

**ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
СВАРКИ И РЕЗКИ**

www.shtorm-its.ru



- Ручная дуговая сварка
- Полуавтоматическая сварка
- Аргонодуговая сварка
- Контактная сварка
- Автоматическая сварка
- Термическая резка
- Средства защиты
- Сварочные материалы
- Сервисное обслуживание

 (343) 372-73-50

 svark2info.ru

ШТОРМ

БИБЛИОТЕЧКА СВАРЩИКА

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МАСТЕРСТВО

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ
ДУГОВАЯ СВАРКА
ПЛАВЯЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ
В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ
(MIG/MAG)**



Издательство "СОУЭПО"

ЮХИН Николай Александрович

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА
ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ
(MIG/MAG)**

Под общей редакцией докт. техн. наук **О.И. Стеклова**

Рецензент - сварщик 6-го разряда **Г.Н Дорошин**

Редактор **А.О. Ключарев**

Художник **В.П. Гасилин**

Компьютерная верстка **А.В. Цылев**

Корректор **А.В. Илюшин**

В иллюстрированном пособии изложены принципы и особенности механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. Содержатся данные о сварочных материалах и оборудовании. Приведены рекомендации по технике и технологии сварки сталей, сплавов и цветных металлов. Используются материалы Института сварки России.

Издательство "Соуэло", 2008

109028, Москва, Яузский бул., 13, стр.3

Тел. (495) 644-43-26

www.souelo.ru

Формат 62x94/16 Объем 2,25 п.л.

Отпечатано в ЗАО "КомЛайн трейд"

Тираж 1500 экз. Заказ 3474

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- *Механизированная сварка* - сварка, выполняемая с применением механизмов.
- *Дуговая сварка* - сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой.
- *Механизированная дуговая сварка* - дуговая сварка, при которой подача плавящегося электрода или присадочного материала, а также относительное перемещение дуги и изделия выполняются механизмами.
- *Плавящийся электрод для дуговой сварки* - металлический электрод, включаемый в цепь сварочного тока для подвода его к сварочной дуге, расплавляющийся при сварке и служащий присадочным материалом.
- *Дуговая сварка плавящимся электродом* - дуговая сварка электродом, который, расплавляясь, служит присадочным материалом.
- *Дуговая сварка в защитном газе* - дуговая сварка, при которой дуга и расплавленный металл, а в ряде случаев и остывающий шов, находятся в защитном газе, подаваемом в зону сварки специальными устройствами.
- *Дуговая сварка в углекислом газе* - дуговая сварка, при которой в качестве защитного используют углекислый газ.
- *Импульсно-дуговая сварка* - дуговая сварка, при которой дугу дополнительно питают импульсами тока по заданной программе.
- *Электродная проволока* - сварочная проволока для использования в качестве плавящегося электрода.
- *Полуавтомат для дуговой сварки* - аппарат для механизированной дуговой сварки, включающий горелку и механизм подачи проволоки с ручным перемещением горелки.
- *Горелка для дуговой сварки* - устройство для дуговой сварки в защитном газе или самозащитной проволокой, обеспечивающее подвод электрического тока к электроду и газа в зону дуги.
- *Сопло горелки для дуговой сварки* - наконечник для подвода и направления газа с целью защиты сварочной ванны и электрода от воздействия воздуха.
- *Поддув защитного газа* - подача защитного газа к обратной стороне соединяемых частей для защиты их при сварке от воздействия воздуха.
- *Свариваемость* - свойство металла или сплава образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее конструктивным и эксплуатационным требованиям к изделиям.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



MIG/MAG - дуговая сварка плавящимся электродом в инертном (**MIG**) или в активном (**MAG**) газе

AC - переменный ток **AC/DC** - переменный/постоянный

DC - постоянный ток токи

Механизмы подачи электродной проволоки:



- двухроликовый



- четырехроликовый



- наличие «евроразъема» для присоединения сварочной горелки



- наличие устройства для регулирования сварочного тока путем изменения скорости подачи электродной проволоки



- наличие механизма плавной подачи электродной проволоки в момент начала сварки



- механизм подачи электродной проволоки тянуще-толкающего типа с автоматической регулировкой скорости (система «ПУШ-ПУЛ»)



- горелка для сварки способом MIG/MAG



- жесткая внешняя статическая характеристика источника питания

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Получение качественных сварных соединений, особенно в тонкостенных конструкциях
- Высокая производительность
- Возможность сварки в различных пространственных положениях
- Отсутствие флюсов или покрытий
- Минимальная зона термического влияния
- Незначительные напряжения и деформации
- Доступность наблюдения за

процессом сварки

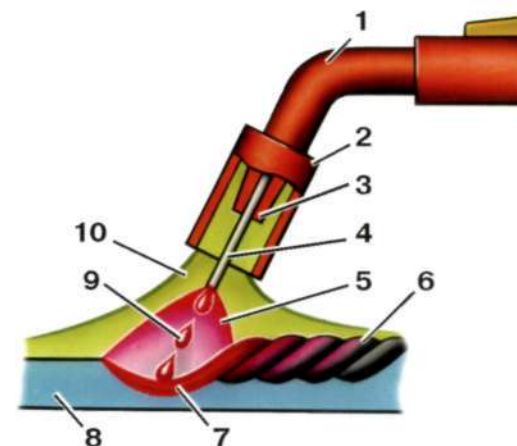
- Возможность полной механизации и автоматизации процесса.

НЕДОСТАТКИ

- Вероятность нарушения газовой защиты на открытом воздухе и сквозняке
- Разбрызгивание электродного металла, особенно при сварке в углекислом газе
- Необходимость жидкостных систем охлаждения при сварке на режимах с повышенной мощностью.

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА

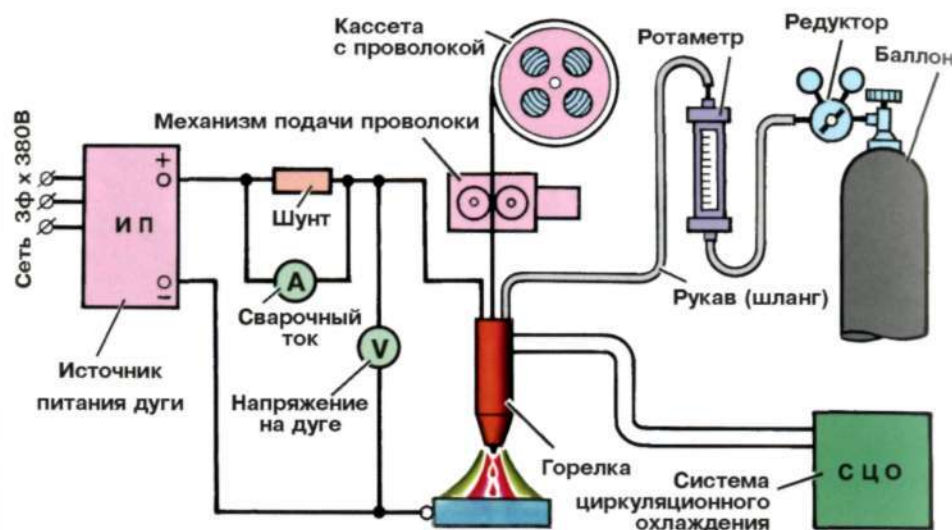
Кромки свариваемого изделия расплавляются дугой, горящей между изделием и плавящейся электродной проволокой, непрерывно поступающей в дугу и служащей одновременно присадочным материалом. Дуга расплавляет проволоку и кромки изделия, образуя сварочную ванну. Дуга, металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизирующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. По мере перемещения дуги сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов.



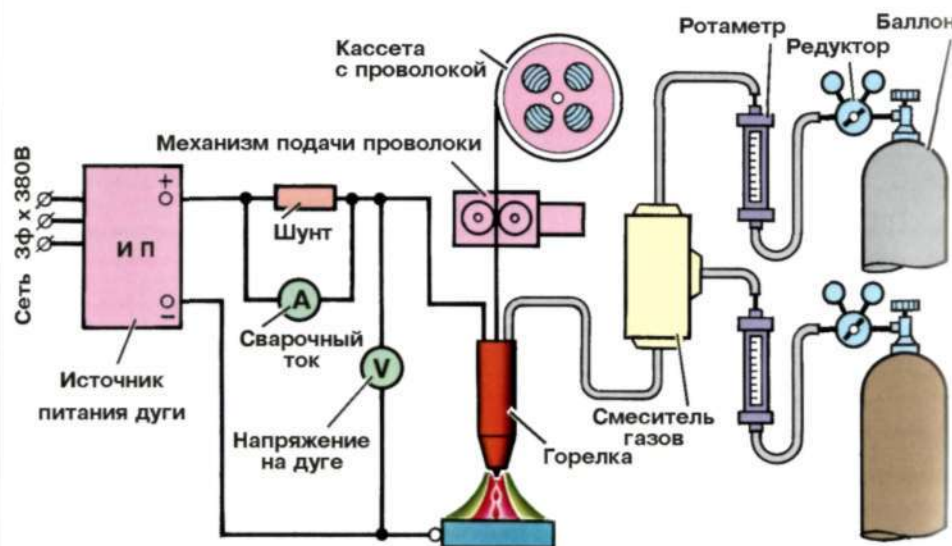
КЛАССИФИКАЦИЯ



СВАРОЧНЫЙ ПОСТ ДЛЯ СВАРКИ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ С СИСТЕМОЙ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ



СВАРОЧНЫЙ ПОСТ ДЛЯ СВАРКИ В ГАЗОВОЙ СМЕСИ



ЗАЩИТНЫЕ ГАЗЫ ИНЕРТНЫЕ

Не вступают в химическое взаимодействие с металлами и практически не растворяются в металлах

Аргон (Ar) - бесцветный, без запаха, негорючий, инертный газ, почти в 1,5 раза тяжелее воздуха. В металлах нерастворим как в жидком, так и в твердом состояниях. Выпускается (ГОСТ 10157-79) двух сортов: высшего и первого.

В газе высшего сорта содержится 99,993 % аргона, не более 0,006 % азота и не более 0,0007 % кислорода. Рекомендуется для сварки ответственных металлоконструкций из активных и редких металлов и сплавов, цветных металлов.

В газе первого сорта содержится 99,98 % аргона, до 0,01 % азота и не более 0,002 % кислорода. Рекомендуется для сварки стали и чистого алюминия.

Азот (N_2) - газ без цвета, запаха и вкуса, инертный. Используется только для сварки меди и её сплавов, по отношению к которым азот является инертным газом. Выпускается (ГОСТ 9293-74) четырех сортов: высшего - 99,9% азота; 1-го - 99,5%; 2-го - 99,0%; 3-го - 97,0%.

АКТИВНЫЕ

Защищают зону сварки от воздуха, но сами растворяются в жидком металле либо вступают с ним в химическое взаимодействие

Кислород (O_2) - газ без цвета, запаха и вкуса. Негорючий, но активно поддерживающий горение. Технический газообразный кислород (ГОСТ 5583-78) выпускается трех сортов: 1-й сорт - 99,7% кислорода; 2-й - 99,5%; 3-й - 99,2%. Применяется только как добавка к инертным и активным газам.

Гелий (He) - бесцветный газ, без запаха, инертный, значительно легче воздуха и аргона. Выпускается (ГОСТ 20461-75) двух сортов: высокой чистоты (до 99,985 %) и технический (99,8%).

Используется реже, чем аргон, из-за его дефицитности и высокой стоимости. Однако при одном и том же значении тока дуга в гелии выделяет в 1,5 - 2 раза больше энергии, чем в аргоне. Это способствует более глубокому проплавлению металла и значительному увеличению скорости сварки.

Гелий применяют при сварке химически чистых и активных материалов, а также сплавов на основе алюминия и магния.

Углекислый газ (CO_2) - бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1,5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямок. Выпускается (ГОСТ 8050-85) трех сортов: высший-99,8% CO_2 , 1-й-99,5% и 2-й-98,8%. Двуокись углерода 2-го сорта применять не рекомендуется. Для снижения влаж-

ности CO_2 рекомендуется установить баллон вентилем вниз и через 1-2 ч открыть вентиль на 8-10 с для удаления воды. Перед сваркой из нормально установленного баллона выпускают небольшое количество газа, чтобы удалить попавший внутрь воздух.

В углекислом газе сваривают чугуны, низко- и среднеуглеродистые, низколегированные конструкционные коррозионностойкие стали.

ГАЗОВЫЕ СМЕСИ

Служат для улучшения процесса сварки и качества сварного шва

Смесь аргона и гелия. Оптимальный состав: 50% + 50% или 40% аргона и 60% гелия. Пригоден для сварки алюминиевых и титановых сплавов.

Смесь аргона и кислорода при содержании кислорода 1-5% стабилизирует процесс сварки, увеличивает жидкотекучесть сварочной ванны, перенос электродного металла становится мелкокапельным. Смесь рекомендуется для сварки углеродистых и нержавеющей сталей.

Смесь аргона и углекислого газа. Рациональное соотношение - 75-80% аргона и 20-25% углекислого газа. При этом обеспечиваются минимальное разбрызгивание, качественное формирование шва, увеличение производительности, хорошие свойства сварного соединения. Используется при сварке низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей.

Смесь углекислого газа и кислорода. Оптимальный состав: 60-80% углекислого газа и 20-40% кислорода. Повышает окислительные свойства защитной среды и температуру жидкого металла. При этой смеси используют электродные проволоки с повышенным содержанием раскислителей, например Св-08Г2СЦ. Шов формируется несколько лучше, чем при сварке в чистом углекислом газе. Смесь применяют для сварки углеродистых, легированных и некоторых высоколегированных конструкционных сталей.

Смесь аргона, углекислого газа и кислорода - трехкомпонентная смесь обеспечивает высокую стабильность процесса и позволяет избежать пористости швов. Оптимальный состав: 75% аргона, 20% углекислого газа и 5% кислорода. Применяется при сварке углеродистых, нержавеющей и высоколегированных конструкционных сталей.

СВАРОЧНЫЕ ПРОВОЛОКИ

СТАЛЬНАЯ

Проволоку различают по назначению: для сварки или наплавки. Всего выпускается около 80 марок проволоки.

Буквы «Св» означают, что проволока сварочная. Через дефис указывают марку стали, из которой изготовлена проволока. Первая цифра соответствует содержанию углерода в сотых долях процента. Буквы означают наличие легирующих элементов в процентах, которые указываются числом, следующим за буквенным обозначением.

N Азот А	Nb Ниобий Б	W Вольфрам В	Mn Марганец Г	Cu Медь Д	Se Селен Е
Co Кобальт К	Mo Молибден М	Ni Никель Н	P Фосфор П	B Бор Р	Si Кремний С
Ti Титан Т	C Углерод У	V Ванадий Ф	Cr Хром Х	Zr Цирконий Ц	Al Алюминий Ю

Для сварки низкоуглеродистых сталей используют шесть марок: Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2.

Для низко- и среднелегированных сталей - 30 марок, например: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС и др.

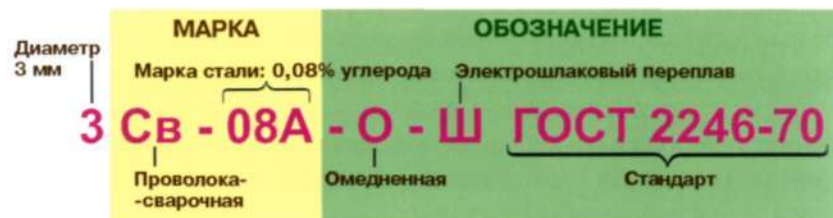
Для сварки высоколегированных сталей применяют 41 марку проволоки Св-08Х14ГНТ, Св-12Х13 и др.

Если после буквы цифра отсутствует, то количество данного элемента не превышает 1%. Буква «А» в конце маркировки свидетельствует о пониженном содержании серы и фосфора, а буквы «АА» - о еще меньшем их количестве.

Низкоуглеродистую и легированную проволоку выпускают неоомедненными и омедненными (условное обозначение - О). Омеднение защищает проволоку от окисления и улучшает токоподвод.

В конце маркировки может стоять буква «Э». Это означает, что проволока служит для изготовления электродов. Буквы «Ш», «ВД» или «ВИ» говорят о том, что сталь для проволоки изготовлена соответственно электрошлаковым, вакуумно-дуговым переплавом или в вакуумно-индукционных печах.

Пример условного обозначения сварочной проволоки диаметром 3 мм марки Св-08А с омедненной поверхностью из стали, полученной электрошлаковым переплавом:



Условия сварки

Низкоуглеродистые и низколегированные стали в углекислом газе и смесях

активных газов Св-08Г2С

Низкоуглеродистые и низколегированные стали в аргоне и гелии Св-08ГС

Сварка в углекислом газе на открытом воздухе Св-20ГСИУТ

Строительные металлоконструкции из стали 16Г2АФ в углекислом газе Св-10ХГСН2МЮ

Металлоконструкции из стали 10ХСНД в углекислом газе Св-08Г2СДИО

Высокопрочные низколегированные стали (типа 14ХГНМ) в углекислом газе Св-10ХН2Г2СМА

Стали 08Х22Н6Т и 08Х18Г8Н2Т в углекислом газе Св-08Х20Н9С2БТЮ

Проволока для сварки среднеуглеродистых и теплоустойчивых сталей

Марка стали	Марка проволоки при сварке	
	в азоте, гелии	в углекислом газе
20ХГСА	Св-15ХМА, Св-18ХГСА	Св-08Г2С
30ХГСА	Св-15ХМА, Св-18ХГСА	Св-10ГСМ, Св-10ГСМТ, Св-08Х2СМА, Св-15ХМА, Св-18ХГСА, Св-08Х3Г2СМ
12ХМ	Св-08ХМ	Св-10ХГ2СМА
15ХМ	Св-08ХМ	Св-08ХНСМА, Св-08ХГ2СМ, Св-08ХГСМА
12Х1МФ	Св-08ХМФА	Св-08ХГСМФА
15Х1МФ	Св-08ХМ	Св-08Х1М1 ГСФ
15Х5М, 15Х5, 15Х5ВФ	Св-10Х5М, Св-08Г2С	Св-08Г2С

Рекомендуемая проволока

Стальная сварочная проволока выпускается следующих диаметров (мм): 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; и 12,0. Проволока поставляется в мотках диаметром 150-750 мм, массой от 1,5 до 40 кг, а также намотанной на катушки и кассеты.

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, плен, закатов, раковин, забоин, окалины, ржавчины, масла и других загрязнений.

При необходимости проволоку очищают пескоструйным аппаратом или травлением в 5%-ном растворе соляной кислоты. Можно очищать проволоку, пропуская её через специальные механические устройства, а также шлифовальной бумагой до металлического блеска. Перед очисткой бухту проволоки рекомендуется отжечь при температуре 150-200 °С в течение 1,5-2 часов.

Обязателен сертификат с указанием предприятия-изготовителя, условного обозначения проволоки, номера плавки и партии, состояния поверхности и её химического состава. При утере сертификата проволока может быть использована только после определения её химического состава.

