—	—	100	0,5—2,0
АГВ-2	Автоматическая сварка	220, 380	2—6	1—2,5	Постоянный и переменный	400	2—0,8
АДНГ-300	Автомат с подачей проволоки в зону горения дуги.	220, 380	2—6	1,5—2,6	Переменный	300	2—2
АГВ	Автомат для сварки неповоротных стыков труб из нержавеющей стали с подачей проволоки в зону дуги.	220, 380	1—3	1—2	Постоянный	250	2—0,8
АДСВ-1М	Автомат для сварки металлов малой толщины.	220, 380	1—5	1,0—2,5	Переменный	400	0,5—6,0

## 90. Дуговые автоматы и полуавтоматы для автоматической и полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов.

Тип	Назначение	Напряжение сети, В	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин	Расход защитного газа, л/ч	Род сварочного тока	Номинальная сила сварочного тока, А
А-765	Полуавтоматическая сварка в углекислом газе	380	1,6—2,0	1,0—10	1000—1500	Постоянный	450
ПДПГ-300	Полуавтоматическая сварка в защитных газах	—	0,8—2,0	1,5—15	600—1500	»	500
АДПГ-500	Автоматическая сварка в защитных газах	—	0,8—2,5	1,5—16	600—1500	»	500
ПГШ-3 *	Полуавтоматическая сварка в углекислом газе	—	1,6—2	3—8	1000—1500	»	500
А-547Р	Полуавтоматическая сварка в углекислом газе	220, 380	0,8—1,0	1,6—4,1	360—480	»	250
А-547У	Полуавтоматическая сварка в углекислом газе	—	0,8—1,2	1,6—4,1	360—480	»	300
ПДША-500	Полуавтоматическая сварка алюминия в аргоне	—	1,6—2,5	—	300—1000	»	500
ПШПА-10	Полуавтоматическая сварка алюминия и сталей в аргоне	—	1,0—2,0	2,5—10,8	300—600	»	300
А-537У ** А-537Р **	Полуавтоматическая сварка в углекислом газе	380	1,6—2,0	1,3—10	480—720	»	500
ПШПА-11	Полуавтоматическая сварка алюминия и сталей в аргоне	220, 380	1,6—2,5	1,7—11,7	300—800	»	300
АРД-400-2	Автоматическая сварка алюминия и нержавеющей сталей в аргоне	220	1,0—3,0	1,3—24,6	—	»	400

Тип	Назначение	Напряже- ние сети, В	Диаметр электрод- ной про- волоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин	Расход защитного газа, л/ч	Род сварочного тока	Номи- нальная сила сва- рочного тока, А
АРК-2	Автоматическая сварка алюминия и держивающих сталей плавящимся и не- плавящимся электродом	220, 380	1,0—2,5	0,125—13,4	600—1500	Переменный Постоянный	400 500
АДМТ-100	Автоматическая сварка металлов малых толщин в аргоне и углекислом газе		0,2—0,5	2,5—60	—	Постоянный	130
АДСП-2	Автоматическая сварка алюминия и его сплавов в аргоне . . . . .		1,0—2,5	1,5—13,3	—	»	400
АМС-1	Автоматическая сварка сталей и легких сплавов в аргоне . . . . .	380	1,0—2,0	2,5—25	—	»	300
ЭЗГ-5	Автоматическая сварка сталей с толщиной верх- него листа 0,5—6 мм элек- тродуговой в среде уг- лекислого газа без свер- ления . . . . .		1,6—2,0	3,3—15,6	—	»	100—600

<sup>1</sup> Газовоэлектрическая горелка с водяным охлаждением токоподводящего кабеля и сопла рассчитана на силу тока до 500 А, а горелка с газовым охлаждением — на силу тока до 350 А.  
<sup>2</sup> А-537У комплектуется двумя токоподводками: неохлаждаемым для сварки на силе тока до 300 А и охлаждаемым для сварки на силе тока 300—500 А. Начало сварки и пуск электродвигателя для подачи проволоки осуществляют закорачиванием электрода на изделие.  
<sup>3</sup> А-537Р комплектуется неохлаждаемым токоподводом для сварки на силе тока до 500 А, начало сварки и пуск электродвигателя производят выключателем на рукоятке держателя.

**Материалы.** Технический аргон применяют для сварки черных металлов, чистый—для сварки алюминия, магния, титана. Характеристики газов приведены в табл. 91

91. Газы, применяемые для газозащитной сварки.

Наименование газа	Химическое обозначение	Содержание примесей, %				Объемное содержание чистого газа, не менее	ГОСТ или технические условия	Рабочее давление в баллоне, кгс/см²	Состояние газа в бал- лоне	Окраска балло- нов
		Азот	Кис- лород	Угле- кислый газ	Прочие газы					
Аргон: чистый мар- ки А чистый мар- ки Б чистый мар- ки В	Ar	0,01 0,04 0,10	0,003 0,005 0,005	— — —	— — —	99,99 99,96 99,90	ГОСТ 10157—73	150±5	Газоб- разный	Черный с белым верхом и чер- ной надписью «Аргон чистый»
Аргон техниче- ский		12—16	0,4	0,3	—	83,3	ТУ МХП 4196—54			Черный с белой горизонталь- ной полосой и синей надписью «Аргон техни- ческий»
Гелий: технический I технический II	He	0,3—0,4 0,5—1,5	Следы —	— —	— Следы	99,6— 99,7 98,5— 99,5	ВТУ МХП 0446—54			150±5

Наименование газа	Химическое обозначение	Содержание примесей, %				Объемное содержание чистого газа, не менее	ГОСТ или техническое условие	Рабочее давление в баллоне, кгс/см <sup>2</sup>	Состояние газа в баллоне	Окраска баллонов
		Азот	Кислород	Углекислый газ	Прочие газы					
Азот: технический 1-й сорт технический 2-й сорт	N <sub>2</sub>	— —	0,5 1,0	— —	— —	99,5 99,0	ГОСТ 9293—59 *	150±5	Газооб- разный	Черный с по- перечной ко- ричной поло- сой и желтой надписью «Азот»
Водород: технический, получен- ный элект- ролизом воды технический, получен- ный элект- ролизом растворов	H <sub>2</sub>	— —	0,5 0,5	— —	— 1,5	99,5 98,0	ГОСТ 3022—70	150±5		Темно-зеленый с красной над- писью «Водо- род»
Углекислый газ: пищевой	CO <sub>2</sub>	0,70	0,8	—	0,05	98,5	ГОСТ 8058—64 ***	75	Жидкий	Черный с жел- той надписью «Углекислота»
сварочный 1-й сорт	Содержание водяных паров 0,178					99,5				Черный с желтой надписью «CO <sub>2</sub> сварочный»
сварочный 2-й сорт	Содержание водяных паров 0,515					98,5				

