

Мамадалиев Расул Ахмадович



**Ручная дуговая сварка** – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки.

Общепринятые обозначения:

**РДС** – ручная дуговая сварка (преимущественно в советской литературе);

**ММА** – Manual Metal Arc (Welding) – ручная металлическая дуговая сварка;

**SMAW** – Shielded Metal Arc Welding – металлическая дуговая сварка в защитной атмосфере;

**E** – международный символ ручной дуговой сварки.

**Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.**



При *дуговой сварке* плавящимся *электродом* расплавление кромок свариваемых заготовок и *электрода* осуществляется за счет теплоты электрической сварочной дуги.

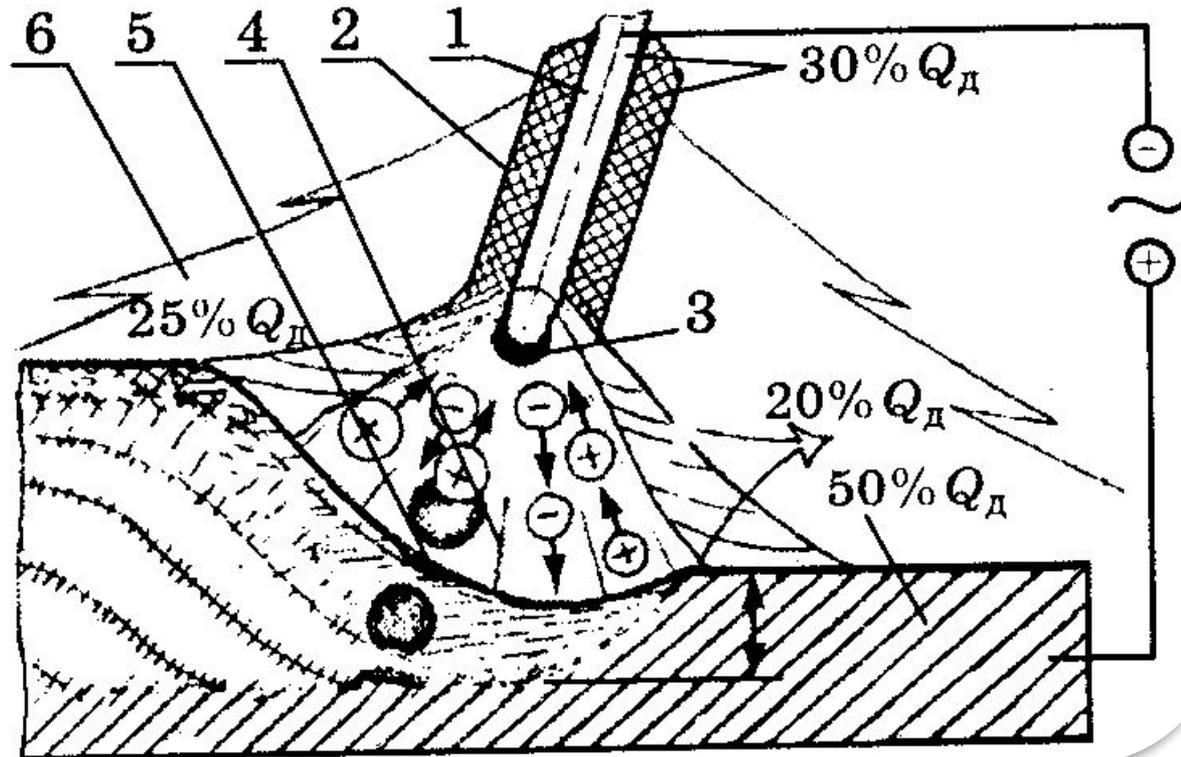
**Электрическая сварочная дуга** - стационарный мощный электрический разряд при значительной плотности тока ( $0,5-100 \text{ А/мм}^2$ ) в сильно ионизированной газовой среде между двумя электродами, одним из которых обычно являются свариваемые заготовки.

**В процессе горения сварочной дуги** выделяется большое количество теплоты, образуется яркое световое излучение, невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, газы и пыль.

Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



а



Электрическая сварочная дуга состоит из катодного 3 и анодного 5 пятен и столба дуги 4.