Проволока для дуговой сварки в инертных газах

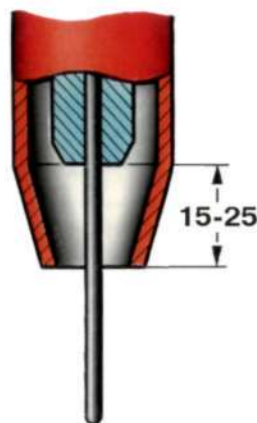
Марка стали	Марка проволоки
Хромистых	
08Х13	Св-12Х13 Св-08Х14ГНТ
08Х17Т	Св-07Х25Н13 Св-06Х25Н12ТЮ Св-08Х25Н13БТЮ Св-10Х17Т
15Х25Т	Св-06Х25Н12ТЮ Св-08Х25Н13БТЮ Св-10Х17Т
0Х13 1Х13	Св-10Х13 Св-06Х14
2Х13	Св-08Х14ГТ
Высоколегированных	
12Х18Н10Т 12Х18Н12Т 08Х19Н10Т	Св-06Х19Н9Т
03Х18Н11	Св-01Х19Н9
08Х22Н6Т	Св-07Х25Н13
08Х18Н12Б	Св-07Х19Н10Б
10Х17Н13М2Т 08Х17Н15М3Т 08Х21Н6М2Т	Св-06Х19Н10М3Т
08Х20Н14С2	Св-04Х19Н9С2
10Х23Н18	Св-10Х20Н15 Св-07Х25Н13
06Х23Н28МДТ	Св-01Х23Н28МЗДЗТ
03Х16Н15М3	Св-04Х19Н11М3
08Х18Г8Н2Т	Св-08Х20Н9С2БТЮ

ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА

Представляет собой трубчатую проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем - шихтой. Оболочку изготавливают из стальной (чаще низкоуглеродистой) ленты толщиной 0,2-0,5 мм. Шихта - это смесь порошков из газообразующих, шлакообразующих компонентов, а также легирующих добавок, обеспечивающих защиту зоны сварки, сварочной ванны и околошовной зоны.

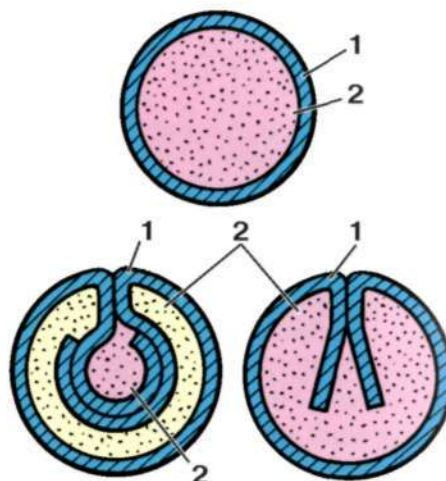
Порошковые проволоки позволяют снизить разбрызгивание электродного металла, повысить производительность сварки.

Перед сваркой порошковые проволоки рекомендуется прокалывать при температуре 230-250°C в течение двух часов. Сварка непрокаленной проволокой допускается, но только при увеличенном вылете электрода до 40-60 мм. При этом рекомендуется, чтобы расстояние от токоподводящего наконечника до среза сопла было 15-25 мм.



Порошковые проволоки для сварки в углекислом газе низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Марка	Условное обозначение	Диаметр, мм	
ПП-АН8	ПГ-50-Н1	Рутиловое покрытие	2,2; 2,5; 3,0
ПП-АН10	ПГ-50-Н2		2,2
ПП-АН13	ПГ-50-Н1		2,2; 2,5
ПП-АН21	ПГ-50-В2	Рутил-флюоритовое покрытие	1,4; 1,6; 1,8 2,0; 2,2
ПП-АН22	ПГ-50-Н3		1,8; 2,2; 2,5
ПП-АН4	ПГ-50-Н4		2,0; 2,2; 2,5
ПП-АН18	ПГ-50-Н4		2,2; 2,5
ПП-АН9	ПГ-50-Н4		2,2; 2,5



1. Стальная лента
2. Шихта

В условном обозначении сварочных порошковых проволок первые две буквы обозначают тип проволоки: **ПГ** - проволока для сварки в защитных газах; **ПС** - самозащитная проволока. Цифра соответствует пределу прочности металла шва в кгс/мм².

Буква после цифры - допустимые пространственные положения.

Н - нижнее и горизонтальное на вертикальной плоскости, за исключением облицовочного шва;

В - нижнее, вертикальное, горизонтальное на вертикальной плоскости

В_х - только для горизонтальных швов;

В_в - только для вертикальных швов;

Т - все положения, включая кольцевые швы без вращения.

Цифра после буквы соответствует группе по критической температуре перехода к хрупкому разрушению:

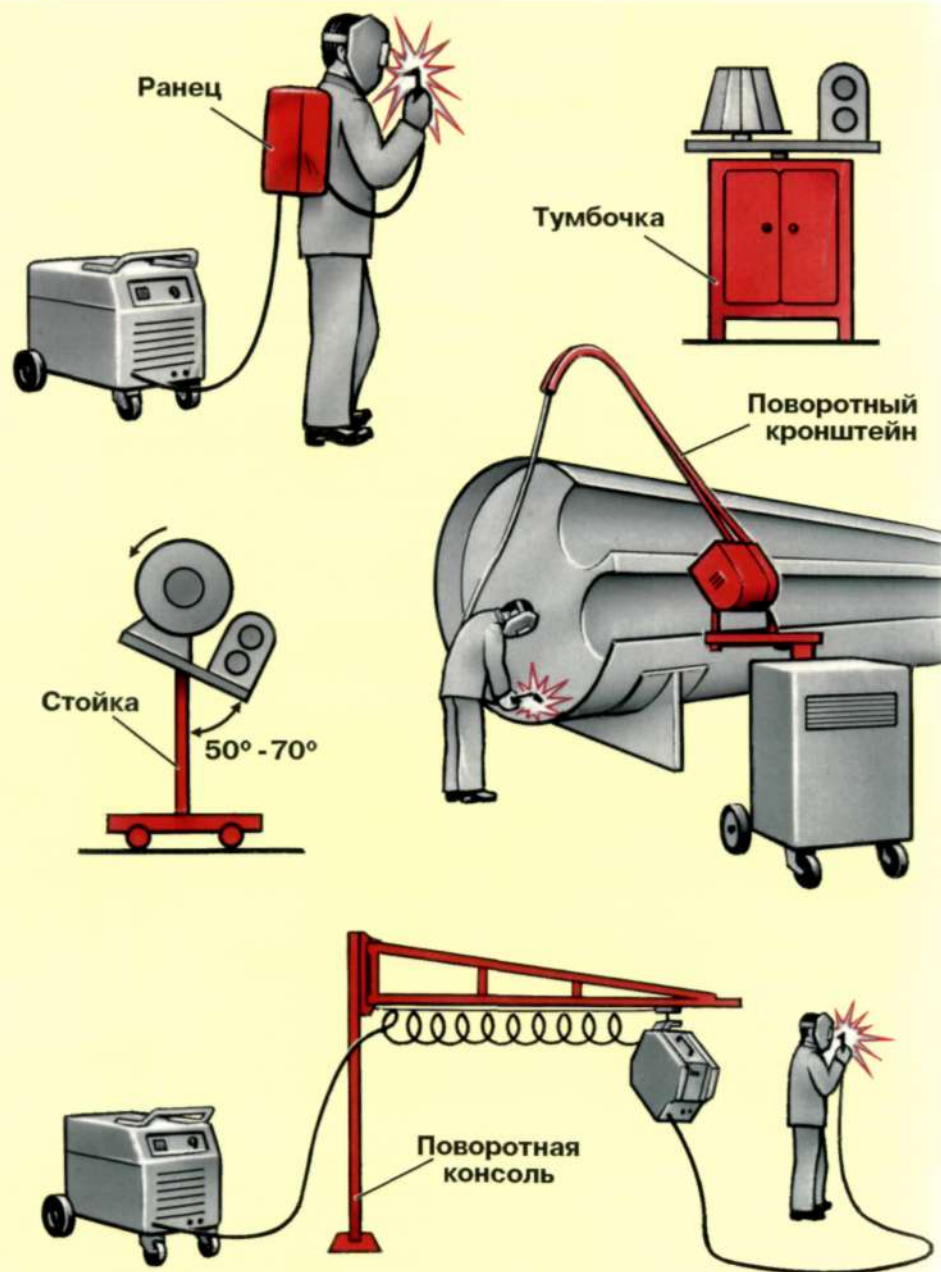
0	1	2	3	4	5	6	Д
+20 °C	0 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-50 °C	-60 °C	

Буква Д вместо цифры означает, что эти требования не регламентированы

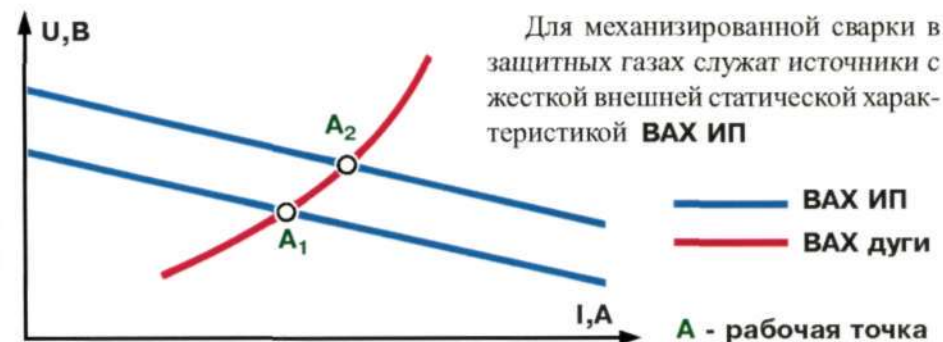
МАРКА		ОБОЗНАЧЕНИЕ	
Порошковая проволока	Диаметр 3 мм	Швы нижние и горизонтальные на вертикальной плоскости	Прочность 50 кгс/мм ²
ПП-АН 8 3.0		ПГ-50-Н1	
Разработка АН СССР №8		Хрупкое разрушение при 0 °C	
		ГОСТ 26271-84	
Для сварки в защитных газах		Стандарт	

Марка свариваемых сталей	Назначение
Ст3, Ст4, 09Г2С	Металл толщиной более 3 мм при нижнем и горизонтальном положении шва
Ст3, Ст4, 09Г2, 09Г2С	Сварка на форсированных режимах, высокопроизводительная, при нижнем положении шва
Ст3, Ст4, 09Г2, 09Г2С	Металл толщиной более 2 мм при нижнем горизонтальном и вертикальном положении шва
Ст3, 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14Г2	Ответственные конструкции толщиной до 3 мм, испытывающие статические и динамические нагрузки
Ст3, 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2	Ответственные конструкции толщиной более 3 мм в условиях динамических нагрузок и низких температур
Ст2, Ст3, 10, 20, 20Г, 10Г2, 16Г2, 09Г2, 09Г2Д, 14Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17ГС1, 09Г2СД, 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 15Г2АФДпс	

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



Используются источники постоянного тока: сварочные преобразователи, выпрямители, инверторные источники, импульсные и специальные установки. Реже используются источники переменного тока.

СВАРОЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Это источники постоянного тока, состоящие из трехфазного асинхронного электродвигателя и сварочного генератора. Преобразуют механическую энергию вращения в электрическую с токами и напряжениями, необходимыми для сварки. Генераторы типа ГСГ имеют жесткую характеристику, а ГСУ - как жесткую, так и падающую.

Сварочные преобразователи имеют обозначение ПСГ или ПСУ. Плавная регулировка режима сварки достигается путем изменения положения внешней статической характеристики источника питания.

Сварочные преобразователи имеют обозначение ПСГ или ПСУ. Плавная регулировка режима сварки достигается путем изменения положения внешней статической характеристики источника питания.

Технические характеристики

Марка	Тип генератора	Сварочный ток, А		Напряжение, В		ПН, %	Мощность, кВт
		Номинальный	Пределы регулирования	Номинальное	Холостого хода		
ПСГ-500	ГСГ-500-1	500	60-500	40* 16-40	18-42	60	20
ПСУ-300	ГСУ-300	300	75-300	30 10-35	48 16-36	65 60	9
ПСУ-500	ГСУ-500-2	500	120-500 60-500	40 16-40	65 60	65 60	20
ПСУ-400	ГСУМ-400	400	100-400	70	100 25-70	65	28

* В числителе - при падающих ВАХ ИП, в знаменателе - при жестких

СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ



Аппараты типов ВС, ВДГ, ВСЖ имеют жесткую внешнюю статическую характеристику и предназначены для механизированной сварки. Режим регулируется изменением напряжения холостого хода за счет переключения витков первичной обмотки трансформатора, *плавно в пределах каждой ступени - дросселем насыщения.*

Выпрямители серии ВДУ относятся к универсальным и поэтому обладают как падающими характеристиками, так и жесткими. Переход от одних к другим осуществляется переключателем. ВДУ позволяют плавно регулировать ток и напряжение, стабилизируют режим при колебаниях напряжения сети.

Выпрямители этой серии снабжены электронной системой управления. Она расширяет диапазон сварочных режимов и позволяет управлять процессом сварки с дистанционного пульта.

Технические характеристики

Марка	Сварочный ток, А (при ПН=60%)	Диапазон регулирования сварочного тока, А	Напряжение холостого хода, В	Рабочее напряжение, В	Номинальная потребляемая мощность, кВт	Габариты, мм	Масса, кг
ВС-300	300	30-300	20-40	30	18	965x720x560	210
ВС-600	600	60-600	24-49	60	35	840x980x1200	450
ВДГ-303	315	50-315	60	40	21	735x605x950	200
ВДГ-401	400	50-450	80	36	32	772x770x785	230
ВДГ-601	630	100-700	90	66	69	1250x900x1155	560
ВСЖ-303	315	50-315	50	32	20	710x550x955	280
ВДУ-251	250	40-315	80	18-30	12,1	710x490x940	150
ВДУ-3010	315	40-315	60	17-32	22	935x545x940	195
ВДУ-505	500	60-500	85	18-50	40	760x700x900	290
ВДУ-601Э	600	65-630	85	20-56	47	760x700x900	320

ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

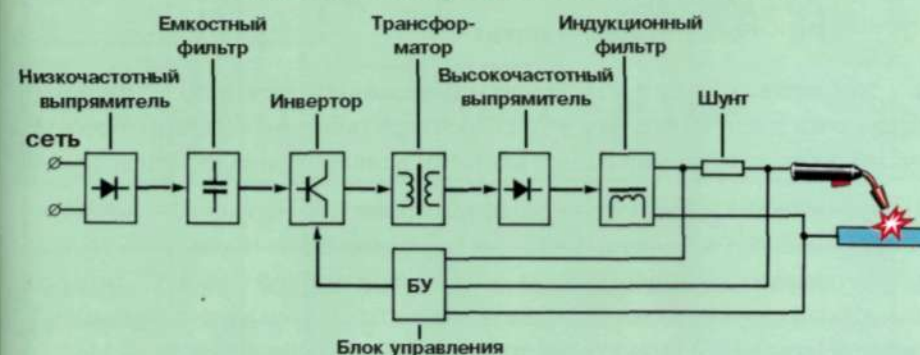
Источники «Фора-160ПР» и «Фора-250ПР» предназначены для сварки проволоками диаметром 0,6-1,0 мм в защитных газах в составе механизированных и автоматизированных сварочных постов.

Для механизированной сварки проволоками диаметром 0,8-1,6 мм предназначен инверторный источник ДС 400.3, обеспечивающий плавное регулирование напряжения от 16 до 36 В и тока от 40 до 400 А.



Инверторный источник ВДУЧ-315 предназначен для механизированной сварки полуавтоматом А-547.

Блок-схема инверторного источника питания



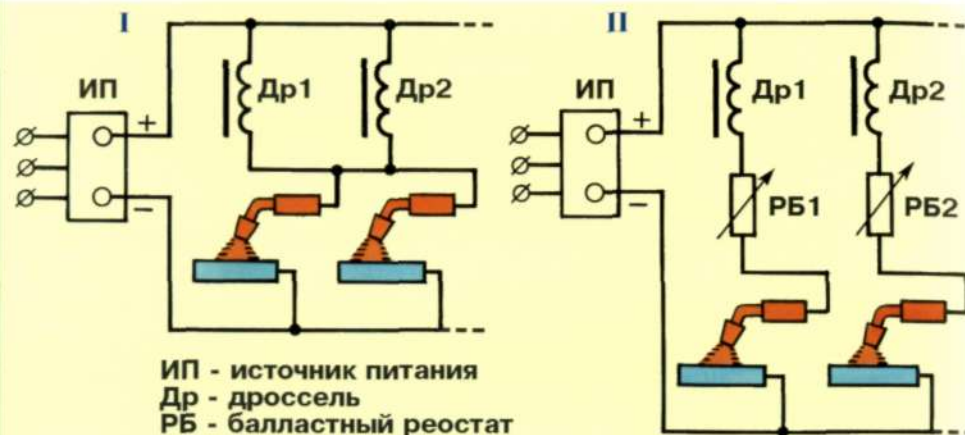
Технические характеристики

Марка	Напряжение питающей сети, В	Потребляемая мощность, кВт	Сварочный ток, А	Диапазон рабочих напряжений, В	ПН, %	Габариты, мм	Масса, кг
"Форсаж-250"	380	17	70-250	12-24	40	410x180x290	15
"Форсаж-315"	380	23	60-315	14-26	40	410x180x290	20
ДС 400.3	380	16	10-415	16-36	60	520x240x430	45
ВДУЧ-315	380	12	8-315	9-28	60	560x340x240	35

МНОГОПОСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

В многопостовых системах пригодны как сварочные преобразователи, так и выпрямители с жесткими внешними статическими характеристиками.

Существуют две схемы организации многопостовой сварки.



I - применяется при сварке на одинаковых режимах с частыми замыканиями дуги; в цепь каждого сварочного поста необходимо включать индуктивность, которая уменьшает взаимное влияние одного поста на другой.

II - применяется при сварке на различных режимах. Напряжение холостого хода источника питания устанавливают по максимально необходимому напряжению сварки, а напряжение на постах регулируют балластными реостатами. Если сварка выполняется на режимах с редкими короткими замыканиями или без них, то индуктивность в цепь поста не включают.

Технические характеристики

Марка	Сварочный ток, А		Число постов	Напряжение холостого хода, В	Мощность, кВт	Габариты, мм	Масса, кг
	Номинальный	Одного поста					
ПСМ-1000	1000	300	6	60	60	1430x620x820	950
ВКСМ-1000	1000		6	70	76,5	1055x820x1500	550
ВДМ-1601	1600		9	70	122	1035x820x1630	750
ВДМ-3001	3000		18	70	230	2175x820x1630	1750
ВМГ-5000	5000		30	60	317	1850x1150x1880	3200

ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Источники ИИП-1 и ИИП-2 для сварки плавящимся электродом в аргоне - это генераторы импульсов с частотой 50 с⁻¹. Их используют при совместной работе со сварочным источником питания.

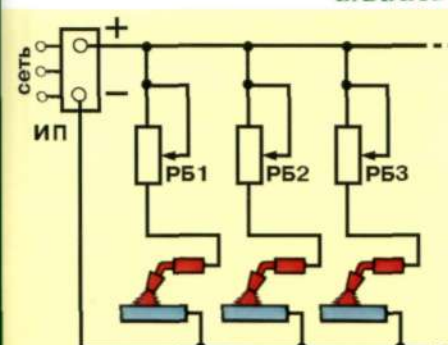
Выпрямитель ВДГИ-301 предназначен для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах. Он совмещает функции основного и импульсного источников питания и обеспечивает частоту 50 и 100 импульсов в секунду.