В качестве неплавящихся электродов для ручной и автоматической дуговой сварки на постоянном токе применяют обычно вольфрамовые прутки диаметром 0,8—8 мм по ТУ ВМ2-529—57, лантанированные вольфрамовые прутки по ВТУ ВЛ № 24-5—62, а также прутки из торированного вольфрама по нормали НИО-021-612 и итрированного вольфрама, при сварке на переменном токе — чистые вольфрамовые прутки по ТУ ВМ2-529—57.

Расход вольфрамового электрода при сварке незначителен и составляет 0,04—0,07 г на 1 м шва.



**Режимы сварки.** В табл. 92 рекомендован выбор защитного газа, а в табл. 93—97 даны режимы аргоно-дуговой сварки различных материалов.

92. Состав защитных газов для сварки различных металлов

Свариваемый металл	Толщина, мм	Защитный газ	
		при вольфрамовом электроде	при плавящемся электроде
Низкоуглеродистая сталь	≤2	Комбинированная защита Ar+CO <sub>2</sub>	1. CO <sub>2</sub> 2. 90% Ar + 10% CO <sub>2</sub> 3. Ar технический
	>2	—	CO <sub>2</sub>
Низко- и среднелегированные стали	≤3	1. Комбинированная защита Ar + CO <sub>2</sub> 2. Ar марки В	1. CO <sub>2</sub> 2. 90% Ar + 10% CO <sub>2</sub> 3. Ar технический
	>3	—	1. CO <sub>2</sub> 2. Ar технический
Нержавеющие хромоникелевые высоколегированные стали	≤3	1. Ar марки В 2. Не 2. Комбинированная защита Ar + CO <sub>2</sub>	1. Ar марки 2. Не 4. Ar технический 4. CO <sub>2</sub> 5. 90% Ar + 10% CO <sub>2</sub>
	>3	—	1. Ar марки В 2. Не 3. Ar технический 4. CO <sub>2</sub>
Жаропрочные хромоникелевые сплавы	Любая	1. Ar марки Б 2. Не	1. Ar марки Б 2. Не
Алюминий и его сплавы	≤10	Ar марки Б	Ar марки Б
	>10	—	1. Ar марок Б и В 2. 40% Ar + 60% Не
Магневые сплавы	Любая	1. Ar марки Б 2. Не	Ar марки Б
Титан и его сплавы	Любая	Ar марки А	Ar марки А
Цирконий, молибден, титан и другие активные металлы	Любая	Ar марки А	Ar марки А
Примечание. Аргон А, Б, В соответствует ГОСТ 10157—73.			

93. Режимы автоматической сварки стыковых соединений алюминиевых сплавов  
плавящимся электродом (газ—аргон)

Подготовка кромок	Толщина основного металла, мм	Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч	Диаметр электродной проволоки, мм	Число слоев	Расход газа, л/мин
Без разделки	4 6	140—200	20—36	1,6—2	1	8—9 9—11
С V-образной разделкой	8	200—290	20—30	2—2,5	2	11—13
	10	200—320	20—25	2—3	2—3	13—15
	15	290—275	18—22			15—17
С V-образной или X-образной разделкой	20	290—390	15—21	2—3	3—4	15—17
	>20	300—420	9—18		≥4	
<p>Примечания: 1. При двухдуговой сварке силу тока удваивать.  2. Заготовки толщиной 8—10 мм при двухдуговой сварке сваривать за один проход.  3. Двухдуговую сварку изделий толщиной до 10 мм допускается производить без разделки кромок.</p>						

94. Режим механизированной аргоно-дуговой сварки нержавеющей стали плавящимся электродом в различных пространственных положениях

Толщина стали, мм	Положение шва в пространстве	Подготовка под сварку			Режим сварки							
		Угол разделки, градусы	Притупление, мм	Зазор, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм			
2	Нижнее Горизонтальное Вертикальное Потолочное	Без разделки	— — — —	0,2—1,0 0,6—1,0 1,0—1,3 0,1—0,4	1,0; 0,8	200— 210	22— 24 22— 24 20— 23 22— 24	70  90 90 90	10			
3	Нижнее Горизонтальное Вертикальное Потолочное	Без разделки  30 Без разделки	—  ≤0,2 —	0,7—1,0 0,9—1,0 0,6—0,8 0,2—0,4			200— 230 200— 210 185— 180 210— 220	22— 24 20— 22 20— 22 22— 24		55  60 90 63	12   10	
5	Нижнее Вертикальное Вертикальное (сварка на подъем) Горизонтальное Потолочное	50	0,3—0,6	≤0,3			1,0	260— 270		25— 27	47	12
		50	0,2—0,6	0,6—1,2			1,0	210— 220		25— 27	55	10
		30	≤0,2	0,6—0,8	0,8	170— 180	21— 23	36	8			
		40	0,3—0,6	0,8—1,2	1,0	250— 260	24— 26	54	10			
		40	≤0,2	≤0,2	1,0	220— 230	23— 25	63	10			

Примечания: 1. Расход аргона 1,5 л/мин во всех случаях.  
2. Сварка вертикальных швов (кроме оговоренного случая) производится на спуск.