Снаружи она окружена ореолом 6, состоящим из смеси газов, паров и пыли.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



После отвода электрода с разогретого торца металлического стержня, являющегося катодом, свободные электроны под действием электрического поля устремляются к аноду (заготовке). Им сообщается значительная кинетическая энергия. В межэлектродном зазоре электроны сталкиваются (соударяются) с молекулами и атомами воздуха и между собой. Эти соударения могут быть упругими и неупругими. При упругом соударении часть кинетической энергии электронов передается атому или молекуле воздуха. В результате температура в дуговом промежутке (столбе дуги) повышается до 6000-7000 °С. При неупругом соударении происходит ионизация молекулы воздуха с выделением электронов, положительных и отрицательных ионов. Электроны и отрицательные ионы продолжают движение к аноду и бомбардируют его поверхность. В результате торможения их движения происходит превращение кинетической энергии в тепловую и поверхность анода (анодное пятно) разогревается до  $t = 2600-3000$  °С. Положительные ионы под действием сил притяжения движутся к катоду и, бомбардируя его поверхность, нагревают ее (катодное пятно) до 2000-2600 °С. В дуге постоянного тока прямой полярности (минус на электроде, плюс на заготовке) на аноде выделяется большее количество теплоты (41-42 % от общего количества  $Q_d$ ), чем на катоде (36-38 %), в связи с тем, что анод подвергается более мощной бомбардировке заряженными частицами. В дуге переменного тока различие температур катодного и анодного пятен сглаживается

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРОЧНАЯ ДУГА



СХЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДУГИ МЕЖДУ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОДОМ И МЕТАЛЛОМ

СХЕМА ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОЙ ИОНИЗАЦИИ ГАЗА

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СВАРОЧНОЙ ДУГИ



ПРИ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ



ПРИ СВАРКЕ ЭЛЕКТРОДОМ С ТОЛСТЫМ ПОКРЫТИЕМ

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



## РАСПЛАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА И ПЛАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

$G_p$  - масса расплавленного металла, г

$G_n$  - масса наплавленного металла, г

$I_{св}$  - сварочный ток, А

$U_d$  - напряжение на дуге, В

КОЭФФИЦИЕНТ РАСПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I_{св} \cdot t}; \left( \frac{г}{А \cdot ч} \right)$$

ПОЛНАЯ ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ ДУГИ

$$Q = 0,24 k \cdot U_d \cdot I_{св}; (Дж)$$

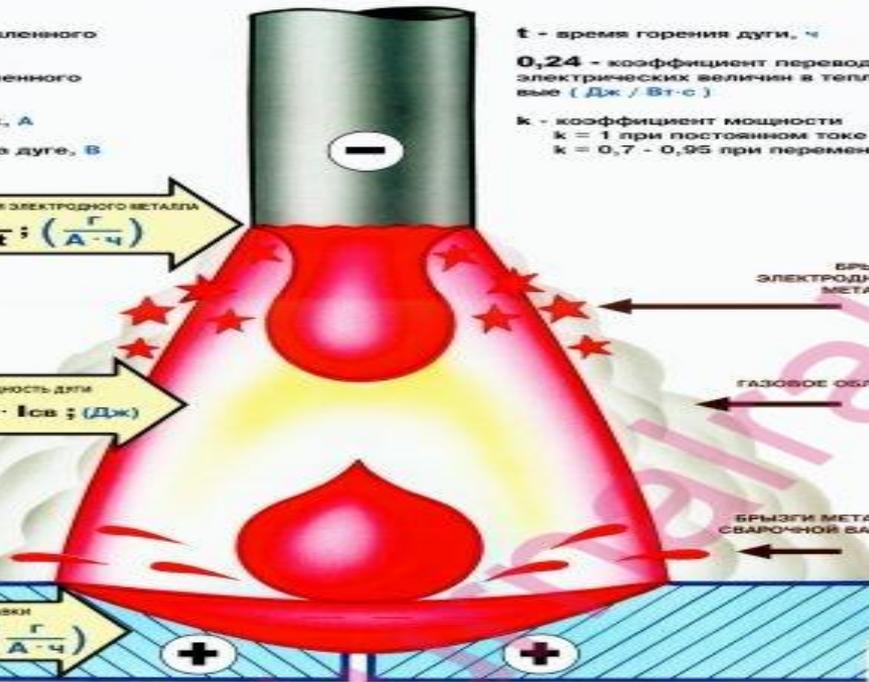
КОЭФФИЦИЕНТ НАПЛАВКИ

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I_{св} \cdot t}; \left( \frac{г}{А \cdot ч} \right)$$