Технические характеристики

Марка	Напряжение питающей сети, В	Потребляемая мощность, кВт	Частота импульсов с ⁻¹	Амплитуда импульсов тока, А	Длительность импульсов тока, мс	Габариты, мм	Масса, кг
ИИП-1	380	5	50	450-850	1,5-2	445x700x895	180
ИИП-2		10	50	500-1000	1,6-2,8	580x680x910	250
ВДГИ-301		13	50 и 100	400-1000	1,5-4	748x1015x953	340

БАЛЛАСТНЫЙ РЕОСТАТ



При многопостовой сварке от выпрямителей ВС-1000 или ВКСМ-1000 для настройки на каждом из постов используют балластный реостат. Он обеспечивает настройку напряжения до 4-6 В. При такой схеме многопостового питания процесс сварки происходит без коротких замыканий.

ПОЛУАВТОМАТЫ



Служат для подачи электродной проволоки в зону горения дуги.

В состав современного полуавтомата входят: механизм подачи проволоки; сварочная горелка; источник питания сварочной дуги, объединенный с блоком управления; дистанционный пульт управления.

Сварочный полуавтомат обеспечивает стабильную скорость подачи проволоки и плавную ее регулировку.

Технические характеристики

Параметр	Марка	ПДГ-165-1	ПДГ-2010	ПДГ-2510
Напряжение питания, В		220	380	3x380
Потребляемая мощность, не более, кВА		7	9,7	18
Сварочный ток, А (ПВ*, %)		160 (60) 125 (100)	200 (60) 155 (100)	315 (32) 250 (60) 190 (100)
Диапазон регулирования сварочного тока, А		40-160	30-200	35-315
Диапазон регулирования напряжения на дуге, В		14-24	14-28	15-30
Число подающих роликов		2		4
Диаметр проволоки, мм сплошной порошковой		0,8-1,2		0,8-1,4 1,2-1,4
Скорость подачи проволоки, м/мин		2-9,5	1,2-1,6	
Диаметр кассеты, мм		200	200; 300	
Расход защитного газа, не более, л/ч		550		840
Масса, кг		60	90	168
Габариты, мм		545x285x545	720x285x700	470x910x940

* ПВ - относительная продолжительность включения при цикле 10 мин.

Классификация полуавтоматов

● По виду защитного газа: в активных (Г); в инертных (И)

● По способу регулирования скорости подачи проволоки: плавная, ступенчатая, комбинированная

● По типу механизма подачи проволоки: толкающего, тянущего, универсального

● По способу охлаждения горелки: с естественным охлаждением защитным газом, с принудительным жидкостным охлаждением.

● По конструкции:

однокорпусные - источник питания, механизм подачи, блок управления и кассета с проволокой размещены в одном корпусе (ПДГ-165-1; ПДГ-2010; ПДГ-2510; ДС-200.КЗ; «Мастер-400»)

двухкорпусные - источник питания и блок управления - в одном корпусе, а механизм подачи с горелкой - в отдельном блоке (ПДГ-2511; ПДГО-5010; ПДГ-3010; ПДГ-525-4).

КЕМППИ ПРО-3000	КЕМППИ ПРО-5000	КЕМПОМАТ 2500	КЕМПОМАТ 4000
3 x 380		3 x 220/380	
9,9	20,2	9,2	18,5
300 (60) 250 (100)	500 (60) 390 (100)	250 (30)	400 (40)
10-300	10-500	40-250	40-400
10-35	12-45	14-26	15-34
4		2	4
0,6-2,4 0,8-2,4	0,6-1,6 0,8-1,6	0,6-1,2 0,8-1,2	0,6-1,2 0,8-1,6
0-18	0-25	0-18	0-18 0-25
300			
880	900	800	900
59	73	80	130
550x230x500	550x230x500	930x440x860	970x480x970

Механизм подачи проволоки

Предназначен для стабильной подачи проволоки и регулирования её скорости при выборе режима сварки. Состоит из электродвигателя, редуктора, подающих и прижимных роликов, кассеты с проволокой, тормозного устройства.

Применяют две модификации подающих механизмов: закрытого (МПЗ и МПК) и открытого (МПО) типов



МПО-4

Для
порошковой
проволоки



Для проволоки сплошного сечения



МПК-2А



ПРОМИГ 100

Промежуточный
механизм подачи

Внутри корпуса механизмов МПЗ и МПК размещены кассеты с проволокой, двигатель с редуктором, подающие ролики, элементы управления процессом сварки.

Технические характеристики

Параметр	Марка	ПДГ-164-2 ПДГ-164	МПК-2А-1 МПК-2А-2	МПЗ-2А-1 МПЗ-2А-2	МПЗ-4А-1 МПЗ-4А-2
Исполнение		Закрытое (close)			
Напряжение питания, В		DC 24	AC 29		
Двигатель (мощн.), ВА		60	120		
Число роликов		2			4
Диаметр проволоки, мм сплошной порошковой		0,8-1,2	0,8-2		0,8-2 1,2-2
Скорость подачи, м/мин		2-9,5	1,2-1,6		
Диаметр кассеты, мм		200		200; 300	
Масса с кассетой, кг		10	12,5	16	16,5
Габариты, мм		520x160x300	470x180x330	590x230x420	650x230x440
Тип разъема подключения горелки		ВКМ-01 ВКМ-03	ВКМ-01 ВКМ-02		

На открытой раме механизма МПО установлена кассета с проволокой, электродвигатель с редуктором и ролики, а блок управления размещен в корпусе источника питания.

Для увеличения зоны обслуживания применяют промежуточные механизмы подачи проволоки с кабелем длиной 10, 15 и 20 м. Работа этих механизмов синхронизирована с работой основного механизма подачи и обеспечивает возможность сварки на значительном удалении от источника питания, полуавтомата, газового оборудования.

Механизмы подачи имеют 2 или 4 подающих ролика. Четырехроликовые механизмы более надежны и применяются для проволок большого диаметра или при сварке порошковыми проволоками.



Двухроликовый



Четырехроликовый

Для сварки проволоками из стали Св-08Г2С подающие ролики имеют канавки, а прижимные выполнены гладкими.

Во избежание смятия проволоки перед роликами и после них устанавливают направляющие трубки.

Тормозное устройство в кассете, предотвращает её самопроизвольное разматывание.

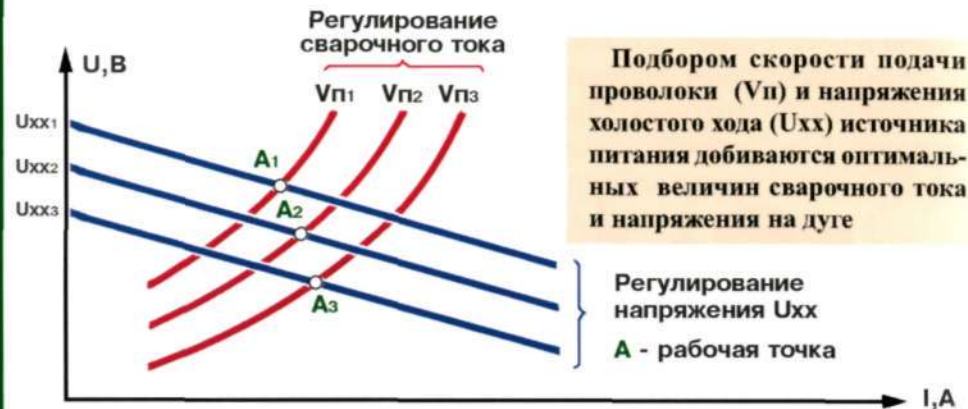
При сварке порошковыми проволоками из-за невозможности перемотки из бухт в кассеты используют механизмы подачи особой конструкции: бухты размещены на специальном разматывателе.

МПО-2 МПО-3	МПО-21-1 МПО-21-2	МПО-4
Открытое (open)		
DC 48	DC 24	
120		
2		4
1,2-2 -	0,8-2 -	1,6-2 1,6-3
1,25-16	1,2-16	2-12
200; 300		
13		15
440x340x220	685x340x280	700x350x260
ВКМ-02 ВКМ-03	ВКМ-01 ВКМ-02; -03	Спец special

Блок управления

Электрическая схема блока обеспечивает согласованную работу источника питания, механизма подачи проволоки, устройств пуска защитного газа и заварки кратера.

Регулируемыми параметрами являются скорость подачи сварочной проволоки и положение внешней статической характеристики источника.



Пульт управления

Служит для дистанционного регулирования режима сварки. Пульт ПУ-08 для полуавтомата ПДГ-2510 дает возможность дистанционно регулировать сварочный ток и напряжение на дуге, а переключатель "с пультом" или "без пульта" позволяет программировать два разных режима сварки.

Блок управления обеспечивает не только реализацию циклограмм процесса сварки, но и стабилизацию скорости подачи проволоки, а также дистанционную корректировку режима с переносного пульта управления.

Панель МХ для контроля функций

MIG/MAG, синергетическая и импульсная сварка плавящимся электродом, 20 каналов ЗУ для записи параметров, регулировка специальных функций



СВАРОЧНЫЕ ГОРЕЛКИ

Горелка - устройство для направления в зону дуги электродной проволоки, подвода к ней сварочного тока, подачи защитного газа, управления процессом сварки. Конструктивно подразделяются на три группы:



- 1 для механизмов подачи толкающего типа; только направляют сварочную проволоку в зону сварки



- 2 с встроенным в рукоятку механизмом подачи проволоки; подают проволоку механизмом тянущего типа



- 3 с комбинированным механизмом подачи толкающе-тянущего типа (система «ПУШ-ПУЛ»)

Сопло горелки цилиндрической или конусной формы делают из меди с гальваническим покрытием. В сопло устанавливают рассекатели или сеточки (газовые линзы). Металлические сопла горелки изолируют от токоведущих частей.

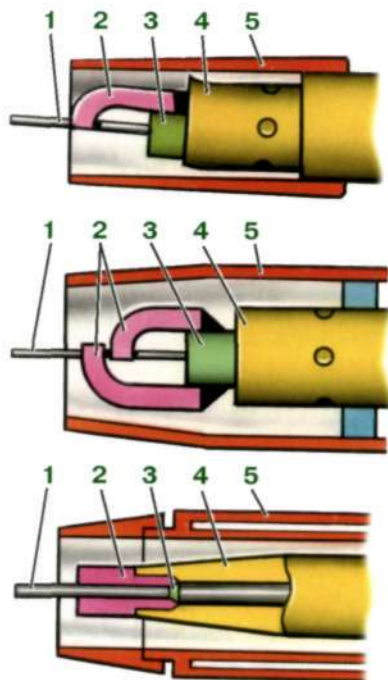
Горелка соединена с механизмом подачи проволоки гибким шлангом, по которому подаются электродная проволока, сварочный ток, защитный газ, а при больших токовых режимах - и охлаждающая жидкость.

Водяное охлаждение горелки и сопла уменьшает налипание брызг.

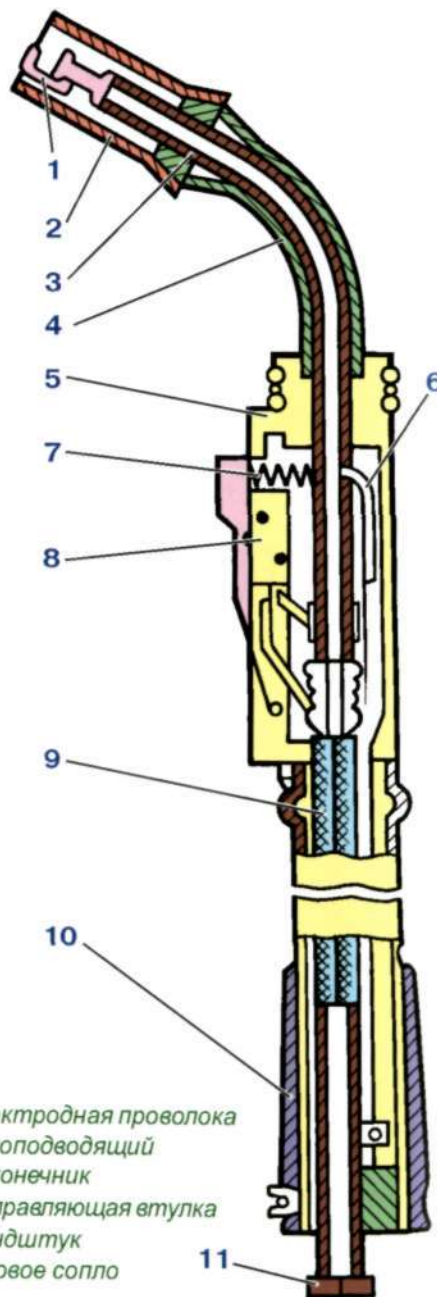
КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГОРЕЛКИ

- 1 - Токоподводящий наконечник
- 2 - Сопло
- 3 - Спираль
- 4 - Направляющая втулка
- 5 - Ручка
- 6 - Трубка для подачи газа
- 7 - Пружина
- 8 - Микровыключатель
- 9 - Плетенка
- 10 - Резиновая втулка
- 11 - Штуцер

Токоподводящие наконечники имеют различные конструкции в зависимости от диаметра сварочной проволоки.



- 1 - Электродная проволока
- 2 - Токоподводящий наконечник
- 3 - Направляющая втулка
- 4 - Мундштук
- 5 - Газовое сопло



Шланг специальной конструкции имеет внутри спираль, по которой подается сварочная проволока. Спираль изолирована от токоведущих частей бензостойкой резиной. Вместе с токопроводящей частью помещены изолированные проводники цепей управления. Снаружи шланг покрыт резиновой оболочкой.



Шланг присоединяется к механизму подачи проволоки специальным разъемом. Для горелок ГДПГ-101-10, ГДПГ-301-8 и ГДПГ-501-4 подключение осуществляется через разъем ВКМ-03 с подводом воды.

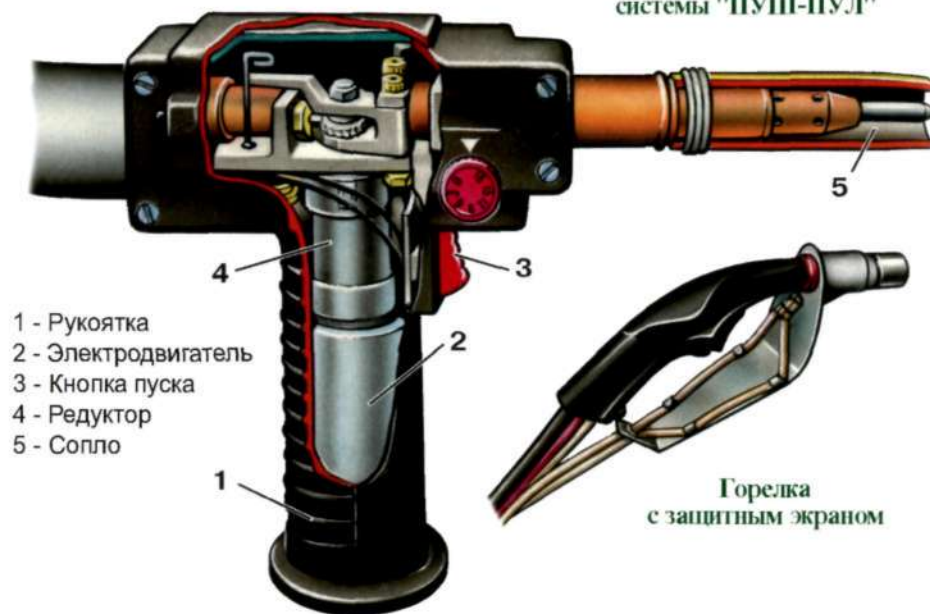


Горелки серий ГДПГ-212, ГДПГ-312, ГДПГ-512 имеют «евроразъемы».

В комплект поставки горелок входят сменные спирали и токоведущие медные наконечники



Конструкция горелки системы "ПУШ-ПУЛ"



Технические характеристики

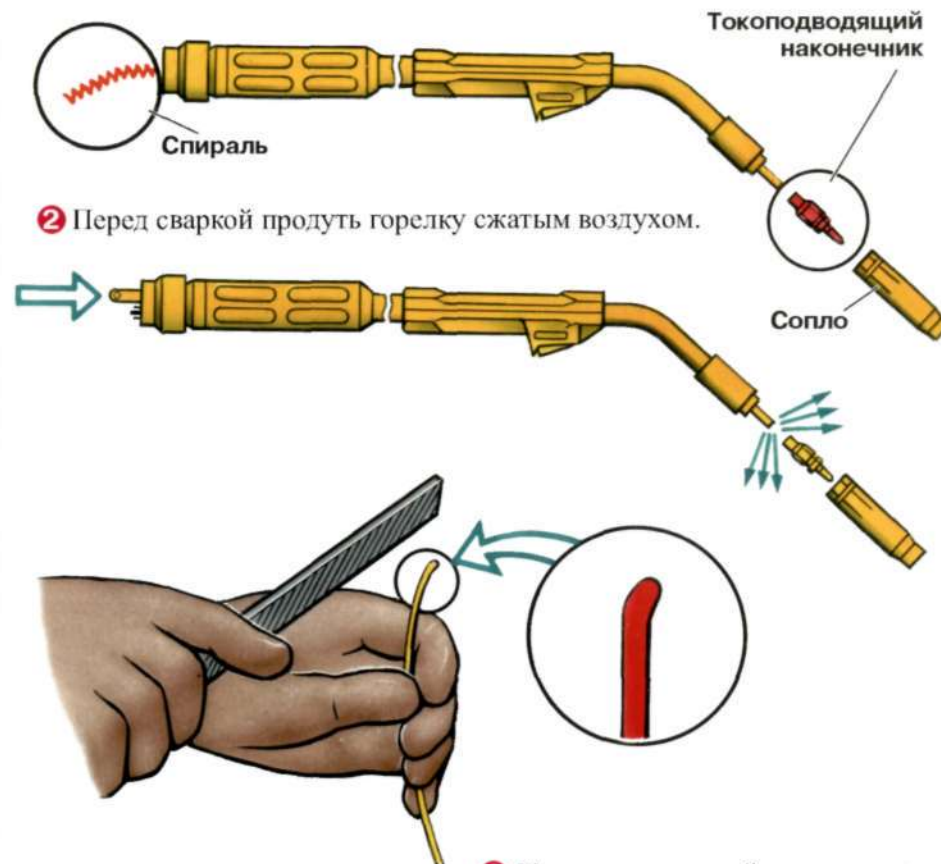
Марка	Сварочный ток, А (ПН=60%)	Диаметр проволоки, мм	Длина шланга, м	Тип разъема	Охлаждение
ГДПГ-101-10	160	0,8-1,2	2	ВКМ-03	Газ
ГДПГ-212-1	200	0,8-1,2	3	ВКМ-01(евро)	
ГДПГ-312-1	315	1-1,4	3		
ГДПГ-512-1	500	1,2-2	3		
ГДПГ-510	500	1,6-2; 1,6-3*	3	Специальный	
ГДПГ-501-4	500	1,4-2	3	ВКМ-03	Вода
"Агни-10М 200"	200	0,8-1,2	3	Евроразъем	Газ
"Агни-10М 315"	315	1,2; 1,4	3		
"Агни-10М 380"	380	1,4; 1,6; 2*	4		
"Агни-10М 315AI"	315	1,6**; 1,8**; 2**	4		

* Диаметр порошковой проволоки

** Диаметр алюминиевой проволоки

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРЕЛОК

① При изменении диаметра или марки электродной проволоки* необходимо заменить направляющую спираль и токоподводящий наконечник.