95. Режимы механизированной аргоно-дуговой сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом стыковых соединений титана и его сплавов с подачей присадочного материала

Толщина материала, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Скорость сварки, м/ч	Установочная длина дуги, мм	Расход аргона, л/мин			Число проходов
						для защиты дуги	для защиты остывающего шва	для защиты обратной стороны	
1,0	1,5—2,0	1,5	80—120	25—40	1,5—1,7	5—8	3—5	2—3	1
1,2			100—140		1,7—2,0				
1,5	140—180		2,0—2,2						
2,0	2,0—2,5	180—200		25—28	7—10	5—7			
3,0	2,5—3,0	200—260	22—25						
4,0			15—20	—	10—12		2		
10,0							8		

96. Режимы ручной аргоно-дуговой сварки магниевых сплавов МА1 и МА8 вольфрамовым электродом

Толщина металла, мм	Встык с присадкой			Внахлестку с проплавлением			Встык без присадки		
	Сила сварочного тока, А	Диаметр электрода, мм	Расход аргона, л/мин	Сила сварочного тока, А	Диаметр электрода, мм	Расход аргона, л/мин	Сила сварочного тока, А	Диаметр электрода, мм	Расход аргона, л/мин
1,0	85—90	2,0	6—8	70—75	2—3	7—9	—	—	—
1,2	85—100						—	—	—
1,5	105—110		8—9	85—90			95—100	3,0	10
2,0	130—140	3,0	9—12	—	—	—	—	—	—
5,0	220—240	4,0	20—25						
6,0	250—260		25—30						

97. Режимы аргоно-дуговой сварки (встык) циркония, тантала и ниобия

Вид сварки	Толщина металла, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Длина дуги, мм	Режимы сварки			
					Сила сварочного тока, А	Скорость сварки, м/ч	Расход газа в горелку, л/мин	Расход газа для защиты обратной стороны, л/мин
Ручная с присадкой на медной подкладке	1,5 2,0 3,0	1,2 2,0 2,0	1	—	50 60 100	—	7,5	2,3
Автоматическая без присадки, с передвижной микрокамерой на медной подкладке	0,3	—	1,6	1,0	40—50	30—32	5,6	2,3
	0,5	—	2,0	1,2	60—80		6,5	
	0,7	—		80—100	7,5			
	1,0	—		80—120				
	1,5	—		100—160				
	2,0	—		160—190				
	2,0	—	3,5	1,5			160—190	
Автоматическая, без присадки, в камере, наполненной аргоном, без подкладки	1,0	—	2,0	1,2	70—100	30—35	В камере избыточное давление аргона 0,1 ат	—
	1,5	—	3,0	1,5	100—130			
	2,0	—			140—160			

Примечание. Общая защита инертными газами в герметической камере, в которой создается вакуум до  $10^{-4}$  мм рт. ст., а затем производится наполнение гелием или аргоном до атмосферного давления, является лучшей защитой шва и околошовной зоны от насыщения металла газами.

## ДУГОВАЯ СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Сущность способа состоит в следующем: голая электродная проволока диаметром 0,5—2 мм подается с постоянной скоростью в зону сварки. Одновременно в зону сварки поступает углекислый газ, который защищает переплавляемый электродный и основной металл от окружающего воздуха. Окислительное действие углекислого газа на расплавленный металл компенсируется повышенным содержанием в электродной проволоке элементов раскислителей (марганца, кремния и др.).

Оборудование. Сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа выполняется автоматами и полуавтоматами. Наибольшее распространение в промышленности нашли полуавтоматы. Полуавтомат А-537 показан на рис. 114.

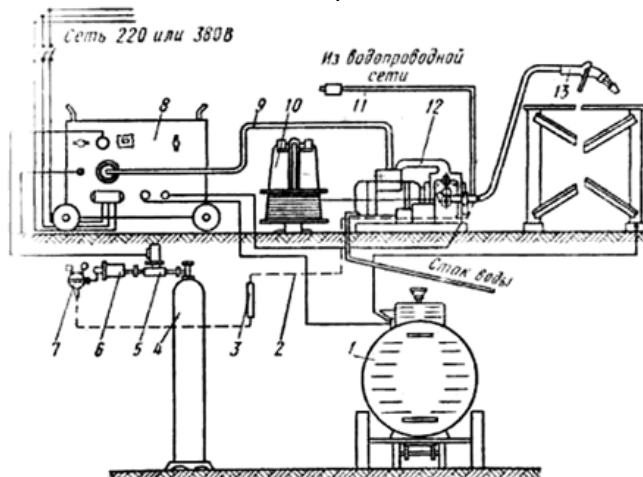


Рис. 114. Схема поста А-537 для полуавтоматической сварки в углекислом газе проволокой диаметром 1,6 — 2 мм: 1 — источник сварочного тока; 2 — резиновая трубка (шланг) для подвода углекислого газа в горелку; 3 — расходомер газа; 4 — баллон с жидкой углекислотой; 5 — подогреватель газа; 6 — предредукторный осушитель; 7 — газовый редуктор; 8 — шкаф управления; 9 — спецпровод с проводами управления; 10 — кассета с проволокой; 11 — резиновая трубка (шланг) для подвода охлаждающей воды; 12 — подающий механизм полуавтомата; 13 — газоплазменная горелка с принудительным охлаждением водой

Для сварки в среде углекислого газа применяют следующие источники постоянного тока:

преобразователи ПСО-300, ПС-500-3, ПС-500, ПСМ-1000, предназначенные для питания сварочной дуги при ручной дуговой сварке и сварке под флюсом;

сварочные преобразователи ПСГ-350, ПСГ-500 и ПСУ-500, специально разработанные (с жесткой вольт-амперной характеристикой) для сварки в защитных газах, в том числе в углекислом газе;

генераторы, обычно используемые не для целей сварки, но характеристика которых позволяет использовать их для сварки в среде углекислого газа (зарядные агрегаты АЗД, ЗП и генераторы ГСР);

выпрямители селеновые ВС-200, ВС-300, ВС-600, специально разработанные для автоматической и полуавтоматической сварки и в том числе для сварки в углекислом газе.

Горелки для полуавтоматической и автоматической сварки разделяют на горелки для сварки на малых силах тока (250—300 А) без водяного охлаждения и горелки для сварки на больших силах тока (свыше 300 А) с водяным охлаждением.

Институтом электросварки имени Е. О. Патона и ЦНИИТМАШем к полуавтоматическим постам газоплазменной сварки спроектированы рукава для одновременной подачи тока

Газоэлектрические горелки для автоматической и полуавтоматической сварки в среде углекислого газа показаны на рис. 115 и 116.