$t$  - время горения дуги, ч

$0,24$  - коэффициент перевода электрических величин в тепловую ( $Дж / Вт \cdot с$ )

$k$  - коэффициент мощности  
 $k = 1$  при постоянном токе  
 $k = 0,7 - 0,95$  при переменном



### СТАДИИ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ И РАСПЛАВЛЕНИЯ

1. РАСПЛАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА И ПЛАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

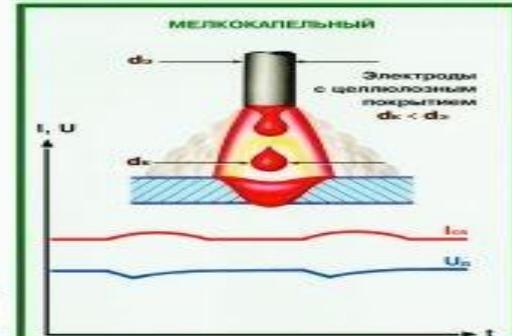
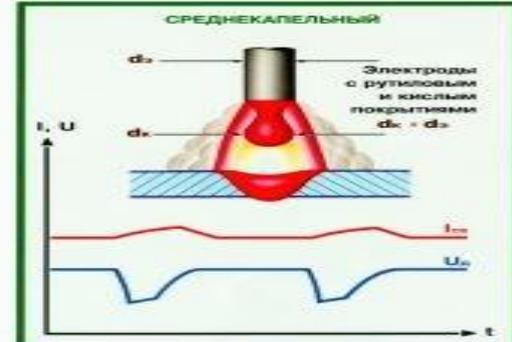
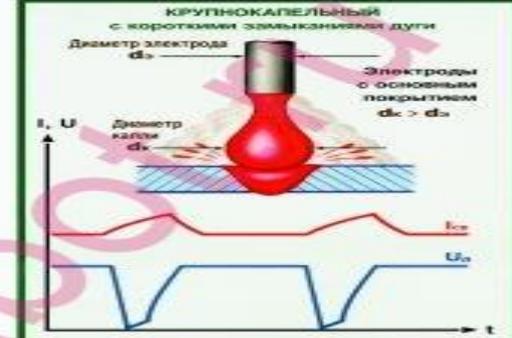
2. ОБРАЗОВАНИЕ КАПЛИ

3. ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ ОТРЫВ КАПЛИ И ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ЧЕРЕЗ ДУГУ