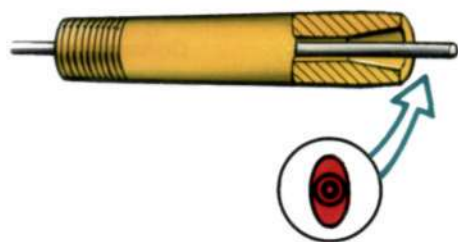
③ Перед заправкой проволоки в направляющий канал закруглить её конец напильником.

* В отечественных горелках используются две спирали для стальной проволоки диаметром 0,8 - 1,2 и 1,4 - 2,2 мм; для алюминиевой проволоки применяется тефлоновая направляющая.

В зарубежных горелках направляющий тефлоновый канал и опорную спираль, а также токоподводящую трубку с наконечником заменяют при изменении диаметра проволоки через каждые 0,2 мм



4 До начала сварки проверить осевую «игру» (люфт) проволоки в канале горелки (ориентировочно 8-12 мм).



5 Необходимо постоянно следить за естественным износом токоподводящего наконечника. При чрезмерном износе наконечник заменить.



6 В процессе сварки следить за надежной затяжкой токоподводящего наконечника.



7 При сварке регулярно очищать сопло и токоподводящий наконечник от брызг.

ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Баллоны

Служат для хранения и транспортировки газа. Окраска баллонов и надписи на них соответствуют тому газу, для которого они предназначены



Регулятор (редуктор)

Предназначен для понижения давления газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания постоянным рабочего расхода (давления). Присоединяется к вентилю баллона с помощью накидной гайки.

Давление газа и его расход регулируют вращением маховичка. Отбор газа осуществляется через ниппель, к которому присоединен шланг.

Регулятор расхода углекислого газа У-30П-2 комплектуется электроподогревателем, который установлен на хвостовике корпуса (напряжение питания 36 В, потребляемая мощность 200 Вт)

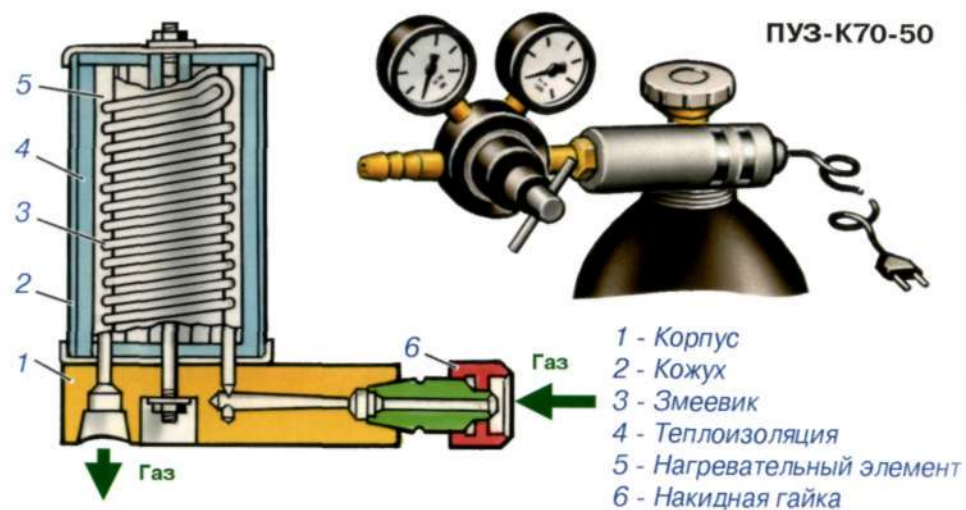
Технические характеристики

Показатели	Марка							
	У-10-2	У-30П-2	АР-10-2	АР-40-2	АР-150-2	А-30-2	А-90-2	Г-70-2
Редуцируемый газ	Углекислый газ		Аргон			Азот		Гелий
Давление газа на входе, МПа наибольшее наименьшее при наибольшем расходе	10 0,8	20 1,5	20 0,8	20 1,5	20 2,5	20 0,8	20 1,5	20 1,5
Наибольшая пропускная способность при наибольшем рабочем давлении (красная шкала), м³/ч	1,8	0,6	2,4	9,0	1,8	5,4	4,2	4,2
Пропускная способность (черная шкала), м³/ч	0,3-0,72	0,03-0,15	0,30-0,84	0,6-2,4	0,03-0,24	0,9-2,22	0,3-1,2	0,3-1,2
Габаритные размеры, мм	190х х165х х160	190х х260х х160	190х165х160					
Масса, кг	1,68	2,5	1,8					

Подогреватель

Используется только при сварке в углекислом газе. Испарение жидкого CO_2 при большом его расходе приводит к резкому понижению температуры. Влага, содержащаяся в газе, замерзает в редукторе.

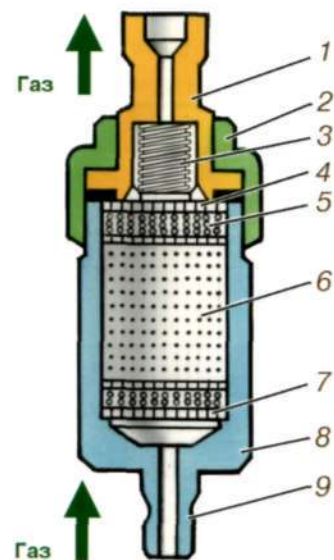
Для безопасности подогреватель питается постоянным (20 В) или переменным (36 В) током.



Осушитель

Поглощает влагу из углекислого газа. Выпускается двух модификаций: высокого и низкого давления. Осушитель высокого давления устанавливается перед регулятором (редуктором), а низкого - после него. Влагопоглощающим веществом служит силикагель или алюмогликоль. Путем прокаливания при 250-300 °С эти вещества поддаются восстановлению.

- 1 - Втулка
2 - Накладная гайка
3 - Пружина
4 - Сетка
5 - Фильтр
6 - Осушающий материал
7 - Сетчатая шайба
8 - Корпус
9 - Штуцер



Ротаметр

Служит для определения расхода газа. Необходим в случае использования газовых редукторов, не имеющих встроенного расходомера

Технические характеристики

Марка	Пределы измерения, л/мин		
	по аргону	по гелию	по углекислому газу
РС-3А	0,1 - 1	0,35 - 2,8	0,08 - 0,8
РС-3	2,8 - 14,2	7 - 44,5	1,62 - 16,2
РС-5	8,9 - 56,6	20 - 140	8,12 - 53,6

Рукава (шланги)

Гибкие трубопроводы из вулканизированной резины, армированные льняной тканью. С их помощью газовое оборудование объединяется в общую систему

Технические характеристики резиновых рукавов

Диаметр, мм		Масса, кг/м
внутренний	наружный	
6,3	13,0	0,14
8,0	16,0	0,19
9,0	18,0	0,24
10,0	19,0	0,26
12,0	22,5	0,36
12,5	23,0	0,37
16,0	26,0	0,43

Смеситель газов

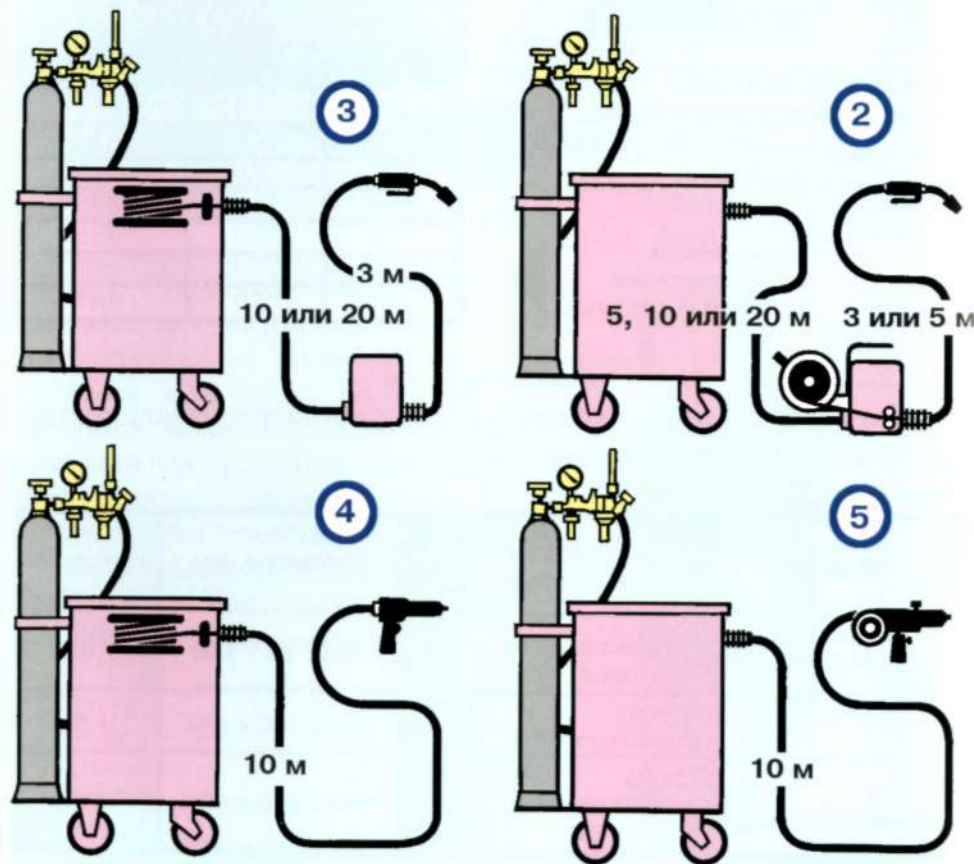
Предназначен для приготовления газовой смеси определенного состава (двух- или трехкомпонентной)

Технические характеристики

Марка	Состав смеси, % от объема		Габариты, мм	Масса, кг
УКП-1-71	Углекислый газ	70	165 x 84 x 160	1,65
	Кислород	30		
УГС-1	Аргон	75	150 x 100 x 145	1,5
	Углекислый газ	25		
УГС-1 (многостовой)	Аргон	70	940 x 370 x 400	36
	Углекислый газ	25		
	Кислород	5		

- 1 - основной механизм подачи проволоки толкающего типа с обычной горелкой;
 2 - основной механизм подачи проволоки толкающего типа приближен к месту сварки;
 3 - основной и промежуточный механизмы подачи проволоки толкающего типа;
 4 - основной механизм подачи проволоки толкающего типа и горелка с встроенным механизмом системы «ПУШ-ПУЛ»
 5 - горелка с встроенным механизмом подачи проволоки и кассетой

Варианты компоновки механизма подачи и ручной горелки



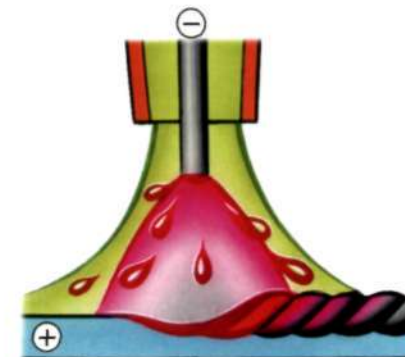
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

- Род и полярность тока
- Диаметр электродной проволоки
- Сварочный ток
- Напряжение на дуге
- Скорость подачи электродной проволоки

- Скорость сварки
- Расход защитного газа
- Вылет электрода
- Выпуск электрода

Род и полярность тока

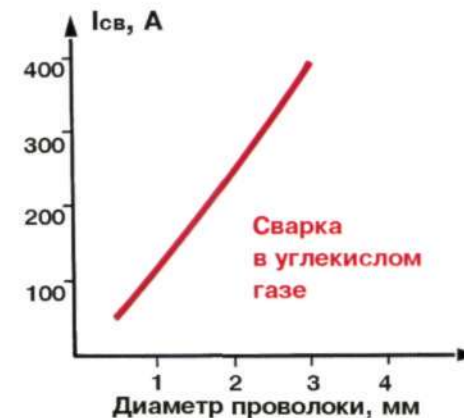
Сварку обычно выполняют на *постоянном токе обратной полярности*. Иногда возможна сварка на *переменном токе*. При прямой полярности скорость расплавления в 1,4-1,6 раз выше, чем при обратной, однако дуга горит менее стабильно, с интенсивным разбрызгиванием.



Диаметр электродной проволоки

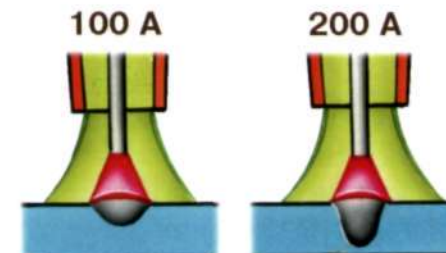
Выбирают в пределах 0,5-3,0 мм в зависимости от толщины свариваемого материала и положения шва в пространстве. Чем меньше диаметр проволоки, тем устойчивее горение дуги, больше глубина проплавления и коэффициент наплавки, меньше разбрызгивание.

Большой диаметр проволоки требует увеличения сварочного тока.



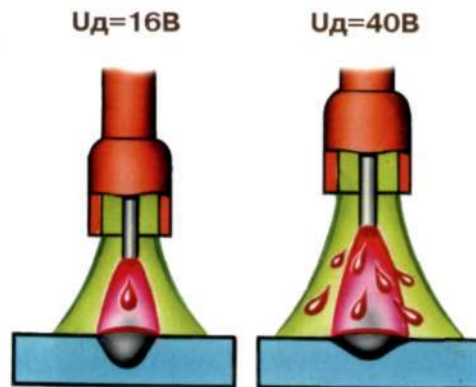
Сварочный ток

Устанавливают в зависимости от диаметра электрода и толщины свариваемого металла. Сила тока определяет глубину проплавления и производительность процесса в целом. Ток регулируют скоростью подачи сварочной проволоки.



Напряжение на дуге

С ростом напряжения на дуге глубина проплавления уменьшается, а ширина шва и разбрызгивание увеличиваются. Ухудшается газовая защита, образуются поры. Напряжение на дуге устанавливают в зависимости от выбранного сварочного тока и регулируют положением вольтамперной характеристики, изменяя напряжение холостого хода источника питания.



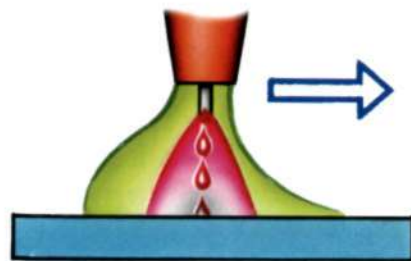
Скорость подачи электродной проволоки

Связана со сварочным током. Устанавливают с таким расчетом, чтобы процесс сварки происходил стабильно, без коротких замыканий и обрывов дуги.

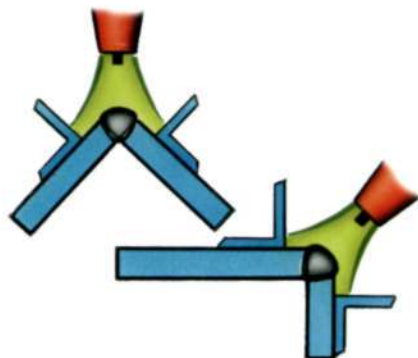
Скорость сварки

Устанавливают в зависимости от толщины свариваемого металла с учетом качественного формирования шва. Металл большой толщины лучше сваривать узкими швами на высокой скорости.

Медленная сварка способствует разрастанию сварочной ванны и повышает вероятность образования пор в металле шва.



При чрезмерной скорости сварки могут окислиться конец проволоки и металл шва.

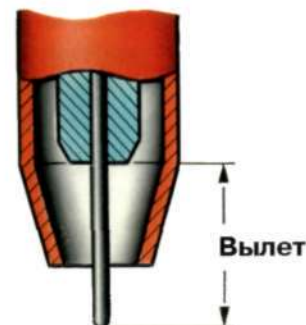


Расход защитного газа

Определяют в зависимости от диаметра проволоки и силы сварочного тока. Для улучшения газовой защиты увеличивают расход газа, снижают скорость сварки, приближают сопло к поверхности металла или используют защитные экраны.

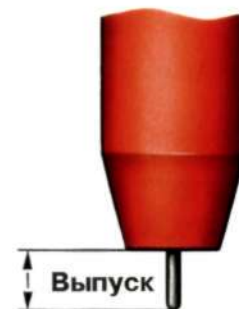
Вылет электрода

Расстояние от точки токоподвода до торца сварочной проволоки. С увеличением вылета ухудшаются устойчивость горения дуги и формирование шва, интенсивнее разбрызгивается металл. Малый вылет затрудняет процесс сварки, вызывает подгорание газового сопла и токоподводящего наконечника.



Выпуск электрода

Расстояние от сопла горелки до торца сварочной проволоки. С увеличением выпуска ухудшается газовая защита зоны сварки. При малом выпуске усложняется техника сварки, особенно угловых и тавровых соединений.



Вылет и выпуск зависят от диаметра электродной проволоки:

Диаметр проволоки, мм	0,5 - 0,8	1 - 1,4	1,6 - 2	2,5 - 3
Вылет электрода, мм	7 - 10	8 - 15	15 - 25	18 - 30
Выпуск электрода, мм	7 - 10	7 - 14	14 - 20	16 - 20
Расход газа, л/мин	5 - 8	8 - 16	15 - 20	20 - 30

Оптимальная совокупность параметров режима делает процесс стабильным на трех стадиях:

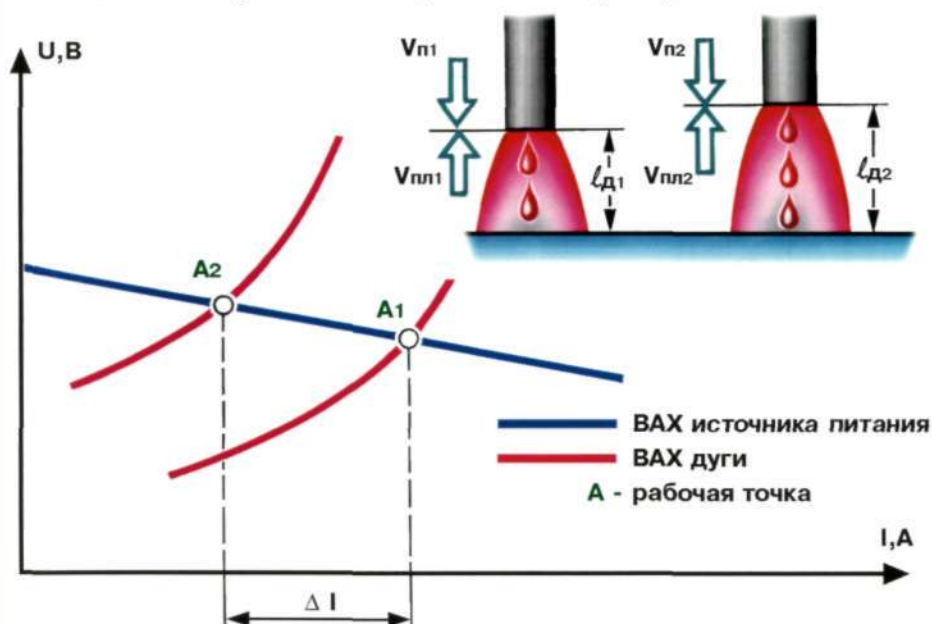
- 1 - при зажигании дуги и установлении рабочего режима сварки;
- 2 - в широком диапазоне рабочих режимов;
- 3 - в период окончания сварки.