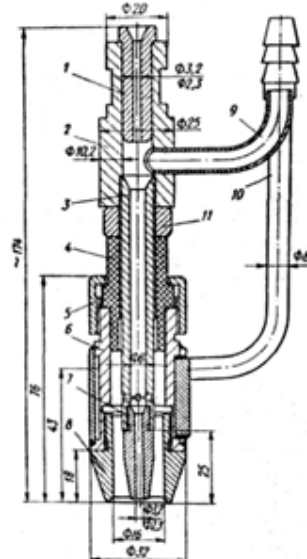


Рис. 115. Газоэлектрическая горелка для автоматической сварки в среде углекислого газа с принудительным водяным охлаждением: 1 — вставка стальная сменная; 2 — втулка бронзовая; 3 — трубка токоподводящая; 4 — втулка изоляционная; 5 — гайка накидная; 6 — корпус горелки; 7 — мундштук токоподводящий; 8 — сопло; 9 — трубка для подвода защитного газа; 10 — трубка для подвода охлаждающей воды в горелку; 11 — гайка специальная

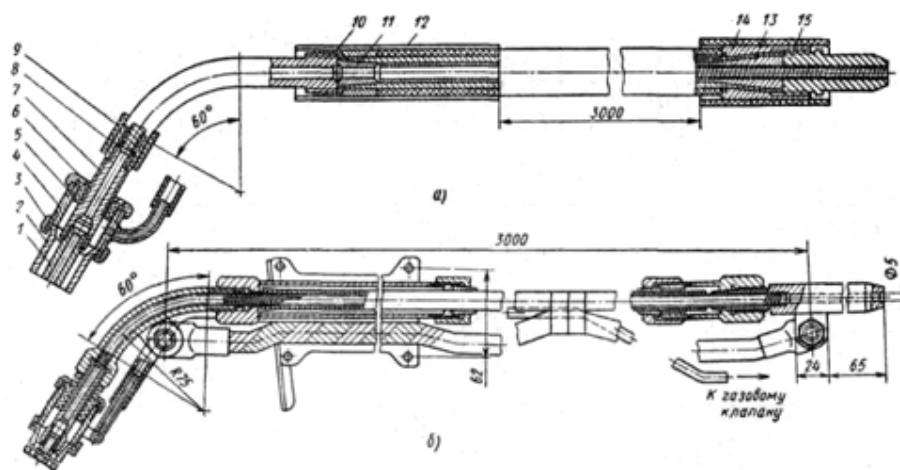


Рис. 116. Газоэлектрические горелки:

а — с гибким шлангом КШПЭ—1х75; 3х1,5 мм; б — с направляющим каналом НК—4,7 мм и отдельным сварочным кабелем ПРН-70 для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа проволокой диаметром 1,6—2 мм правительственной конструкции; механизм ПШ—10; в — накопитель; 3 — сопло; 4 — гайка; 5 — петербук; 6 — втулка изоляционная; 7 — переходная муфта; 8 — муфта; 9 — соединительная муфта; 10 — соединительный корпус; 11, 13 — изоляционная трубка; 12 — колпачок; 14 — соединительная муфта большая; 15 — соединительная муфта малая.



Для сварки тонкого металла применяют полуавтомат А-547Р, предназначенный для сварки металла толщиной до 3 мм и угловых соединений при катетах шва до 4 мм. Сварку можно выполнить во всех пространственных положениях электродной проволокой диаметром 0,8—1,0 мм постоянным током обратной полярности. Общий вид полуавтомата А-547Р показан на рис. 117.

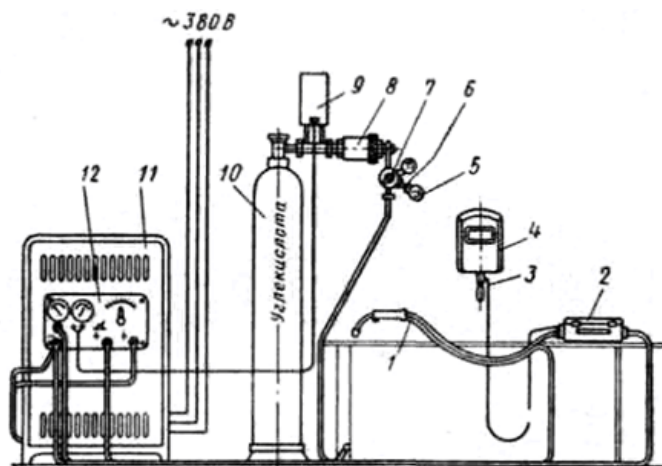


Рис. 117. Схема поста А-547Р для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа проволокой диаметром 0,8 — 1,0 мм: 1 — газопровод; 2 — подающий механизм; 3 — кнопка включения; 4 — щиток для защиты дуги; 5 — манометр на 6 ат; 6 — переходный штуцер для установки манометра; 7 — редуктор кислородный; 8 — осушитель газа (на случай работы с неосушенной углекислотой); 9 — подогреватель газа; 10 — баллон с жидкой углекислотой; 11 — источник сварочного тока (выпрямитель или генератор); 12 — пульт управления

Автоматическую сварку в углекислом газе можно выполнять специальными автоматами (см. табл. 90), а также сварочными тракторами ТС-17М, АДС-1000-2 после комплектования их специальными приставками (конструкции приставок разработаны в Институте электросварки и в ЦНИИТ-МАШе).

**Материалы.** Углекислый газ или углекислота ( $\text{CO}_2$ ) — бесцветный газ с едва ощутимым запахом; при растворении в воде придает ей слабый кисловатый вкус. При  $0^\circ \text{C}$  и давлении 760 мм рт. ст. плотность 1,97686 г/л, плотность по отношению к воздуху 1,524.

Жидкую углекислоту транспортируют в стальных баллонах или специальных контейнерах. Обычно в стандартный баллон емкостью 40 л заливают 25 кг углекислоты, образующей при испарении  $12,725 \text{ м}^3$  газа. Для сварки используют сварочную углекислоту 1 и 2-го сорта и в силу необходимости (с условием осушения) пищевую углекислоту по ГОСТ 8050—64 \*\*\*.

Электродная проволока для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом обеспечивает необходимый состав металла шва только при повышенном содержании в ней элементов раскислителей. Для получения качественных швов при сварке в углекислом газе углеродистых и некоторых низколегированных и легированных сталей применяют проволоку, регламентированную по ГОСТ 2246—70. Сварочную проволоку непосредственно перед использованием тщательно очищают до металлического блеска.