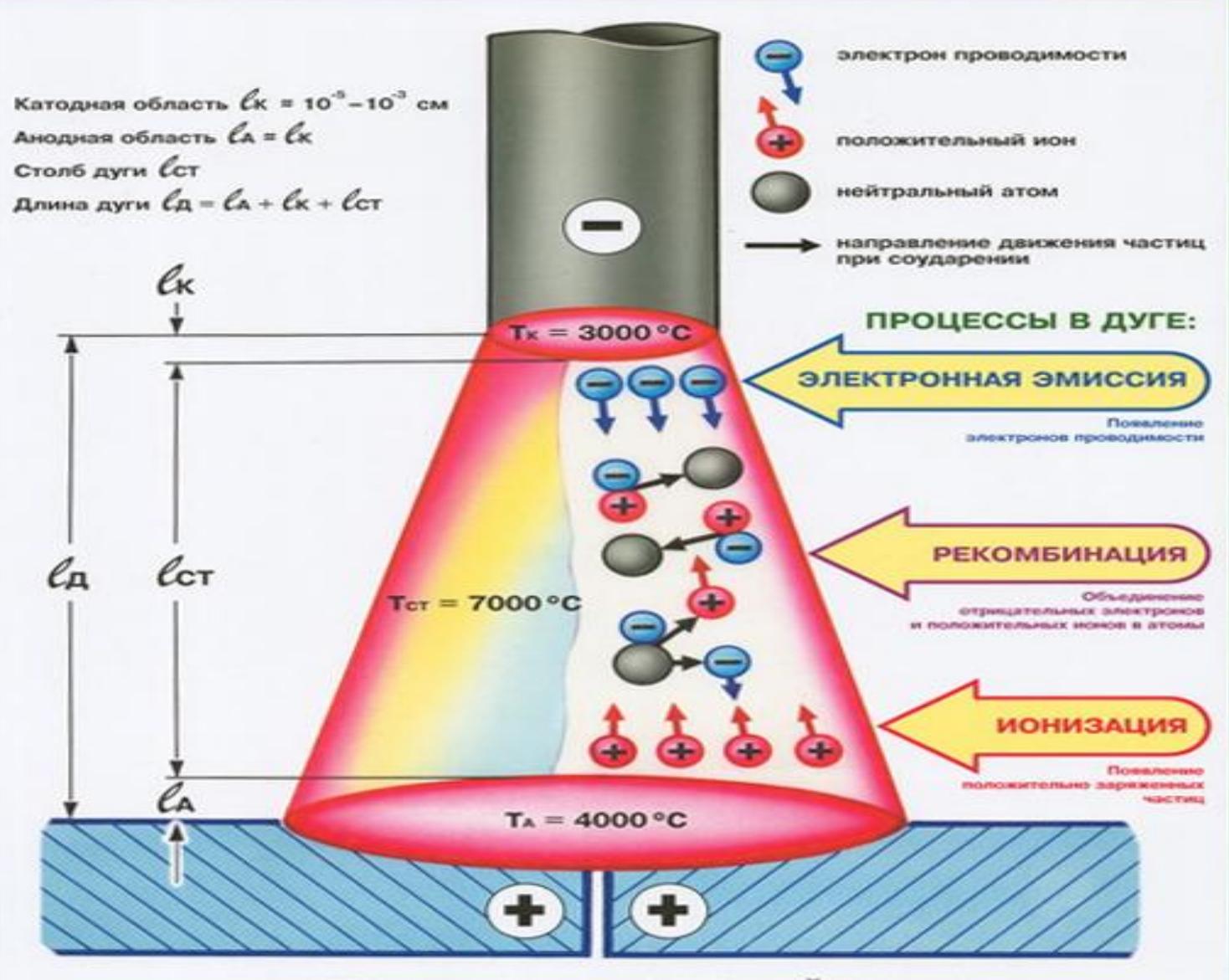
4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАПЛИ СО СВАРОЧНОЙ ВАННОЙ



### ВИДЫ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА



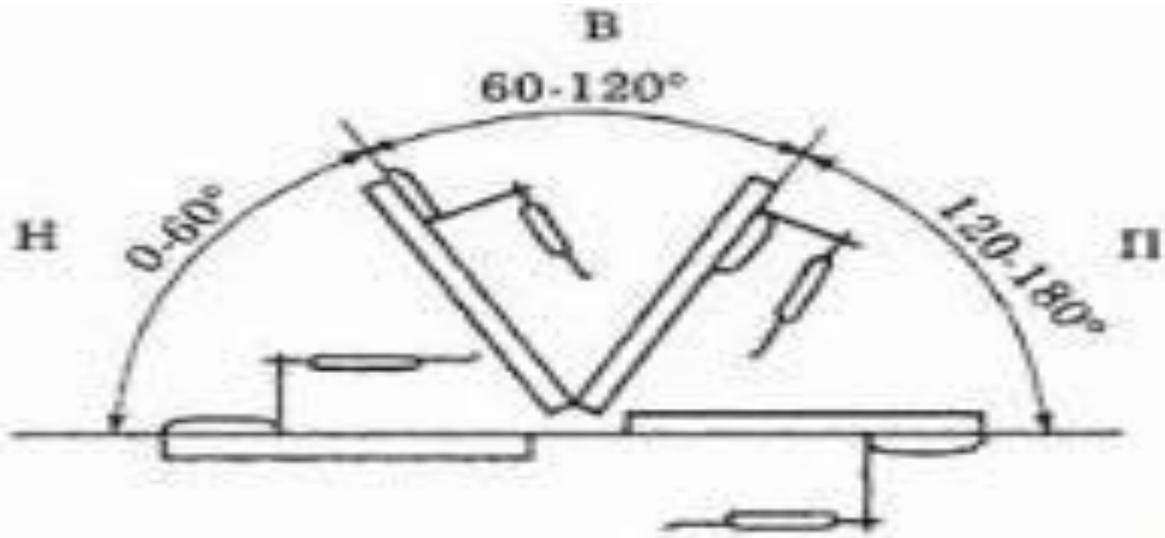
# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



**Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.**



*Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д. Они обычно находятся в следующих пределах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм.*



# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА СВАРКИ НА ФОРМУ ШВА





## **Основные функции электродного покрытия:**

Улучшать стабильность дуги с помощью элементов с низким потенциалом ионизации.