Процесс сварки считается стабильным, если электрические и тепловые характеристики его не изменяются во времени или изменяются по определенной программе. В связи с этим механизированную сварку в защитных газах ведут *стационарной дугой, импульсно-дуговым способом, с синергетической системой управления.*

Сварка стационарной дугой

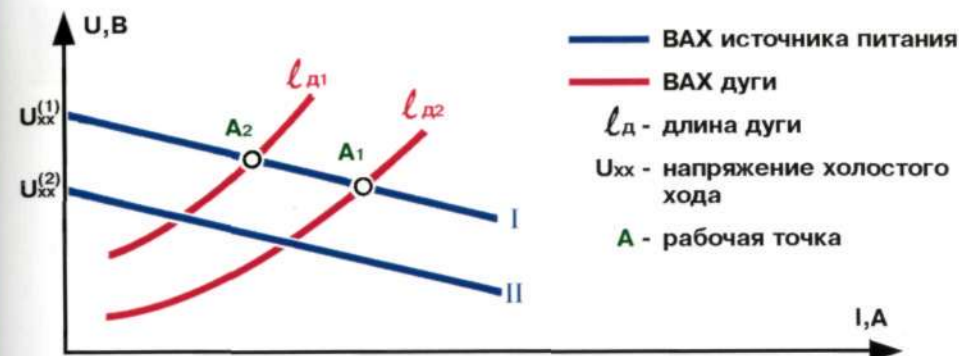
Случайные колебания скорости подачи электродной проволоки и длины дуги могут нарушить стабильность процесса, привести к коротким замыканиям, обрыву дуги. Во избежание этого необходимо изменять скорость плавления электрода, т.е. соответствующим образом варьировать силу сварочного тока.

Вольтамперная характеристика дуги (ВАХ дуги) в защитных газах при плавящемся электроде имеет возрастающий характер.



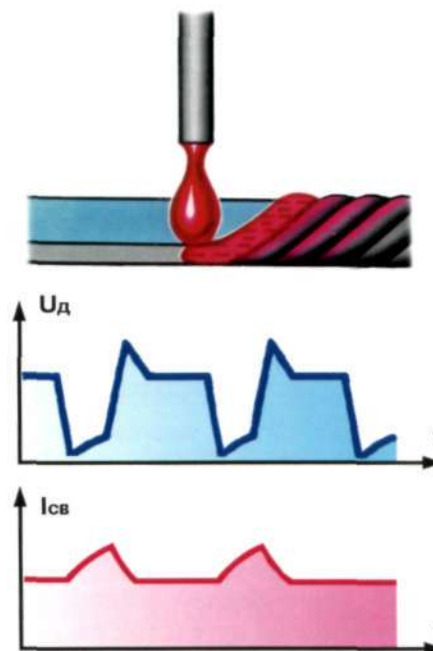
В определенный момент стабильного процесса сварки скорость подачи электродной проволоки $V_{п1}$ равна скорости плавления $V_{пл1}$. При этом параметры по току и напряжению определялись рабочей точкой A_1 с длиной дуги l_{d1} . Допустим, что в связи со сбоями в механизме подачи проволоки скорость подачи уменьшилась. Тогда возникает относительная скорость плавления $\Delta V_{пл} = V_{пл1} - V_{пл2}$, которая приводит к перемещению рабочей точки в новое положение - A_2 . Оно характеризуется уменьшением сварочного тока (ΔI), что приводит к уменьшению первоначальной скорости плавления. Процесс сварки вернулся в точку A_1 с длиной дуги l_{d1} . Этот процесс носит название - *саморегулирование по длине дуги*. Оно становится интенсивнее при более жесткой вольтамперной характеристике источника питания.

При сварке от источника с жесткой характеристикой сварщик корректирует режим по току, регулируя скорость подачи проволоки. Однако при этом изменяются длина дуги и напряжение на ней. Для поддержания нужной длины дуги при настройке режима следует корректировать вольтамперную характеристику ИП, переходя с одной (I) на другую (II).



Стабильность дуги, особенно в потолочном положении, а также размеры шва и его качество зависят от вида переноса электродного металла через дуговой промежуток. Таких видов переноса существует три.

1. Крупнокапельный перенос с короткими замыканиями дуги. Образуются капли размером в 1,5 раза превышающие диаметр электродной проволоки. Процесс сопровождается короткими замыканиями с естественным импульсно-дуговым процессом, обусловленным параметрами режима. Напряжение на дуге периодически снижается до 0 и в момент отрыва капли увеличивается до рабочего значения. Ток в момент короткого замыкания возрастает, что приводит к отрыву капли электродного металла. Процесс протекает с разбрызгиванием металла, что ухудшает внешний вид сварного соединения, приводит к непроварам, чрезмерной выпуклости шва.



2. *Среднекапельный перенос* без коротких замыканий.

Дуга горит непрерывно, а электродный металл переносится через дугу каплями, диаметр которых близок к диаметру проволоки.

Сварка идет с периодическим изменением напряжения на дуге и сварочного тока.

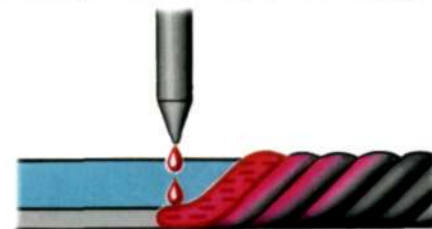
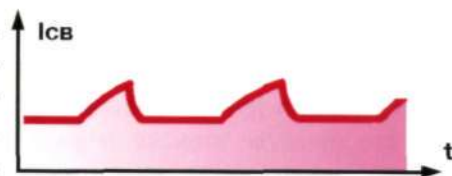
Импульсно-дуговой процесс зависит от параметров режима сварки и также сопровождается разбрызгиванием, снижается качество шва.

3. Струйный перенос.

Дуга горит непрерывно, оплавленный конец электрода вытянут конусом, с которого в сварочную ванну стекают капли размером менее $2/3$ диаметра электрода. Масса капли невелика, поэтому электродный металл легко переносится в ванну при сварке во всех пространственных положениях.

Разбрызгивание при струйном переносе незначительно. Производительность высока. Получить струйный перенос можно в аргоне. В углекислом газе такой перенос достигается при высокой плотности сварочного тока или при проволоках, активированных редкоземельными элементами.

Управляемый перенос электродного металла с требуемыми размерами капель успешно достигается при импульсно-дуговом процессе, когда периодически изменяют напряжение на дуге и ток сварки.

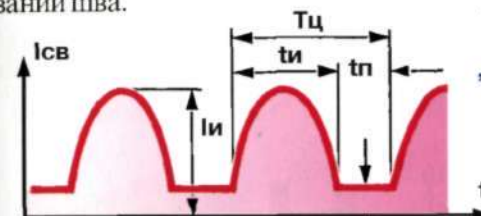


Импульсно-дуговая сварка

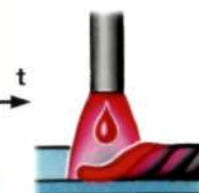
Импульсно-дуговая (нестационарной дугой) сварка способом MIG/MAG возможна при низком сварочном токе во всех пространственных положениях шва при минимальном разбрызгивании и качественном формировании шва.

Существуют два основных вида переноса электродного металла:

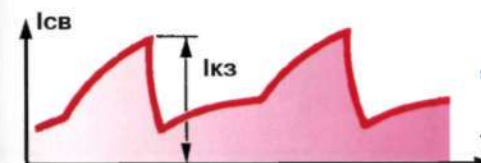
- с непрерывным горением дуги - «длинной дугой»;
- с короткими замыканиями дугового промежутка - «короткой дугой»



"Длинная" дуга



Tц-время цикла
ti-время импульса
tp-время паузы
Iи-ток импульса
Iп-ток паузы



"Короткая" дуга



Iкз-ток короткого замыкания

Особенность импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом состоит в том, что процессом переноса электродного металла можно управлять. При сварке «длинной дугой» возможны две разновидности переноса:

- один импульс - одна капля;
- один импульс - несколько капель.

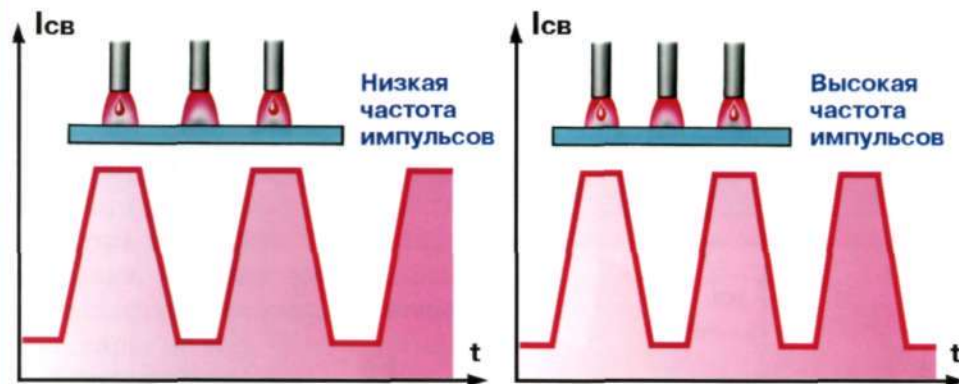
Перенос «короткой дугой» характерен для сварки в углекислом газе. Нестабильность и усиленное разбрызгивание электродного металла определяются свойствами источника питания и зависят от характера изменения мгновенной мощности как в период горения дуги, так и при коротком замыкании.

При импульсно-дуговой сварке способом MIG/MAG эффективно синергетическое управление процессом.

Синергетическое управление

Инверторные источники питания позволяют ускорить изменения параметров по току до 1000 А/мс. Высокое быстродействие источника способствует оптимальному выбору токов импульса и паузы, времени импульса и паузы, частоты импульса в зависимости от скорости подачи проволоки. Это обеспечивает стабильный перенос капли электродного металла за один импульс.

В современных полуавтоматах внедрены микропроцессорные технологии управления импульсными процессами сварки в зависимости от марки стали, диаметра проволоки, вида защитного газа. Такие системы называются *синергетическими*.



Благодаря предварительному программированию импульсных режимов во время сварки регулируются только два параметра: *сварочный ток* и *длина дуги*. Синергетическое оборудование легко перестраивает режимы сварки в зависимости от марки свариваемой стали, диаметра электродной проволоки и вида защитного газа.

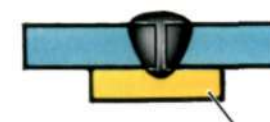
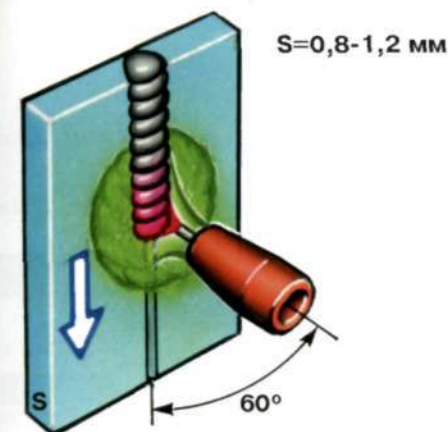
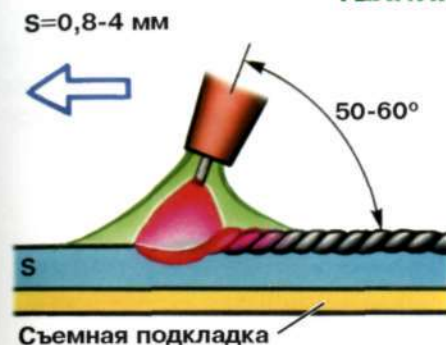
В синергетической системе оборудования фирмы «Кемпи» запрограммированы оптимальные параметры режима сварки для различных комбинаций материала: углеродистая сталь, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы; диаметров электродной проволоки сплошного сечения: 1,0; 1,2; 1,6 мм; времени заварки кратера.

Для каждого диаметра проволоки имеется широкий диапазон токовых значений режима, который позволяет сваривать материалы разной толщины и во всех пространственных положениях. Синергетические системы повышают производительность на 20% по сравнению с обычной сваркой MIG/MAG.

ТЕХНИКА СВАРКИ

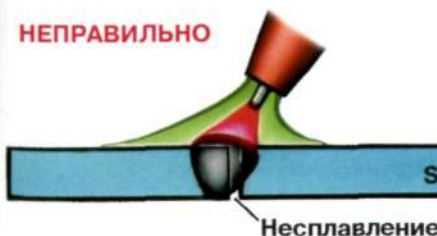
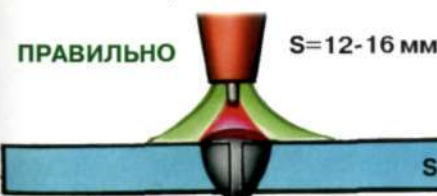
СТЫКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Металл толщиной от 0,8 до 4 мм рекомендуется сваривать без разделки кромок в сборочно-сварочных приспособлениях на съемных медных или нержавеющей подкладках либо остающихся подкладках



Остающаяся подкладка из того же металла, что и изделие

Сварку тонкого металла предпочтительно вести в вертикальном положении сверху вниз, углом назад. Металл толщиной свыше 4 мм сваривают как на весу, так и на подкладках

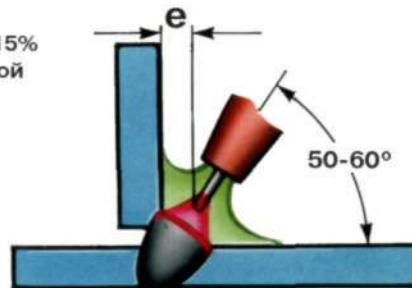


Сварку металла больших толщин рекомендуется выполнять в гелии или смеси аргона с гелием (40%+60%). Небольшое отклонение от вертикали приводит к несплавлению кромок.

УГЛОВЫЕ И ТАВРОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

В "лодочку"

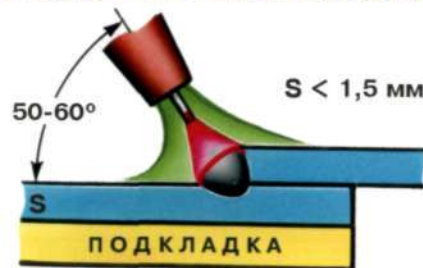
Выпуск увеличен на 10-15% по сравнению со сваркой в нижнем положении



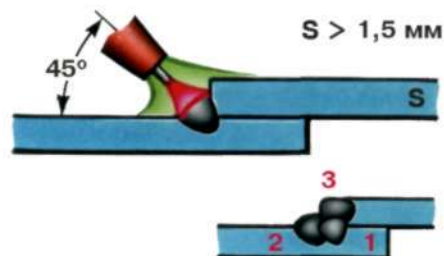
Толщина свариваемого металла, мм до 5 св. 5
Расстояние e , мм 0 0,8-1,5

НАХЛЕСТОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

На медной или стальной подкладке

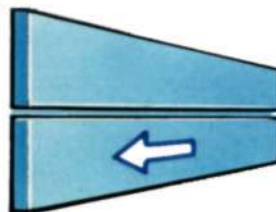


На весу за несколько проходов

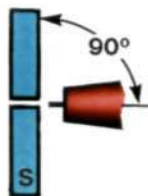


ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ШВЫ

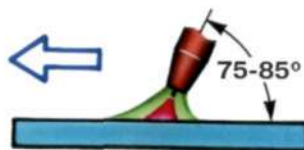
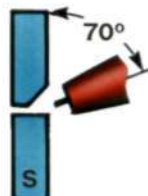
Ведется "углом вперед" без поперечных колебаний



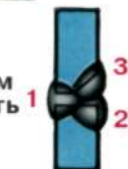
$S < 3$ мм



$S > 3$ мм



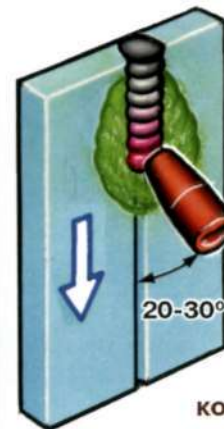
Металл толщиной более 6 мм рекомендуется сваривать за несколько проходов



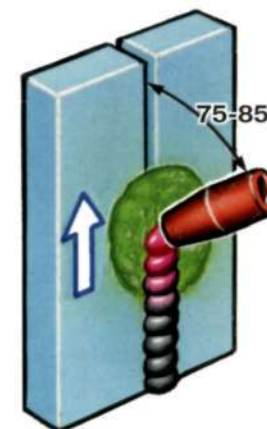
ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ШВЫ

Сварка осуществляется со свободным формированием шва проволоками диаметром 0,8-1,2 мм на режимах с частыми короткими замыканиями и импульсной дугой

"Сверху вниз" ($S < 4$ мм)



"Снизу вверх" ($S > 4$ мм)



Дугу направляют на передний край ванны, стремясь уменьшить стекание жидкого металла и одновременно проплавить корень шва.

Металл толщиной до 4 мм сваривают без поперечных колебаний, а больших толщин - с колебаниями горелки.

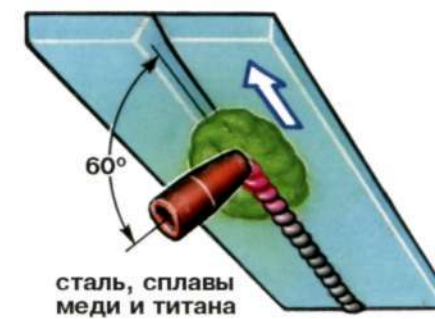
При сварке односторонних вертикальных швов рекомендуется соединения собирать с зазором

ПОТОЛОЧНЫЕ ШВЫ

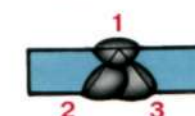
"Углом вперед"



"Углом назад"



Металл толщиной более 6 мм рекомендуется сваривать за несколько проходов



ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Температура плавления углеродистой стали составляет **1535 °C**

МАРКА СТАЛИ		СВАРИ- ВАЕМОСТЬ	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ	Защитка кромок до металлического блеска
Углеродистые	Ст3; Ст4; Ст3кп; Ст4кп Стали 10, 15, 20	ХОРОШАЯ	Защитная среда: CO ₂ ; CO ₂ +O ₂ ; Ar+CO ₂ ; Ar+O ₂ +CO ₂ ; Ar+O ₂ Электродная проволока: Св-08Г2С; Св-08ГС; Св-07ГС; Св-12ГС; Св-10ХГ2С1 Порошковые проволоки: ПП-АН8; ПП-АН10; ПП-АН13; ПП-АН21	
Низколегированные	10ХСНД; 15ХСНД; 14ХГС; 09Г2 09Г2С; 09Г2СД			
	12МХ; 15ХМ; 15ХМА; 12Х1МФ; 12Х2М1 12Х2МФСР	Удовлетво- рительная	Защитная среда: CO ₂ ; Ar+CO ₂ Электродная проволока: Св-08ГС; Св-08Г2С; Св-08ХГСМ; Св-08ХГ2СМ; Св-08ХГСМА Порошковые проволоки: ПП-АН54	

Трудности при сварке

- Разбрызгивание электродного металла при сварке проволоками большого диаметра и в углекислом газе.
- Чрезмерная выпуклость шва с резким переходом к основному металлу.
- При использовании проволок диаметром 1,6-4 мм снижение ударной вязкости металла шва.