**Технология и режим сварки.** В среде углекислого газа сварка на постоянном токе обратной полярности дает лучшие результаты по сравнению со сваркой на токе прямой полярности, при которой ухудшаются устойчивость горения дуги и формирование шва, увеличивается разбрызгивание электродного металла. Преимущество сварки на токе прямой полярности — более высокий коэффициент наплавки (в 1,6—1,8 раза больше).

Рекомендуемые величины силы сварочного тока при сварке в углекислом газе приведены в табл. 98, а коэффициенты наплавки и расплавления — для проволоки некоторых диаметров —



в табл. 99.

98. Режимы сварки, обеспечивающие удовлетворительную устойчивость процесса сварки и удовлетворительное формирование швов

Диаметр проволоки, мм	Пределы сварочного тока, А	Предел плотности тока. А/мм <sup>2</sup>
0,5	25—70	130—350
0,8	70—130	140 — 260
1,0	100—200	127 — 250
1,6	150—400	71 — 199
2,0	200 — 550	64 — 175
2,5	300—700	61 — 150
3,0	400 — 850	58—120

99. Коэффициенты наплавки и расплавления при газэлектрической сварке на обратной полярности

Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм			
	1,6	2,0	2,5	3
	Коэффициент наплавки, г/А·ч			Коэффициент расплавления, г/А·ч
200	14,2	12,2	—	—
250	15,1	12,6	—	—
300	16,5	13,5	11,1	—
350	18,6	14,8	12,4	—
400	21,1	16,8	13,9	—
450	24,1	19,0	15,6	—
500	28,3	22,0	17,8	—
550	—	—	20,5	—
600	—	—	24,2	22,6
650	—	—	—	24,1
700	—	—	—	25,6
750	—	—	—	27,0
800	—	—	—	29,8
850	—	—	—	32,2
900	—	—	—	34,3

Напряжение на дуге и сила тока при сварке плавящимся электродом в углекислом газе приведены в табл. 100.

100. Напряжения на дуге и сила тока при сварке плавящимся электродом в углекислом газе

Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В
1,2	100—150	19 — 20
	150—200	21 — 23
	200—250	22 — 25
	250—300	24 — 20
2	200 — 250	25 — 27
	250—350	27—30
	350—450	30—32
	450—500	32 — 34

При полуавтоматической сварке стыковых швов и наплавках на горизонтальные поверхности угол наклона горелки к вертикальной оси принимают 5—15°.

Сварку следует проводить возможно более короткой дугой.

При автоматической сварке углеродистой стали проволокой Св-08ГС изменение угла наклона горелки относительно вертикальной оси 0—30° в ту или другую сторону не влияет на образование пор в швах.

Режимы автоматической сварки в углекислом газе нержавеющей стали приведены в табл. 101.

101. Режимы автоматической сварки нержавеющей стали толщиной 0,5 — 3 мм

Диаметр сварочной проволоки, мм	Толщина свариваемого металла, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин	Технологические приемы сварки
0,5 0,8	0,5; 0,8; 1,0	30; 40; 50; 35; 45; 55	16 — 18	35 — 45 40 — 45	5 6	6	На медной подкладке и на весу
1,6	1,5	100—170	18 — 20	35	8—9	5 — 6	На медной подкладке
1,0 1,6	2,0	120—130 130—140	18—19 22	35 — 40 38	6 — 7 10—15	6 — 7	На медной подкладке и на весу
2,0	3,0	180—200	25—28	25-30	20—25	12-17	-

Схема движения и размеры колебаний газозлектрической горелки при полуавтоматической сварке стыковых швов показаны на рис. 118

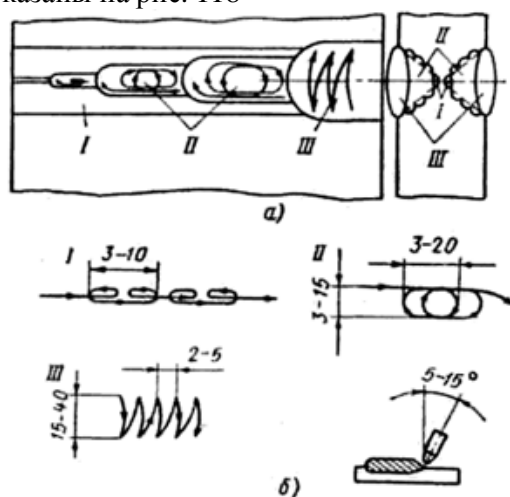


Рис. 118. Траектория движения и размеры колебаний горелки при сварке встык в углекислом газе при наклоне горелки относительно вертикальной оси  $5-15^\circ$ : а — траектория движения горелки при наложении первого слоя (I), второго слоя (II), верхнего слоя (III); б — ориентировочные размеры колебаний горелки при наложении первого слоя (I), второго слоя (II), верхнего слоя (III)

Для предупреждения образования трещин целесообразно первые слои сваривать на пониженной силе тока. Сварочную горелку следует перемещать непрерывно, так как в случае неподвижного положения дуги на поверхности сварочной ванны увеличивается разбрызгивание и возможно образование пор в швах. Перед сваркой следует открыть вентиль баллона, отрегулировать расход углекислого газа, подождать 20—30 с, пока воздух будет полностью вытеснен из рукавов горелки.

Удовлетворительное формирование однопроходных угловых швов с катетом 7—8 мм может быть получено при сварке на силе тока 300—350 А. Швы с катетом более 7—8 мм сваривают в несколько проходов. Положение и траектория движения горелки при полуавтоматической сварке угловых швов показаны на рис. 119.

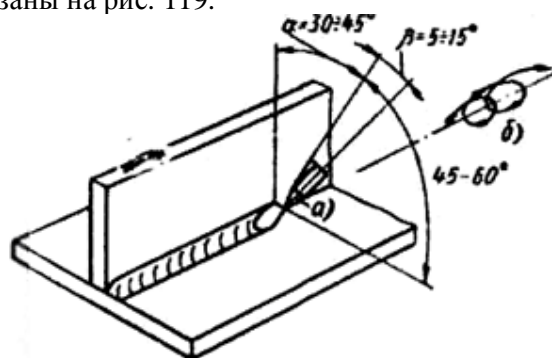


Рис. 119. Положение (а) и траектория (б) горелки при полуавтоматической дуговой сварке в углекислом газе

При автоматической сварке угловые швы удовлетворительно формируются при силе тока 420 А. Положение горелки при автоматической сварке угловых швов показано на рис. 120.

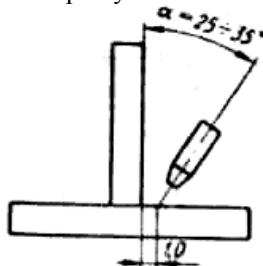


Рис. 120. Положение горелки при автоматической дуговой сварке угловых швов

Технологические параметры сварки низкоуглеродистых сталей стыковых соединений с отбортовкой двух кромок (см. ГОСТ 14771—69, индекс шва С1) угольным электродом в среде углекислого газа приведены в табл. 102.

102. Технологические параметры сварки низкоуглеродистых сталей бортовых соединений угольным электродом при расходе углекислого газа 480 — 600 л/ч

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Длина дуги, мм	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм
0,5	3	20 — 25	2,0—2,5	50 — 55	15—20
1,5	6	90 — 95	2,0—2,5	60—65	30—35
2,0	6	120—130	2,0—3,0	50-55	40—45

Оптимальные механические свойства сварного соединения и высокая стойкость его против кристаллизационных трещин и пор при сварке кипящей и спокойной низкоуглеродистой стали в углекислом газе обеспечиваются применением электродных проволок Св-08ГС, Св-08Г2С (ГОСТ 2246—70), углекислого газа первого сорта (ГОСТ 8050—64 \*\*\*), оптимальных технологических параметров сварки, преобразователей и выпрямителей сварочного тока с жесткими внешними вольтамперными характеристиками. Для сварки спокойной низкоуглеродистой стали применяют также электродную проволоку Св-12ГС (ГОСТ 2246—70). Устойчивое горение дуги в углекислом газе обеспечивается при плотности тока свыше 100 А/мм<sup>2</sup>.

Технологические параметры сварки низкоуглеродистых сталей плавящимся электродом в углекислом газе в зависимости от диаметра применяемой электродной проволоки прицелены в табл. 103.

103. Технологические параметры сварки низкоуглеродистых сталей в углекислом газе

Параметры	Диаметр электродной проволоки, мм						
	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Сила тока, А	30—100	60 —150	80 —180	90 — 220	120—350	200 —500	250— 600
Напряжение дуги, В	18 — 20	18 — 22	18—24	18—28	18 — 32	22 — 34	24—38
Вылет электрода, мм	6—10	8—12	8—14	10-15	14—20	15 — 25	15—35

Прочностные параметры сварных соединений, выполненных на низкоуглеродистых сталях плавящимся электродом в среде углекислого газа, как правило, соответствуют прочностным показателям основного металла при обычных и низких температурах.

Технологические параметры сварки низкоуглеродистых сталей плавящимся электродом в углекислом газе в зависимости от толщины свариваемого металла приведены в табл. 104 и 105.

104. Технологические параметры полуавтоматической и автоматической сварки в углекислом газе стыковых швов на низкоуглеродистых сталях

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Число слоев	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки одного слоя, м/ч	Расход газа на один слой, л/мин
0,6—1,0	0,5—0,8	1	0,5—0,8	50—60	18—20	20—25	6—7
1,2—2,0	0,8—1,0	1—2	0,8—1,0	70—100	18—20	18—24	10—12
3—5	1,6—2,0		1,6—2,0	180—200	28—30	20—22	14—16
6—8	1,8—2,2	2—3	2,0	250—	28—30	18—22	16—18
8—12	1,8—2,2			300		16—20	18—20

105. Технологические параметры полуавтоматической и автоматической сварки в углекислом газе угловых швов на низкоуглеродистых сталях

Толщина металла, мм	Диаметр эле- ктродной проволоки, мм	Катет шва, мм	Число слоев	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки одно- го слоя, м/ч	Вылет, мм	Расход газа на один слой, л. мин
1,0—1,3	0,5	1,0— 1,2	1	50—60	18—20	18—20	8—10	5—6
	0,6	1,2— 2,0		60—70		16—18		6—8
1,5—2,0	0,8	60—75		20—22				
	0,8	70— 110			16—18			
1,5—3,0	1,2	2,0— 3,0			90— 130	16—18		
		3,0— 4,0			120— 150	16—18	16—18	12—14
3,0—4,0	1,6	5,0— 6,0		150— 180	28—30	20—22	20—24	18—20
				230— 260		26—28		
5,0—6,0	2,0			260— 300		29—31		
						20—22		
Не менее катета шва	2,0	7,0— 9,0		2	30—32	24—26	20—24	18—20
		9,0— 11,0	3					
		11,0— 13,0	4					
		13,0— 15,0						

Полуавтоматическую сварку вертикальных, горизонтальных и потолочных швов выполняют на минимальных параметрах силы тока и напряжения, приведенных в таблицах.

Оптимальные параметры сварки в среде углекислого газа, обеспечивающие оптимальные прочностные показатели сварного соединения и высокую производительность сварочного поста приведены в табл. 106.

106. Параметры сварки тавровых соединений в среде углекислого газа, обеспечивающие высокую производительность поста (скорость сварки 25—70 м/ч, вылет электрода 15—20 мм, расход газа 1200—1800 л/ч)

Диаметр проволоки, мм	Катет шва, мм	Толщина металла, мм	Сила сварочного тока, А	Скорость подачи электрода, м/мин	Напряжение дуги, В	Производительность наплавки, кг/ч
1,6	6—10	6—16	400—650	6,0—12,0	35 — 49	5,0—12,0
2,0	6—12		450 — 750	4,0—10,0	34—46	6,0—14,0

Механические свойства сварных соединений на сталях средней толщины (до 16 мм), выполненные на повышенных плотностях тока, обеспечивают оптимальные прочностные показатели и идентичны соответствующим показателям основного металла.

Одним из основных показателей экономичности процесса при сварке на повышенной плотности тока является увеличение производительности наплавки в 1,5—4 раза и скорости сварки в 1,2—2 раза.

Применение проволок диаметром 1,6 и 2,0 мм по сравнению с проволокой диаметром 1,2 мм наряду с улучшением формы шва обеспечивает экономический показатель (при равной производительности) за счет уменьшения стоимости сварочной проволоки.