Подготовка к сварке

Углеродистые и низколегированные стали разрезают на заготовки газовой, плазменной или воздушно-дуговой резкой с последующей зачисткой участков нагрева резцовыми или абразивными инструментами до удаления следов огневой резки.

Перед сборкой стыка свариваемые кромки на ширину 20 мм зачищают до металлического блеска и обезжиривают.

Стыки собирают в сборочных приспособлениях или с помощью прихваток. Их ставят с применением присадочных проволок той же марки, какой будет выполнена сварка корневого шва.

Высота прихватки должна быть равна 0,6-0,7 толщины свариваемых деталей, но не менее 3 мм, при толщине стенки до 10 мм или 5-8 мм при толщине стенки более 10 мм.

Прихватки необходимо выполнять с полным проваром. Их поверхность должна быть тщательно зачищена. Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, следует удалить механическим способом.

Сварочную проволоку в течение 1,2-2 ч прокаливают при температуре 150-250 °C. Ржавчина на проволоке резко ухудшает стабильность процесса сварки. Удалять ржавчину рекомендуется травлением проволоки в 5%-ном растворе соляной кислоты с последующим прокаливанием 1,5-2 ч при температуре 150-250 °C.

Выбор параметров режима сварки

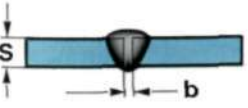
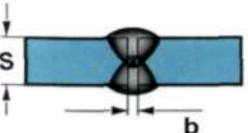
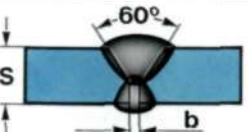
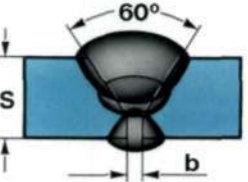
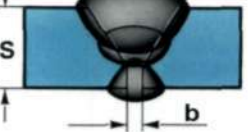
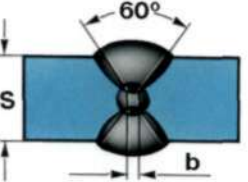
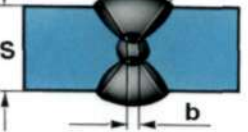
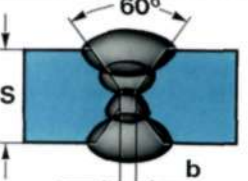
Сварка производится на постоянном токе обратной полярности.

Диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от типа сварного соединения, толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве.

Зависимость диаметра проволоки от типа соединения и толщины металла

Диаметр проволоки, мм	Толщина металла (мм) для соединений			Положение шва в пространстве
	угловых тавровых нахлесточных	стыковых без скоса кромок	стыковых со скосом кромок	
0,8	1	1	—	Н, Г, В, П
1	1,5-2,5	1,5-2		
1-1,2	3	2,5-3		
1,2-1,4	4	4-5	5-6	Н, Г, В
1,4-1,6	5	6		
1,6-2	6-8	8	8-12	Н
2-2,5	10 и более	10	14 и более	

Режимы сварки в углекислом газе
низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Соединение	Размеры, мм		Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В
	S	b		
	0,8-1 1,5-2 3	0-0,3 0-0,8 0-1	50-80 90-200 200-380	17-18 18-22 23-25
	4 6 8 10 14	0-1,2 0-1,5 0-1,5 0-1,5 0-1,5	200-350 250-420 300-450 320-470 380-500	23-32 25-36 28-38 29-38 33-40
	16 18	0-1,5 0-1,5	380-500 380-500	33-40 33-40
	20	0-1,5	380-420 450-500	32-36 36-40
			380-420 450-500 350-400	32-36 36-40 33-36
			380-420 450-500 350-400	32-36 36-40 33-36
	24	0-1,5	380-420 350-400 480 500 350-400	32-36 33-36 38-40 33-36
	32	0-1,5	380-420 350-400 480-500 350-400	32-36 33-36 38-40 33-36

Скорость сварки, м/ч	Диаметр проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин	Число проходов
25-50 25-55 25-110	0,7-0,8 0,8-1,2 1,2-1,4	8-10 8-13 12-15	6-7 6-7 8-11	1
25-120 25-70 20-60 20-45 15-25	1,2-1,6 1,2-2 1,2-2,5 1,2-2,5 1,2-2,5	12-20 12-20 12-25 12-25 12-25	8-12 10-16 11-17 12-18 12-18	2
16-25 12-25	1,4-2,5 1,6-2,5	15-25 18-25	12-16 12-18	2
14-16 18-20	1,6-2,5	18-25	12-18	2
18-20	1,6-2,5	18-25	12-18	3
18-20	1,6-2,5	18-25	12-18	3
16-18	1,6-2,5	18-25	12-18	4
14-16	1,6-2,5	18-25	12-18	4

Техника сварки

Стыковые соединения металла толщиной 0,8-1,2 мм сваривают на медных или керамических подкладках. Металл толщиной более 1,2 мм можно сваривать на весу.

Конструкции с толщиной стенки до 3 мм сваривают за один проход без разделки кромок. Сварку целесообразно выполнять в вертикальном положении сверху вниз. Сварку ведут с периодическим прерыванием процесса или в импульсном режиме.

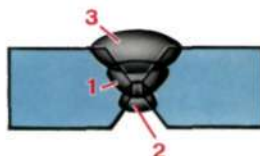
Металл толщиной 4 мм и более сваривают с двух сторон без разделки кромок, но с зазором. Сварку в нижнем положении ведут в направлении слева направо - «углом назад» или справа налево - «углом вперед». Вертикальные швы при толщине металла до 3 мм сваривают сверху вниз, в свыше 3 мм - снизу вверх.

При многопроходной сварке стыковых и тавровых соединений для обеспечения провара первый проход выполняют при зазоре до 0,5 мм без поперечных колебаний горелки, а при зазоре свыше 0,5 мм - с поперечными колебаниями. Второй и последующие проходы выполняют только с поперечными колебаниями. Последующие швы накладывают после очистки от шлаковой корки предыдущих швов.

При сварке на больших токовых режимах для качественной заварки кратера нужно уменьшить сварочный ток до 150-170 А, а напряжение дуги - до 24-26 В.

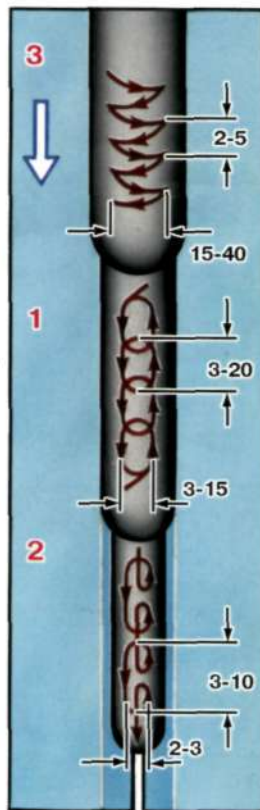
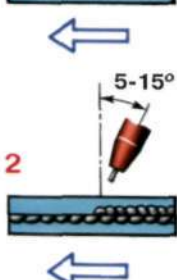
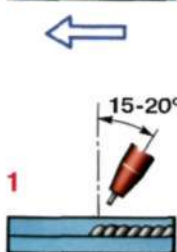
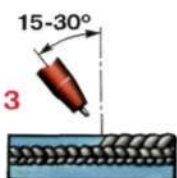
Положения и перемещения горелки при сварке стыковых швов в углекислом газе

1-первый слой
2-подварочный шов
3-последующий слой



W - траектория перемещений горелки (размеры приведены в мм)

Положения горелки:



ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ (ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ) И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ (НЕРЖАВЕЮЩИХ) СТАЛЕЙ

Температура плавления стали типа 18-8 составляет 1475 °C

Марка стали		Свариваемость	Технологические особенности сварки
СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫЕ	12X5; X5 X5M; X5BF	ХОРОШАЯ	Защитный газ: CO ₂ ; Ar Электродная проволока: Св-08ХГ2СМ; Св-04Х19Н9; Св-06Х19Н9Т
	20ХГС 25ХГС 30ХГС 30ХГСА	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ	Защитный газ: CO ₂ ; CO ₂ +O ₂ ; Ar+CO ₂ Электродная проволока: Св-10ГСМ; Св-10ГСМТ; Св-10ХГ2С; Св-15ХМА; Св-18ХГСА При толщине до 10 мм - без подогрева Более 10 мм - предварительный подогрев до 250-300 °С
	15ХМА 20ХМА		Защитный газ: CO ₂ ; Ar; Ar+CO ₂ Электродная проволока: Св-08ХГСМА; Св-08ХГ2СМА Предварительный подогрев до 250-300 °С с последующим высоким отпуском
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ	0X13 1X13 2X13	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ	Защитный газ: Ar; CO ₂ ; Ar+CO ₂ Электродная проволока Св-10X13; Св-06X14; Св-08X14ГТ С последующим отпуском до 700 °С
	X17H2 1X17H2T		Защитный газ: Ar; CO ₂ Электродная проволока: Св-10X13; Св-06X14; Св-08X18H2ГТ Отпуск до 700 °С
	X18H10T 0X18H12Б X18H12M2T	ХОРОШАЯ	Защитный газ: Ar; CO ₂ ; Ar+CO ₂ ; Ar+O ₂ ; Ar+CO ₂ +O ₂ Электродная проволока: Св-06Х19Н9Т; Св-08Х20Н9Г7Т
	X18H9 X17H5Г9 X17H4Г9		Защитный газ CO ₂ Электродная проволока: Св-08Х20Н9С2БТЮ; Св-07Х18Н9ТЮ

ЗАЧИСТКА КРОМОК ДО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО БЛЕСКА

Трудности при сварке

- Закаливаемость сталей 0Х13 и, как следствие, образование в околошовной зоне твердых и хрупких участков основного металла
- Склонность металла и околошовной зоны к образованию горячих трещин
- Повышенная чувствительность к термическому циклу сварки, снижающая эксплуатационные свойства сварного соединения
- Трудность достижения коррозионной стойкости шва.

Следует тщательно выбирать оптимальный режим сварки, с учетом минимального нагрева зоны термического влияния и минимального объема сварочной ванны. При многослойной сварке каждый последующий шов нужно выполнять после остывания предыдущего. Охлаждение можно ускорить обдувом воздухом. Необходимо тщательно осушать защитный газ и очищать свариваемые кромки и проволоку от загрязнений.

В качестве защитного газа предпочтителен аргон

Один из недостатков сварки коррозионностойких сталей в углекислом газе и его смесях - образование на поверхности трудноудаляемой оксидной пленки. Необходимо выбирать режимы, при которых обеспечивается не только минимальный нагрев основного металла, но и наименьшее разбрызгивание электродного металла.

Подготовка к сварке

Кромки стыкуемых деталей из высоколегированных сталей лучше готовить механическим способом. Однако допускается плазменная, электродуговая, газоплюсовая или воздушно-дуговая резка. После огневых способов обязательно обрабатывают кромки механическим инструментом на глубину 3-5 мм

Снимать фаску для получения скоса кромки необходимо только механическим способом. Снаружи и внутри кромки зачищают от окалины и загрязнений на ширину 20 мм и обезжиривают.

Затем осушают защитный газ, очищают электродную проволоку от смазки и грязи травлением или механически с последующим прокаливанием.

Стыки собирают в приспособлениях либо с помощью прихваток. Их нужно располагать равномерно по всей длине стыков на расстоянии 75-125 мм одна от другой. Размеры прихваток выбирают в зависимости от толщины металла и геометрии стыка. Прихватки перед сваркой зачищают до металлического блеска и проверяют, нет ли в них трещин и других дефектов. Прихватки с недопустимыми дефектами удаляют механическим способом.

В местах пересечения швов прихватки устанавливать нельзя.

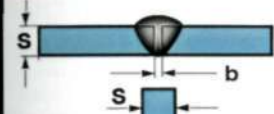
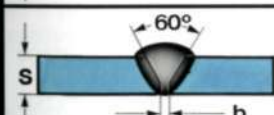
Выбор параметров режима

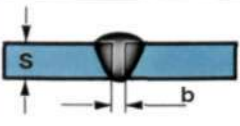
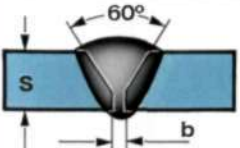
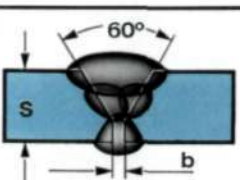
Сварку ведут постоянным током обратной полярности, желательно в среде инертных газов. Целесообразно выбирать сварочные проволоки сходные по химическому составу с основным металлом.

Режим сварки нужно соблюдать таким, чтобы шов остывал как можно быстрее.

Сварка высоколегированных коррозионностойких сталей возможна в CO_2 , газовых смесях: $\text{Ar}+\text{CO}_2$; $\text{Ar}+\text{O}_2$. Для получения качественных швов применяют проволоки с повышенным содержанием титана и алюминия, например, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-08Х20Н9С2БТЮ

Ориентировочные режимы сварки сталей типа 18-8 в инертных газах

Вид соединения	Размер, мм			Газ	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
	S	b	k						
	1,5-2	0 ^{+0,5}	2-3	Ar	60-90 70-130	19-20 18-21	0,8 1-1,2	8-12 8-12	10-12 10-12
	3-4	0 ^{+0,5}	3-4	Ar	90-170 130-190	19-22 20-23	0,8-1 1,2-1,6	12-16 12-16	12-18 12-18
	5-8	0 ^{+0,5}	4-6	Ar	160-300	20-25	1,2-1,6	16-20	18-20
				Ar	230-300	22-26	1,6-2	16-20	18-20
				He	160-300	24-30	1-1,6	10-16	40-60
	12-25	0 ⁺¹	-	Ar	280-400	22-26	1,6-2	16-30	30-40
				Ar	350-550	25-28	3-4	25-40	40-45
				He	280-450	30-40	1,6-2	16-30	60-80

Соединение	Размер, мм		Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
	s	b					
	1	0	25-60	16-17	0,5	6-8	5
	1,5	0	35-80	16-17	0,5-0,6	6-8	5-6
	2	0,5	45-100	16-18	0,6-0,8	6-10	6-8
	3	0,5	70-120	18-20	0,8-1,2	8-10	7-9
	4,5	0,5	110-180	20-24	1,2-1,6	10-12	8-14
	6	1	150-260	26-30	1,6-2	12-14	14-18
	8	1	170-280	26-30	1,6-2	12-14	14-18
	10	1,5	240-400	27-34	2	12-18	16-24

Техника сварки

При сварке высоколегированных сталей необходимо придерживаться следующих правил: сварку вести короткой дугой «ниточными» швами и по возможности «углом вперед», с минимальным разбрызгиванием электродного металла. Рабочий режим сварки уточняют на образцах.

В процессе сварки следует контролировать глубину проплавления и полноту провара, корректируя режим сварки с помощью дистанционного пульта управления - изменяя сварочный ток и напряжение на дуге.

Начало и конец сварочного шва целесообразно сварить на выводных планках, не допуская ожогов металлоконструкции.

При перерывах в работе конец электродной проволоки удаляют кусачками или пассатижами.

Перед началом сварки дают продувку газом в течение 3-5 с; после окончания сварки горелку не убирают, а дают возможность закристаллизоваться сварочной ванне и остыть околошовной зоне в защитном газе, задерживая горелку в конце шва на 5-7 с после погашения дуги. Для обеспечения высоких антикоррозионных свойств сварного соединения необходимо тщательно заварить кратер.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Температура плавления алюминия 660 °С, окисной пленки 2060 °С

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Технически чистый алюминий		
АД00, АД0, АДД, АД	Хорошая	Завтордная проволока Св-А1, Св-АВ00, Св-25Т Защитные газы Аг, Не и их смеси
Деформируемые, термически не упрочняемые сплавы		
АМц, АМцС, Д12	Хорошая	Завтордная проволока Св-АМц
АМг1, АМг2, АМг3		Завтордная проволока Св-АМг3
АМг4, АМг5		Завтордная проволока Св-АМг5
АМг6		Завтордная проволока Св-АМг6, Св-АМг7
Деформируемые, термически упрочняемые сплавы		
АД31, АД33, АД35	Удовлетворительная	Завтордная проволока Св-АК5, Св-1557 Защитные газы Аг, Не и их смеси
АВ, АК6, АК8		
АК4, АК4-1	Ограниченная	
В95	Плохая	Предварительный подогрев Термообработка после сварки при $t^{\circ} = 200-250^{\circ}\text{C}$
1915, 1925	Удовлетворительная	Завтордная проволока Св-1557, Св-АМг5, Св-АМг6
Литейные сплавы		
АЛ1, АЛ2, АЛ9, АЛ25, АЛ26	Хорошая	Завтордная проволока той же марки, что и основной металл
АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ7, АЛ8, АЛ10В	Удовлетворительная	Защитные газы Аг, Не и их смеси

Очистка кромок и присадка от окисной пленки

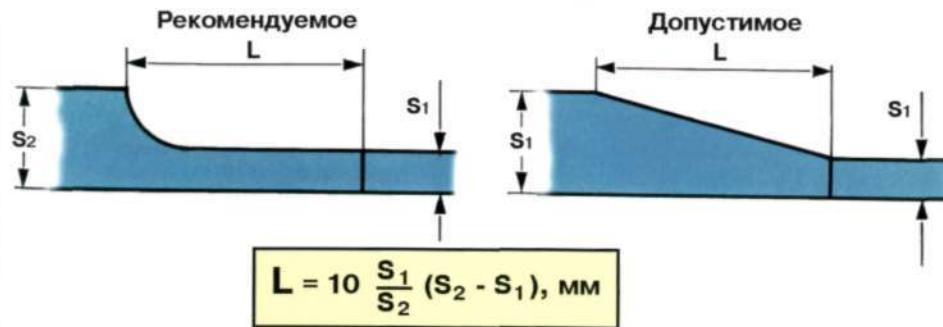
Очистка кромок и присадка от окисной пленки

Трудности при сварке

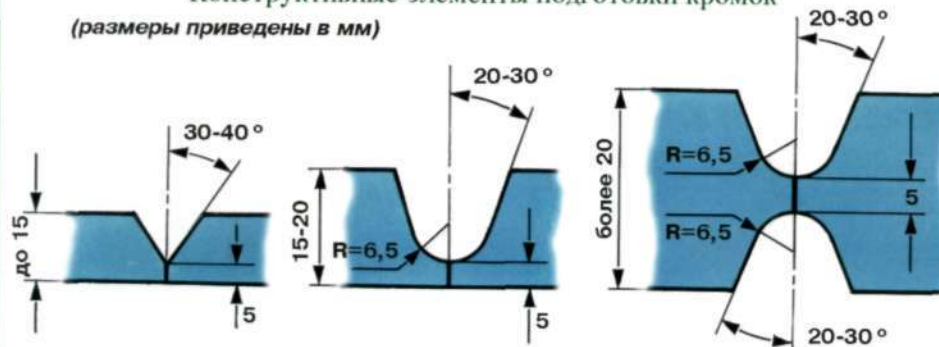
- высокая температура плавления окисной пленки по сравнению с температурой плавления алюминия;
- высокая теплопроводность;
- образование значительных остаточных напряжений и деформаций;
- нерастворимость окисной пленки в жидком металле сварочной ванны;
- при нагреве нет явных признаков перехода алюминия и его сплавов в жидкое состояние;
- образование кристаллизационных трещин.