Для сварки на повышенных плотностях тока применяют полуавтоматы А-765, А-537, ПДПГ-500 с горелками и специальными рукавами, обеспечивающими нормальную работу на силе тока 550—750 А, а также источники питания ВС-600, ВС-1Q00, ПСМ-1000.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом конструкционных сталей в смеси углекислого газа и кислорода, разработанная в институте электросварки им. Е. О. Патона, позволяет изготавливать изделия со стыковыми и угловыми соединениями.

Сварка низкоуглеродистых конструкционных сталей проволоками типа Св-08Г2С диаметром 1,2; 1,4; 1,6 и 2,0 мм в смеси углекислого газа с кислородом (содержание кислорода в смеси 10—50%), при расходе смеси 600—900 л/ч (в зависимости от диаметра сварочной проволоки) по сравнению со сваркой в среде углекислого газа имеет следующие преимущества: уменьшается разбрызгивание, брызги легче отделяются от металла; формирование швов улучшается, швы получаются, гладкие; форма провара фактически такая же, как и при сварке в углекислом газе; образующаяся на поверхности шва небольшой толщины корка легко удаляется; при сварке в смеси по ржавому металлу склонность к образованию пор меньше, чем при сварке в углекислом газе; смесь дешевле, чем углекислый газ, а расход смеси при сварке такой же, как и углекислого газа.

Прочностные параметры сварных соединений, выполненные на низколегированных конструкционных сталях в среде углекислого газа и кислорода при обычных и низких температурах аналогичны соответствующим показателям сварных соединений, выполненных в углекислом газе. Для получения газовых смесей нужного состава используется смеситель типа ИАГ-1-63 и ротаметры типа РС-3.

Полуавтоматическую сварку теплоустойчивых сталей плавящимся электродом в среде углекислого газа выполняют, как и при других способах дуговой сварки, с предварительным и сопутствующим подогревом до 350—400° С, с последующей термообработкой изделия для снятия внутренних напряжений и выравнивания свойств металла в различных участках сварного соединения.

Стали 15ХМ, 20ХМ сваривают проволокой Св-08ХГ2СМ, а стали 12ХШФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ сваривают проволокой Св-08ХГСМФ в среде сварочной углекислоты 1-го сорта. Общая термообработка изделий из перечисленных хромомолибденовых сталей при толщине стенок менее 10 мм и хромомолибденованадиевых сталей при толщине стенок менее 6 мм не обязательна.

Сварные соединения перечисленных теплоустойчивых сталей, сваренные с соблюдением теплового режима и с последующей термообработкой, обеспечивают кратковременные свойства сварных соединений на уровне показателей основного металла. Длительная прочность сварных соединений несколько уступает показателям основного металла.

Сварка коррозионно-стойких сталей типа Х18Н10Т и Х18Н12Т в углекислом газе с использованием стандартных электродных проволок по ГОСТ 2246—70 не обеспечивают требуемой коррозионной стойкости сварного соединения.

Для дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа сталей этого типа разработаны специальные марки проволоки Св-06Х20Н9С2БТЮ (ЭП156) и Св-08Х25Н13БТЮ.

Сварку сталей типа 18-10 и 18-12 выполняют преимущественно тонкой проволокой на малом вылете из токоподводящего наконечника, с обязательным покрытием смежных участков со стыком водным раствором глины, мела или другого специального покрытия, препятствующего привариванию брызг к поверхности металла и созданию очагов коррозии на месте приваривания брызг.

Оптимальные технологические параметры полуавтоматической и автоматической сварки в среде углекислого газа для коррозионно-стойких сталей типа Х18Н10Т и Х18Н12Т приведены в табл. 107.

107. Технологические параметры полуавтоматической и автоматической сварки в среде углекислого газа для сталей типа 18-10 и 18-12

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/ч
1,0	0,5	30 — 40	17	30-40	5	360
1,5	0,8	40—80	17—18		6	360—480
2,0	0,8 — 1,2	100—140	18 — 20	25-40	6 — 9	
2,5		110—150		20—35	7—9	480—540
3,0	1,2	140—160	19 — 20,5		9 — 10	
	1,6	150—170	23 — 27	25-30	15	540—840
	2,0	180—190	25 — 28		15-20	840 —1000

Институтом электросварки им. Е. О. Патона рекомендуется сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа хромистых сталей марки 2Х13г мартенситного класса толщиной 4 и 12 мм (с содержанием углерода не более 0,18%) тонкой электродной проволокой типа 2Х13 даже без предварительного и сопутствующего подогрева. Конструкции с использованием металла толщиной более 10 мм сваривают с предварительным и сопутствующим подогревом не ниже 150° С.

Сталь Х17Н2 мартенситного класса толщиной 8 мм сваривают проволокой Св-08Х18Н2ГТ в среде углекислого газа также без предварительного подогрева (сила тока 330—350 А,

напряжение 28—30 В, скорость сварки 18 м/ч при расходе углекислого газа 900—1000 л/ч). Сваренные конструкции подвергают отпуску при 700° С с выдержкой в зависимости от толщины металла. Кратковременная и длительная прочность сварных соединений при 475 и 500° С идентична по прочности с основным металлом.

Хромистую сталь ферритного класса марки Х17 сваривают проволокой марки Св-Х25Н20 и допускается марка Св-Х18Н9. Прочностные параметры сварного соединения аналогичны соответствующим показателям стали Х17.

Сварку разнородных сталей одного структурного класса разного легирования между собой производят с использованием сварочных материалов, применяемых обычно к стали, менее легированной.

Технологические параметры сварки (в том числе предварительный или предварительно сопутствующий подогрев) выбирают такие, которые требуются для более легированной стали.

При сварке заготовок с большой массой, в отдельных случаях, допустимо снизить температуру подогрева или подогрев полностью исключить за счет применения предварительной облицовки свариваемых кромок на более легированной стали. При сварке заготовок из углеродистой стали с заготовками из хромомолибденовой стали подогрев может быть исключен, если предварительно облицевать кромку хромомолибденовой стали электродами Э42 или наплавкой проволокой Св-08Г2С в среде углекислого газа. Толщина слоя наплавки на кромке легированной стали должна не допускать появления закалочных структур в околошовной зоне.

Оптимальный выбор электродных проволок для дуговой сварки в среде углекислого газа разнородных перлитных сталей приведен в табл. 108.

108. Электродные проволоки для дуговой сварки в среде углекислого газа разнородных перлитных сталей

Температурные параметры работы изделия, °С	Свариваемые стали		Марка электродной проволоки	Режим термообработки
	1	2		
400— 500	20, 30 и другие малоугле- родистые	Среднеуглероди- стые и низ- колегированные конструк- ционные	Св-08ГС	Без отпуска или отпуск при 630 — 650° С
500	15ХМ, 12ХМФ, 20ХМЛ	12Х1МФ, 15Х1М1Ф и 25Х3ВМФ, Х5М, Х5МФ	СВ-08ХГСМА	Отпуск при 670 —700° С

Сварка разнородных (12 %-ных хромистых) мартенситных, ферритных и ферритно-аустенитных сталей разного легирования регламентируется требованием получения сварных соединений без трещин и хрупких участков. Эти стали вследствие высокого содержания в них карбидообразующего элемента хрома не позволяют ожидать заметного развития диффузионных прослоек в зоне сплавления.

При дуговой сварке в среде углекислого газа мартенситных или мартенситно-ферритных сталей разного легирования между собой применяют обычно проволоку типа Св-08Х14ГТ. Оптимальный режим предварительного подогрева устанавливают по требуемому для более закаливающейся стали, часто имеющей повышенное содержание углерода. Температура



подогрева регламентируется жесткостью контура изделия и содержанием углерода в заготовках, обычно ее устанавливают в пределах 200—400° С. Сваренное изделие подвергается отпуску при 700—750° С. При толщине свариваемых заготовок свыше 30 мм сваренное изделие в горячем состоянии, не допуская его охлаждения, подвергают отпуску по режиму стали в термической печи.

По приведенной технологии сваривают нержавеющие стали (0X13, 1X13, 2X13) с жаропрочными (15X11МФ, 15X12ВМФ, 18X11МФБ, 15X11В2МФ).

Сварка аустенитных и ферритно-аустенитных сталей регламентируется склонностью аустенитных швов наиболее распространенных составов к образованию горячих трещин при сравнительно небольшом отклонении легирования от оптимального. Процессы диффузионного перераспределения углерода в зоне сплавления для этих соединений в большинстве случаев можно не учитывать.

При выборе марки электродной проволоки необходимо учитывать группу аустенитной стали. Аустенитные стали, у которых содержание основного легирующего элемента — хрома — превышает или близко к содержанию никеля, относят к первой группе. Вторую группу составляют стали с повышенным запасом аустенитности, у которых содержание никеля превосходит содержание хрома. При сварке между собой разнородных сталей первой группы применяют аустенитно-ферритные электродные проволоки. Легирование аустенитно-ферритного наплавленного металла регламентируется условиями работы изделий и требованиями к термообработке. Во избежание горячих трещин в сталях, где отношение хрома к никелю близко к единице, первые слои в фаске необходимо сваривать проволоками или электродами с повышенным содержанием ферритной фазы.

Аустенитные разнородные стали первой группы, свариваемые дуговой сваркой в среде углекислого газа, приведены в табл. 109.

109. Аустенитные разнородные стали первой группы, свариваемые дуговой сваркой в среде углекислого газа

Условия работы изделия	Марки свариваемых сталей		Структурное состояние шва	Марка проволоки
	1	2		
В неагрессивных средах	X18H10T	X18H12T, X17H13M2T, X17H13M3T, 0X17H16M3T	Аустенитно-ферритный	Св-04X19H9C2

Термообработка изделий, выполненных из разнородных аустенитных сталей, регламентируется типом конструкции, условиями ее работы, маркой стали. Если по техническим требованиям на изделия остаточные сварочные напряжения должны быть сняты, то достаточно стабилизация при температуре 800—850° С. Если изделие работает при высоких температурах, оптимальным видом термообработки является аустенизация при температуре 1100—1150° С. При использовании сталей термически неупрочненных и отсутствии требований к снятию сварочных остаточных напряжений и при работе изделия в интервале умеренных температур, термообработка может быть исключена.

Сварку перлитных сталей высокохромистыми сталями мартенситно-ферритного класса разнородной структурной ориентации выполняют дуговой сваркой в среде углекислого газа. Сварные соединения перлитных сталей с 12%-ными хромистыми сталями выполняют электродными проволоками перлитного класса. При использовании названной проволоки обеспечивается удовлетворительная пластичность и вязкость переходных участков сварного соединения с содержанием 5% Сг вблизи кромки

разделки со стороны высоколегированной стали, а также более высокая длительная прочность сварных соединений при отсутствии хрупких разрушений в зоне сплавления.

В сварных соединениях углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с 12%-ными хромистыми применяют сварочную хромомолибденовую проволоку.' При сварке заготовок большой толщины рационально этой проволокой производить лишь облицовку со стороны высоколегированной стали, а образовавшуюся разделку заваривать без подогрева проволокой Св-08Г2С в зависимости от требований к прочности перлитной стали.

Тепловой режим сварки регламентируется высоколегированной сталью. Если в сварном соединении участвует перлитная сталь с недостаточным содержанием в ней энергичных карбидообразующих элементов, то температура эксплуатации стыка должна быть снижена против предельной для этой стали по причине опасности развития диффузионных прослоек в зоне сплавления.

Перлитные стали, сваривающиеся с высокохромистыми сталями мартенситного и ферритного классов разной структурной ориентации дуговой сваркой в среде углекислого газа, приведены в табл. НО.

110. Стали разного структурного класса, сваривающиеся дуговой сваркой в среде углекислого газа

Условия работы изделия	Марка свариваемых сталей		Сварочная проволока	Отпуск при температуре, °С
	1	2		
300-350° С	Малоуглеродистые 20. 15 К и низколегированные конструкционные	12%-ные хромистые (0Х13. 1Х13, 2Х13, 15Х11МФ, 15Х12ВМФ, 15Х11МФБ)	СВ-08ХГСМЛ	650—680
400-450° С	Хромомолибденовые (15ХМ, 12ХМ, 30ХМ)		Св-08ХГСМФА	680 — 700
500-520° С	Хромомолибденовые (12Х1МФ. 12Х1М1Ф)		Св-08Х2МФА	700—720

Режим термообработки сваренного изделия должен соответствовать установленному для сварных соединений 12%-ной хромистой стали. Для предотвращения возможного развития диффузионных прослоек температура отпуска изделия должна быть несколько снижена.