Резку и подготовку кромок деталей из алюминия и его сплавов следует вести механическими способами

Стыковое соединение металла разной толщины



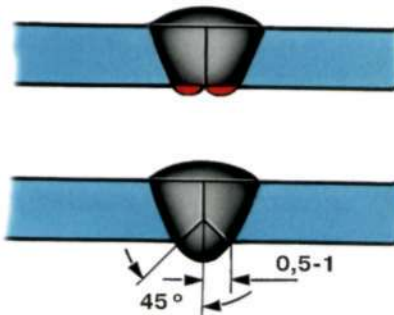
Конструктивные элементы подготовки кромок
(размеры приведены в мм)



Конструктивные элементы подготовки кромок при сварке со сквозным проплавлением и формированием шва на весу

При сварке за один проход может возникнуть надраз корня шва

При снятии фаски с обратной стороны стыкуемых кромок надраз не возникает. Для снятия фасок можно использовать напильник



Свариваемые поверхности тщательно очищают от смазки, на ширине 100-150 мм от кромок обезжиривают ацетоном, уайт-спиритом или другим растворителем.

Пленку окиси алюминия удаляют механически или химическим травлением.

При механической обработке (непосредственно перед сваркой) кромки зачищают на ширину 25-30 мм абразивной бумагой, шабером или щеткой из нержавеющей проволоки диаметром не более 0,15 мм.

Химическое травление проводят в течение 0,5-1 мин в растворе, состоящем из 50 г едкого натра и 45 г фтористого натрия на 1 л воды. После травления поверхность промывают проточной водой, а затем осветляют в 30-35%-ном растворе азотной кислоты (для алюминия и сплавов типа АМц) или в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты (для сплавов типа АМг и В95). После повторной промывки поверхность сушат до полного испарения влаги.

Алюминиевую сварочную проволоку перед сваркой тоже обрабатывают. Сначала её обезжиривают, а затем подвергают травлению в 15%-ном растворе едкого натра в течение 5-10 мин при 60-70°C, после чего следует промывка в холодной воде и сушка при температуре 300°C в течение 10-30 мин.

Подготовленные к сварке материалы сохраняют свои свойства 3-4 дня. Позже на поверхности вновь образуется окисная пленка.

Детали из алюминия и его сплавов собирают в приспособлениях или на прихватках, выполняемых аргонодуговой сваркой W-электродом. Расстояние между прихватками должно быть не более 150-180 мм.

Поверхности прихваток непосредственно перед сваркой зачищают металлическими щетками. Обнаруженные дефектные прихватки удаляют, и стыки прихватывают повторно. При сварке прихватки полностью переплавляют.

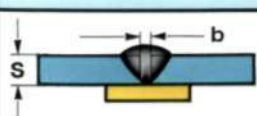
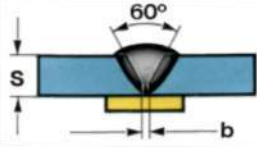
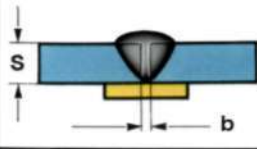
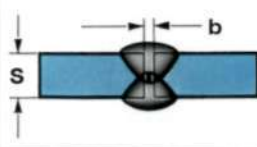
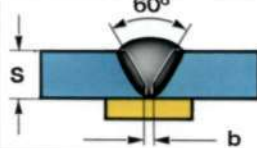
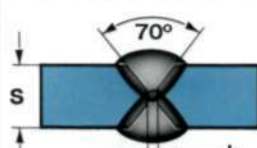
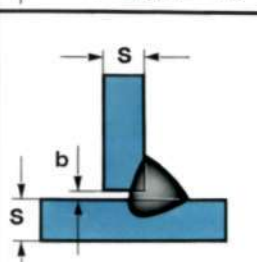
Выбор параметров режима

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Защитным газом служит аргон или гелий и их смеси. Непосредственно перед сваркой кромки обезжиривают.

Диаметр сопел горелок выбирают равным не менее 18-22 мм.

Длина дуги должна составлять 2-6 мм, а сварочный ток - быть больше, чем при ручной аргонодуговой сварке W-электродом. Сварку выполняют за один проход или двусторонними швами.

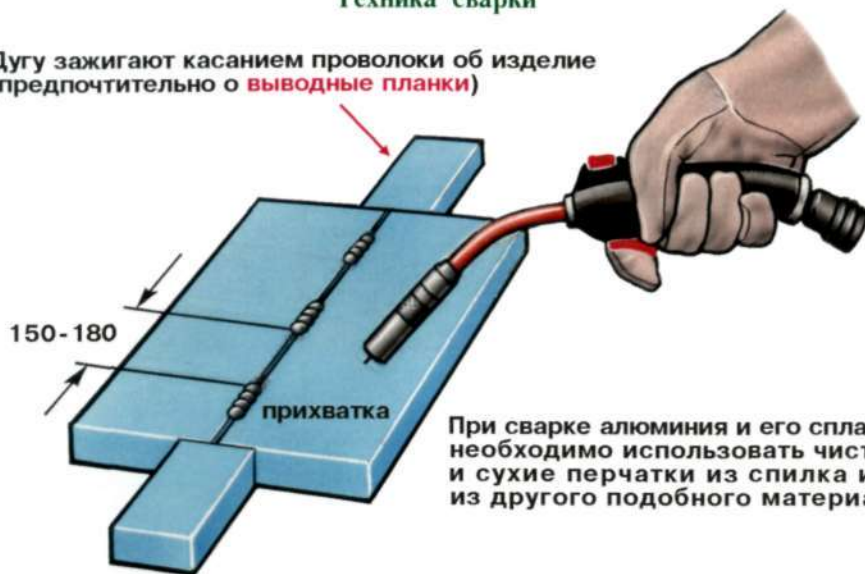
Процесс сварки может быть: импульсно-дуговым (ИДС), струйным (СТР) или с короткими замыканиями дуги (КЗ).

Вид соединения	Размеры, мм		Процесс сварки	Газ	Сварочный ток, А
	S	b			
	2,5-3	0 ^{+0,5}	ИДС	Ar	40-80
	4	0 ^{+0,5}	ИДС ИДС СТР	Ar He Ar	80-130 120-160 150-220
	6	0 ⁺¹	ИДС ИДС СТР	Ar He Ar	180-250 180-200 200-320
	8-10	0 ⁺¹ 0 ⁺⁴	ИДС СТР СТР	Ar Ar He	250-320 250-400 250-320
	12-16	0 ⁺⁴ 0 ^{+1,5} 0 ^{+1,5}	СТР	Ar Ar He He+Ar	320-420 400-500 280-360 300-450
	20-30	0 ^{+1,5}	СТР	Ar He+Ar He	310-550 300-500 280-360
	2,5-3	0 ^{+0,5}	ИДС ИДС КЗ СТР	Ar He He Ar	60-100 80-100 90-120 90-120
	4-5	0 ^{+0,5}	ИДС СТР ИДС	Ar Ar He	120-220 150-220 150-200
	8 и более	0 ⁺¹	СТР	Ar He	280-330 280-320

Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
15-18	35-45	1,2	10-13	7-9
18-20 24-26 23-24	30-40 15-50 45-70	1,4-1,6	13-18	8-10 45-50 10-20
23-26 25-30 23-30	20-35 25-45 25-35	1,6-3 1,6-2 1,6-2	15-30 15-25 15-25	12-14 45-50 12-18
25-30 25-33 32-36	20-35 25-45 25-35	1,6-3 1,6-4 1,6-2	15-40 15-25	12-20 14-25 60-70
26-28 28-35	20-30 25-35	2 4	18-25 25-40	20-25 20-25
34-36 30-34	20-25 20-25	2-3 4	26-30 25-40	60-80 70-80
26-35 30-35 34-36	18-20 18-25 20-25	2-4 2-4 2-3	20-40 20-40 20-30	18-25 60-80 70-80
16-18 17-19 16-17 17-19	35-40 35-45 40-45 40-45	1-1,4 1-1,2 0,8-1,2 0,8-1,2	10-15	6-8 35-40 35-40 6-9
18-22 19-22 25-30	25-35 25-35 25-40	1,2-1,6 1,2-1,4 1,2-1,6	12-18 12-15 12-18	10-12 10-12 35-40
27-29 32-35	20-25 20-25	1,6 1,6	18-30 18-25	20-25 45-60

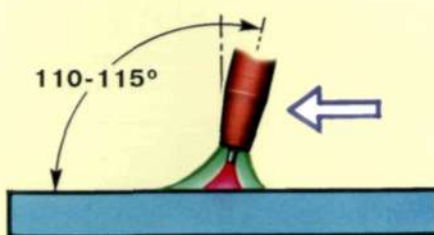
Техника сварки

Дугу зажигают касанием проволоки об изделие (предпочтительно о **выводные планки**)

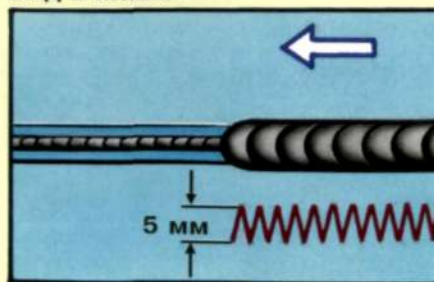


При сварке алюминия и его сплавов необходимо использовать чистые и сухие перчатки из спилка или из другого подобного материала

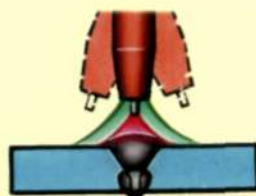
Механизированную сварку стыковых соединений без разделки кромок в нижнем и вертикальном положениях выполняют обычно без поперечных колебаний электрода



Вид в плане



Вид с торца

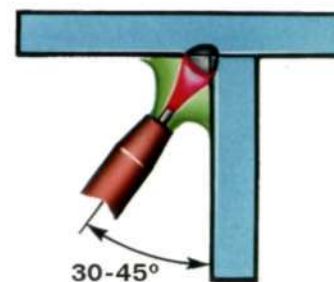
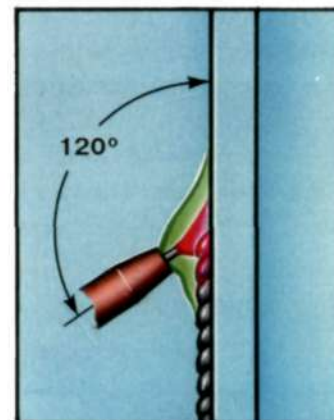


При наличии разделки кромок первый шов выполняют также без поперечных колебаний, а последующие - с небольшими (до 5 мм) перемещениями электрода

При сварке угловых швов в нижнем положении угол наклона горелки относительно вертикальной стенки - 30-45°. Угловой шов на вертикальной плоскости ведут снизу-вверх "углом вперед". Однопроходную сварку выполняют с перемещениями конца электрода. Угловые швы больших сечений на вертикальной плоскости делают многопроходными путем выполнения узких швов. Так же сваривают и стыковые горизонтальные швы



Движения горелкой



С внутренней стороны шов защищают остающимися или съёмными подкладками либо защитным газом, подаваемым каким-либо из способов:

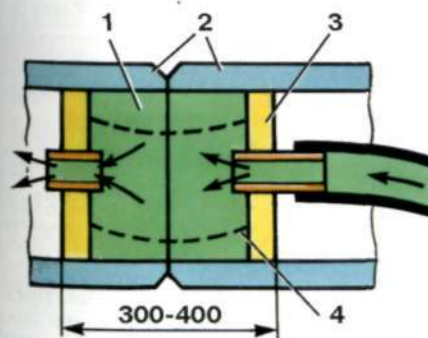


Схема установки заглушек в трубопровод для поддува защитного газа
1- защитный газ; 2- свариваемые детали; 3- заглушки; 4- соединительные тросики

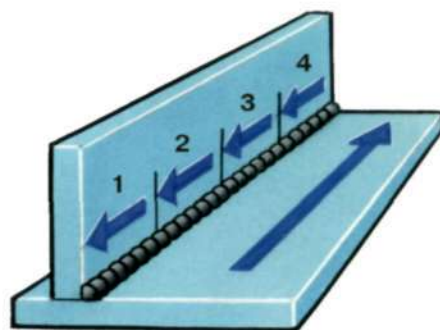
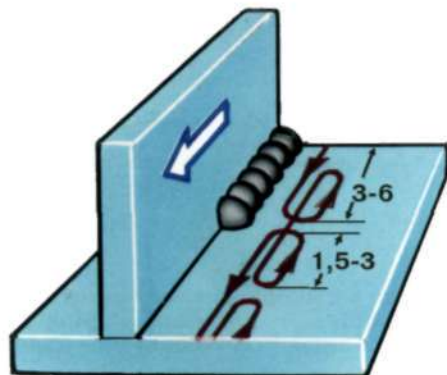


Подкладка с канавкой прямоугольной формы

Подкладка с канавкой квадратного сечения с закругленными кромками

При сварке деталей толщиной 4 мм и более из-за быстрого остывания сварочной ванны в шве образуются поры. Чтобы предотвратить их появление, применяют шаговую сварку с возвратно-поступательными перемещениями горелки. Каждый шаг вперед на 3-6 мм сопровождается перемещением назад на 1,5-3 мм. Такая техника сварки обеспечивает более эффективную защиту и медленную кристаллизацию сварочной ванны, что в конечном счете гарантирует отсутствие пор.

Чтобы уменьшить деформации при соединении длинномерных конструкций, широко применяют обратноступенчатый метод сварки.

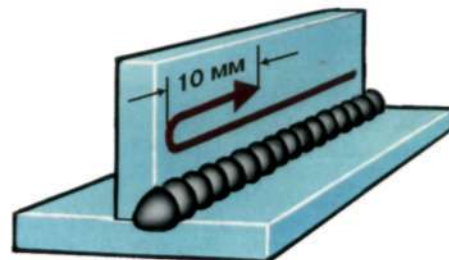


Для заварки кратера горелку возвращают в обратном направлении на расстояние, немного превышающее длину кратера, и одновременно снижают скорость подачи проволоки



При сварке угловых и тавровых соединений сварку заканчивают перемещением горелки в обратную сторону по шву, одновременно замедляя подачу проволоки.

Эффективным способом окончания сварки служит вывод конца шва на выводные планки, которые после сварки удаляют



Траектория горелки

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Температура плавления меди 1083 °C

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Медь катодная		Электродная проволока Бр.КМц 3-1, МНЖКТ-5-1-0,2-0,2 Бр.ОЦ 4-3, Бр.ОЦ 4-3, БР.Х 0,7 При толщине более 8-10 мм необходим предварительный подогрев до 200-300 °С
М00к, М0к, М1к	Хорошая	
Медь раскисленная		
М1р, М2р, М3р	Хорошая	
Медь рафинированная		Электродная проволока той же марки, что и основной металл При толщине более 10-15 мм необходим предварительный подогрев до 500-600 °С Защитные газы Ar, He, N2
М2, М3	Хорошая	
Бронзы оловянные литейные		
Бр03Ц12С5 Бр05Ц5С5, Бр08Ц4 Бр010Ф1, Бр010Ц2	Удовлетворительная	
Бр03Ц7С5Н1 Бр04Ц7С5 Бр010С10	Плохая	Электродная проволока той же марки, что и основной металл При толщине более 10-15 мм необходим предварительный подогрев до 500-600 °С Защитные газы Ar, He, N2
Бронзы безоловянистые литейные		
БрА9ЖЗЛ	Хорошая	
БрА9Мц2Л, БрА10ЖЗМц2 БрА11Ж6Н6 БрА7Мц15ЖЗН2ц2	Удовлетворительная	
Бронзы деформируемые		Электродная проволока Бр.ОЦ 4-3, Бр.КМц 3-1 ЛК62-0,5, ЛК80-3, ЛМц59-0,2 При толщине более 12 мм необходим предварительный подогрев до 300-350 °С
Бр0Ф7-0,2, БрХ1 БрКМц3-1, БрБ2	Хорошая	
БрАМц9-2, БрАЖН9-5-2 БрАЖ9-4, БрСр1	Удовлетворительная	
БрА5, БрА7	Плохая	
Латуни деформируемые		Электродная проволока Бр.ОЦ 4-3, Бр.КМц 3-1 ЛК62-0,5, ЛК80-3, ЛМц59-0,2 При толщине более 12 мм необходим предварительный подогрев до 300-350 °С
Л96, ЛА77-2, ЛК80-2	Хорошая	
ЛМц58-2, ЛС3 ЛО62-1	Удовлетворительная	
ЛС59-1, ЛС60-1	Плохая	

Медь и сплавы на её основе - бронзы, латуни, медно-никелевые сплавы - качественно свариваются способом MIG/MAG в *инертных* газах.

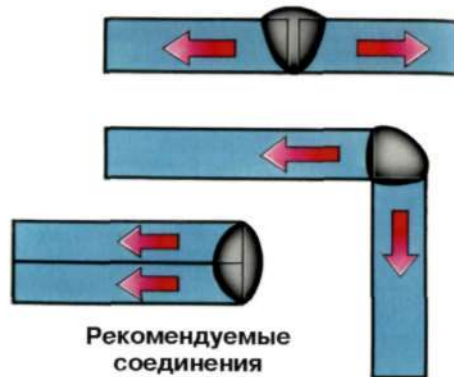
Трудности при сварке

Высокая теплопроводность меди (в 6 раз выше, чем у железа) осложняет сварку соединений с несимметричным теплоотводом;

Большая жидкотекучесть (в 2-2,5 раза выше, чем у стали) затрудняет сварку вертикальных и потолочных швов;

Интенсивное окисление с образованием закиси меди (Cu_2O), хорошо растворимой в расплавленном металле, приводит к образованию трещин;

Активная способность меди поглощать газы (кислород и водород) при расплавлении приводит к пористости шва и горячим трещинам

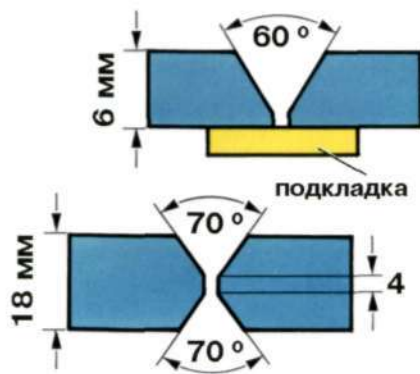


Большой коэффициент линейного расширения меди (в 1,5 раза выше, чем у стали) влечет за собой значительные деформации и напряжения

Подготовка к сварке

Разделку меди и её сплавов на мерные заготовки можно выполнять шлифовальной машинкой, трубобрезом, на токарном или фрезерном станке, а также плазменно-дуговой резкой.

Кромки под сварку подготавливают механическим способом. Для меди толщиной 6 - 18 мм рекомендуются V- и X-образные разделки.



Свариваемые детали и присадочную проволоку очищают от окислов и загрязнений до металлического блеска и обезжиривают. Механическую зачистку кромок выполняют наждачной бумагой, металлическими щетками и т.д. Использовать наждачную бумагу и абразивный камень с крупным зерном не рекомендуется

Главное при сварке меди - защита сварочной ванны от кислорода. Она достигается при помощи раскисления фосфором, алюминием и серебром. Поэтому следует использовать электродную проволоку, легированную этими раскислителями.

Свариваемые кромки и присадочную проволоку можно очищать травлением в растворе, состоящем из:

75 см³/л HNO_3 ;
100 см³/л H_2SO_4 ;
1 см³/л HCl

с последующей промывкой в воде и щелочи и сушкой горячим воздухом.

Предварительный подогрев конструкций с толщиной стенки 10-15 мм возможен газовым пламенем, рассредоточенной дугой или другими способами.

Сборку стыков под сварку ведут либо в приспособлениях, либо с помощью прихваток. Зазор в стыкуемых заготовках соблюдают одинаковым на всем протяжении. Прихватки должны быть минимального сечения, чтобы в процессе сварки их можно было переплавить. Поверхность прихваток необходимо очистить и осмотреть, чтобы на них не было горячих трещин. При сварке в нижнем положении используют графитовые подкладки или медные пластины, охлаждаемые водой.

Выбор параметров режима сварки

Плавящимся электродом в защитных газах эффективнее всего сваривать медь толщиной не менее 6-8 мм. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

Медь хорошо сваривается плавящимся электродом в аргоне, азоте, в смеси аргона с азотом и в гелии. Из-за высокой теплопроводности меди для получения надежного провара в начале сварки и хорошего сплавления кромок детали подогревают до 200-500 °С. При сварке в аргоне подогрев необходим при толщине металла более 4,5 мм, а в азоте - более 8 мм

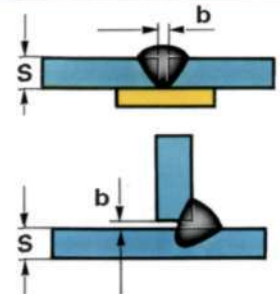
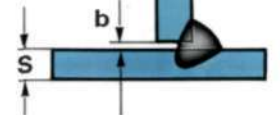
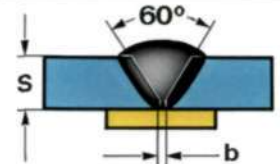
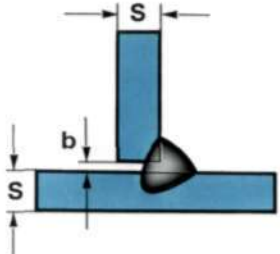
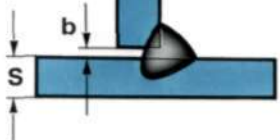
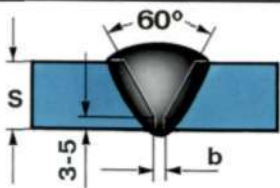
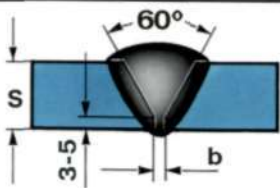
Одним из важнейших параметров режима сварки меди плавящимся электродом является длина дуги. Шов качественно формируется при длине дуги 4-5 мм.

Стыковые соединения сваривают на подкладных элементах. Импульсно-дуговая сварка (ИДС) в аргоне дает возможность выполнять вертикальные и потолочные швы, позволяет сваривать тонкий металл. При сварке в азоте процесс идет с короткими замыканиями (КЗ) с повышенным разбрызгиванием или крупнокапельным переносом (КР)

Техника сварки

Для повышения стойкости металла шва к образованию горячих трещин рекомендуются проволоки Бр.АЖНМц 8,5-4-5-1,5; Бр.МцФЖН 12-8-3-3; ММц 40. Механические свойства сварных соединений в этом случае соответствуют свойствам основного металла.

Ориентировочные режимы сварки меди в нижнем положении

Вид соединения	Размеры, мм		Процесс сварки	Газ	Сварочный ток, А
	S	b			
	0,8-1	0 ^{+0,5}	ИДС КЗ	Ar N ₂	80-110 80-110
					
	2-3	1-1,5	ИДС	Ar	140-210
			КЗ	N ₂	140-200
			КЗ	Ar	140-200
	5-6	2-3	КЗ СТР ИДС	N ₂ Ar Ar	250-320 250-320 250-320
	8-10	3-3,5	СТР	Ar	350-550
			СТР	He	300 500
			КР	N ₂	300-500
	12-14	1,5-2,5	СТР СТР КР	Ar He N ₂	300-500 270-500 280-500
	16-20	3-4	СТР	Ar	350-680
			СТР	He	350-650
			КР	N ₂	350-650

Медь сваривают с минимальным числом проходов.

Сварку ведут «углом вперед» справа налево. Для формирования обратной стороны шва стыковых соединений используют графитовые или медные водоохлаждаемые подкладки. Двусторонние соединения выполняют с формированием шва на весу или по подварочному шву, наложенному ручной аргонодуговой сваркой W - электродом.

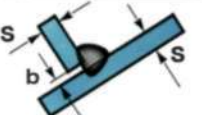
Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
18-20 18-20	30-45	0,8-1,2 0,8	10-14 10-12	7-9
19-23 20-25 19-23	25-35 25-35 25-30	0,8-1,6 0,8-1,2 0,8-1,2	10-18 10-14 10-14	8-10 8-9 8-10
24-27 23 26 23-28	22-28 20-25 20-25	1-1,4 1-1,6 1,2-3	10-16 10-18 12-30	10-12
32-37 33-38 34-39	18-20 20-22 20-28	2-3 1,6-3 1,6-3	20-35 18-35 18-35	14-16 30-40 14-16
28-36 32-38 32-39	16-18 18-22 18-22	2-4 1,5-3 1,5-3	20-40 18-35 18-35	14-18 30-40 14-16
32-39 34-42 35-42	16-18 16-20 16-20	2-4 2-4 2-4	20-40	14-18 30-50 14-18

Бронзы

Бронзы - сплавы меди с алюминием. Их обозначают двумя буквами «Бр», начальными буквами русских названий легирующих элементов и рядом чисел, указывающих содержание этих элементов в %.

Так, марка Бр.АЖМц 10-3-1,5 означает, что бронза содержит 10% алюминия, 3% железа, 1,5% марганца. В конце некоторых марок литейных бронз ставится буква «Л».

Ориентировочные режимы сварки бронз Бр.АМц 9-2, Бр.АЖМц 9-5-2 и латуни ЛМНЖ 55-3-1 в аргоне в нижнем положении (постоянный ток, обратная полярность, проволока Бр. АМц 9-2)

Вид соединения	Размер, мм		Процесс сварки	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки м/ч
	S	b				
	3	0 ⁺¹	ИДС КЗ	150-190 160-190	23-26 22-25	20-25 20-25
	4-5	0 ^{+1,5}	ИДС КЗ	140-220 160-220	23-26 22-26	20-22 20-22
	8-10	0 ^{+1,5}	СТР	300-400	29-33	25-32
		0 ⁺²	СТР	375-450	31-36	30-35
	14-16	0 ⁺²	СТР	400-650	33-38	20-25
	24-26	0 ⁺²	СТР	400-800	33-42	18-30

Латуни

Трудность сваривания бронз объясняется их повышенной жидкотекучестью. При сварке бронз возникают трудности, вызванные образованием окиси алюминия, поэтому способ и технологию сварки выбирают такими, как и при сварке алюминия, а режимы - характерные для медных сплавов.

Сплавы меди с цинком - это латуни, или медноцинковые латуни. Для улучшения свойств в сплав добавляют Al, Mn, Ni, Fe, Sn, Si и др. Такие латуни называются специальными.

Латуни обозначают буквой «Л», справа от которой пишут буквенное обозначение специально вводимых элементов (кроме Zn), затем цифру, указывающую процент меди, и наконец, проценты специально вводимых добавок в той же последовательности, в какой записаны сами элементы. В маркировке элементы обозначаются русскими буквами: А - алюминий, Б - бериллий, О - олово, С - свинец, Н - никель, Мц - марганец, К - кремний, Мг - магний, Х - хром, Ц - цинк.

ЛТ 96 - (томпак) означает медно-цинковую латунь с содержанием 96% меди и 4% цинка.

Л 68 - медноцинковая латунь с содержанием 68% меди и 32% цинка.

ЛАЖМц 70-6-3-1 - это специальная латунь с содержанием 70% меди, 6% алюминия, 3% железа, 1% марганца, 20% цинка.

Особенность сварки латуней - интенсивное испарение цинка при температуре 907°C. При этом ухудшаются механические свойства сварного соединения. Для уменьшения выгорания цинка эффективны сварка на пониженной мощности дуги, применение присадочной проволоки с кремнием, который создает на поверхности сварочной ванны окисную пленку (SiO₂), препятствующую испарению цинка.

Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа л/мин
1-1,5 1-1,5	10-16 10-16	8-10 9-11
1-1,5 1-1,5	10-16 10-16	10-12 10-12
2-4 2-4	20-35 20-35	12-16 14-16
2-5 2-5	20-40 20-40	16-20 16-20

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТИТАНА И ЕГО СПЛАВОВ

Температура плавления титана 1668 °С. Имеется около 20 сплавов

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
BT1-00, BT1-0 OT4-0, OT4-1	Хорошая	Зачистка кромок Режим с минимальной погонной энергией
OT4, BT5, BT5-1	Удовлетворительная	Электродная проволока BT1-00св, BT2, BT2В, BT20-1св, BT20-2св
BT6, BT3-1, BT9 BT14, BT16, BT20	Ограниченная	Мягкий режим с малыми скоростями охлаждения Электродная проволока BT15, СПТ-2, СП-15
BT22		Последующая термообработка Электродная проволока BT6св, BT20-1св, BT20-2св, СПТ-2
ПТ-7М, ПТ-3В, ПТ-1М	Хорошая	Режим с высокой скоростью охлаждения. Электродная проволока BT1-00св, СПТ-2, СП-15

Трудности при сварке

- Высокая химическая активность, требующая защиты от окисления даже участков околошовной зоны, нагретых до 250-300 °С;
- Склонность к росту зерна в околошовной зоне, что требует оптимальных токовых режимов;
- Порообразование и холодные трещины из-за газовых примесей (прежде всего, водорода), растворенных в основном и присадочном металлах;
- Низкая вязкость расплавленного металла, вызывающая прожоги

Подготовка к сварке

Резка на заготовки и подготовка кромок под сварку ведутся механическими способами. Разделительная резка и подготовка кромок толсто-стенных изделий возможна и газотермическими способами, но с обязательной последующей механической обработкой кромок на глубину не менее 3-5 мм.

Кромки на ширину 15-20 мм зачищают металлическими щетками, ша-

бером и т.п. с последующим обезжириванием.

Если до сварки конструкция подвергалась термообработке (вальцовке, ковке, штамповке), то перед сваркой её поверхности необходимо очистить дробеструйным или гидропескоструйным аппаратом, а затем еще подвергнуть и химической обработке: рыхлению оксидной пленки, травлению и осветлению.

Режимы химической обработки титана и его сплавов

Раствор		Длительность обработки, мин
Назначение	Состав (на 1 л воды)	
Рыхление оксидной пленки	Нитрит натрия 150-200 г Углекислый натрий 500-700 г	120
Травление	Плавиковая кислота 220-300 мл Азотная кислота 480-550 мл	60-1200
Осветление	Азотная кислота 600-750 мл Плавиковая кислота 85-100 мл	3-10

После химической обработки свариваемые кромки промывают на ширину 20 мм бензином и протирают этиловым спиртом или ацетиленом. Сварочную проволоку предварительно подвергают вакуумному отжигу с последующим обезжириванием.

Сварку ведут в приспособлениях или на прихватках, которые выполняют ручной аргонодуговой сваркой W-электродом. Свариваемые поверхности, подготовленные к сварке, нельзя трогать незащищенными руками.

Выбор параметров режима

Сварку осуществляют постоянным током обратной полярности. Режимы выбирают исходя из толщины металла с учетом склонности сплава к росту зерна и термическому циклу. Для уменьшения роста зерна рекомендуются режимы с малой погонной энергией и повышенными скоростями.

Учитывая высокое электрическое сопротивление титана, сварку ведут с малыми вылетами электрода. При сварке на низких токовых режимах возможен непровар корня шва. Во избежание этого корень выполняют ручной аргонодуговой сваркой W-электродом, а остальную разделку - сваркой плавающим электродом.

Металл	Рекомендуемая проволока
Титан и его сплавы с пределом прочности не менее 90 кгс/мм ²	BT1
То же более 90 кгс/мм ²	BT2, BT15
Высокопрочные сплавы типа BT14, BT22 и др.	СПТ-2

Основное пространственное положение - нижнее.

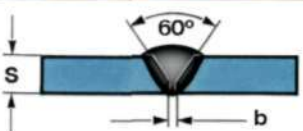
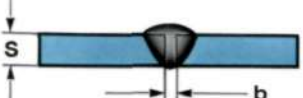
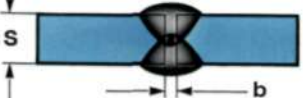
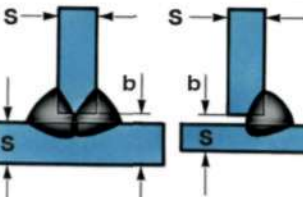
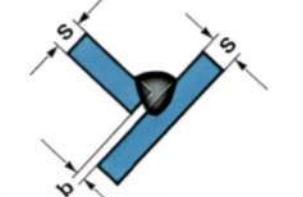
При сварке с глубоким проплавлением на повышенных токовых режимах рекомендуется газовая смесь гелия и аргона (80%+20%). Для повышения прочности, пластичности и стойкости против образования трещин сварные соединения термически упрочняемых сплавов подвергают последующей термической обработке, режим которой зависит от состава сплава.

Техника сварки

Надежная защита зоны нагрева при механизированной сварке титана плавящимся электродом в инертных газах сопряжена с рядом трудностей. Поэтому сварку этим способом в большинстве случаев ведут в камерах с контролируемой атмосферой.

Целесообразно применять импульсно-дуговой метод, что обеспечивает возможность сварки в монтажных условиях, повышает производительность по сравнению с ручной сваркой неплавящимся электродом при одновременном снижении погонной энергии в 2-2,5 раза.

Ориентировочные режимы сварки титана и его сплавов

Вид соединения	Размер, мм		Процесс сварки	Газ	Сварочный ток, А
	s	b			
	3 3 6	0 ^{+0,5}	ИДС КР СТР	He He+Ar He+Ar	150-200 200-220 300-330
	6-8	0 ⁺¹	СТР	Ar He	320-380 320-360
	15-20	0 ⁺¹	СТР	Ar He	600-800 600-700
	3-6 6-10	0 ^{+0,5} 0 ⁺¹	ИДС СТР	He Ar	90-250 500-550
	12-16	0 ⁺¹	СТР	Ar	500-560

В ряде случаев сварка титана и его сплавов выполняется в вакууме. Преимущество этого способа заключается в обеспечении высокой чистоты металла шва. В нем не остается примесей - газов и неметаллических включений.

Техника и режимы сварки должны обеспечивать устойчивое горение дуги с минимальным разбрызгиванием, что достигается при струйном переносе электродного металла. Этот процесс осуществляется при определенном соотношении сварочного тока, напряжения на дуге, скорости подачи электродной проволоки и вылета электрода.

Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр электрода, мм	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
30-34 20-25 22-27	20 25 20	1,2-1,5 1,5 2	10-12 15-20 18-25	18-20 35-40 35-40
29-31 38-40	22-25 20-25	2 2	20-25 20-25	50-100 100-200
31-34 44-48	18-20 18-20	3-4 3	20-35 20-30	70-120 100-200
30-36 29-31	18-25 30-40	1,2-1,5 2-3	10-20 20-30	20-30 50-100
29-32	30-35	3	25-35	40-80

Газовая защита

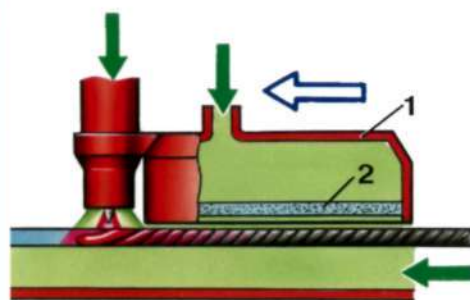
Качественное сварное соединение титановых сплавов получается только при надежной газовой защите сварного шва и участков основного металла, нагретых до 250-300 °С.

Существуют 3 варианта защиты: струйная с использованием специальных приспособлений, местная в герметичных камерах малого объема и общая в камерах с контролируемой атмосферой (ВКС-1, ВУАС-1, УСБ-1).

Дополнительные защитные устройства изготавливают из нержавеющей стали. Внутри имеются рассекатели и газовые линзы. Насадка, прикрепляемая к газовой горелке для защиты кристаллизующейся сварочной ванны, должна быть шири-

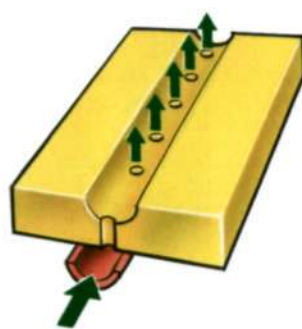


ной 40-50 мм и длиной 60-120 мм в зависимости от режима сварки. Для сварки трубчатых конструкций, кольцевых поворотных и неповоротных стыков применяют местные или малогабаритные защитные камеры.



1 - дополнительная насадка
2 - газовая линза

Качество защиты определяют по внешнему виду металла шва. Серебристая или соломенного цвета поверхность шва свидетельствует о хорошей защите. Желто-голубой цвет сварного шва



Специальная подкладка для защиты корня шва

указывает на нарушение защиты, хотя в отдельных случаях такие швы считаются допустимыми. Темно-синий или синевато-серый цвет с пятнами серого налета характеризует плохое качество шва.

СОДЕРЖАНИЕ

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА

Термины и определения. Преимущества, недостатки. Классификация. Примеры организации сварочного поста

1-4

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Инертные и активные защитные газы, их смеси. Стальная и порошковая сварочная проволока. Обозначение, область применения

5-12

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Сварочный преобразователь, выпрямитель. Инверторные и многопостовые источники питания. Импульсные источники

13-17

ПОДАЧА ПРОВОЛОКИ

Полуавтоматы, их классификация, технические характеристики. Механизмы подачи проволоки. Блок управления

18-22

ГОРЕЛКИ

Классификация. Устройство. Технические характеристики. Шланги и разъемы. Правила эксплуатации

23-28

ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Баллоны, их окраска. Регуляторы, их характеристики. Подогреватели. Осушители. Ротаметры. Рукава. Смесители газов.

29-32

РЕЖИМЫ СВАРКИ

Выбор параметров режима. Стационарная дуга, перенос электродного металла. Импульсно-дуговая сварка. Синергетическое управление

33-40

ТЕХНИКА СВАРКИ

Сварка в нижнем положении стыковых, угловых и тавровых соединений. Нахлесточные соединения. Горизонтальные, вертикальные и потолочные швы

41-43

СТАЛЬ

Углеродистые и низколегированные стали. Средне- и высоколегированные стали и сплавы. Обработка и разделка кромок. Режимы и техника сварки

44-52

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Свариваемость. Подготовка кромок. Режимы сварки. Выполнение швов, заварка кратера. Защита шва подкладками

53-60

МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

Свариваемость. Рекомендуемые типы соединений. Выбор параметров режима сварки меди, бронзы и латуни

61-67

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

Трудности при сварке. Химическая обработка. Ориентировочные режимы. Техника сварки. Газовая защита зоны сварки

68-72