Производить шлак. Расплавленные минеральные составляющие покрытия образуют тонкий слой шлака, обволакивающего каждую каплю расплавленного металла, а также сварочную ванну, защищая их от кислорода, азота и паров воды.

Образовывать защитный газ, который является продуктом горения органических составляющих покрытия, например, целлюлозы, или разложения карбонатов.

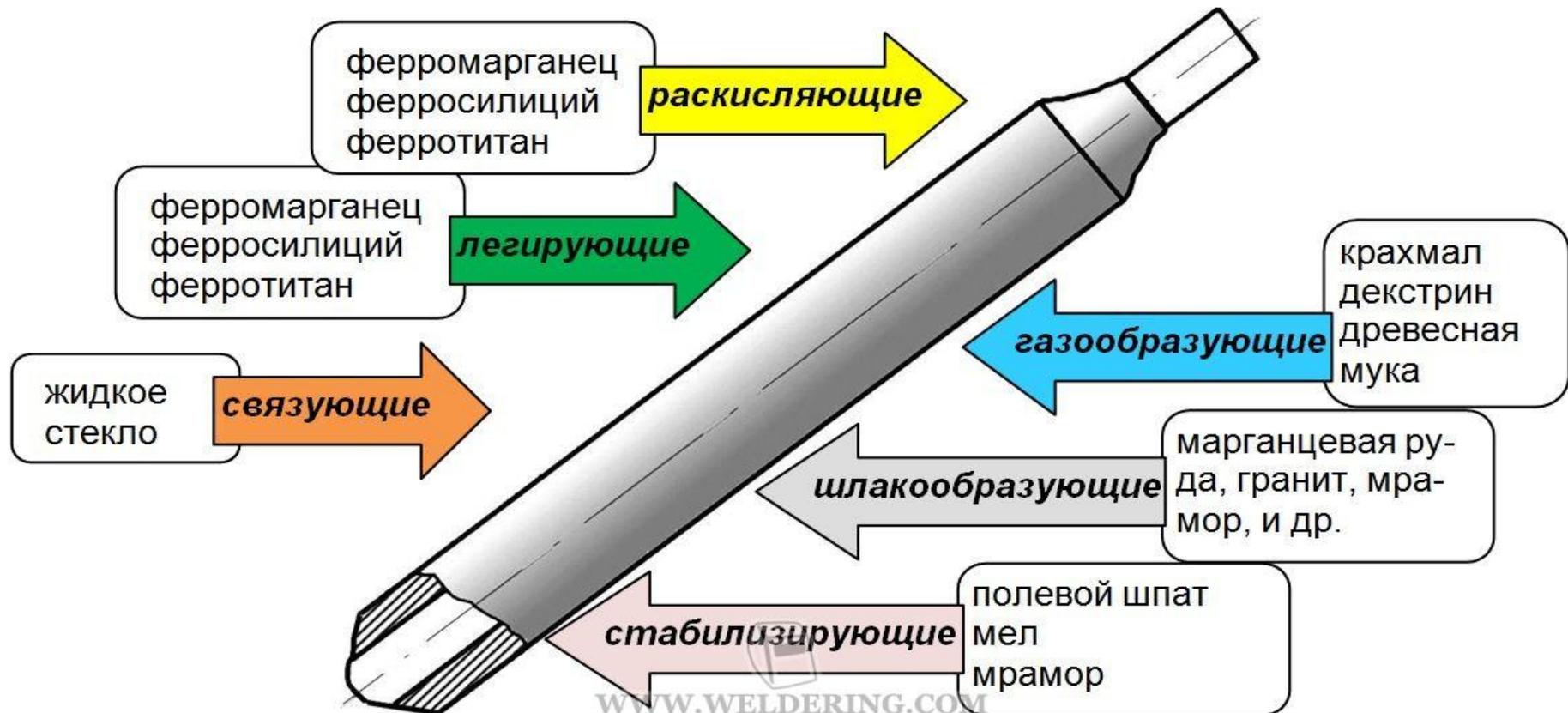
Выполнять раскисление, а иногда и легирование металла шва для улучшения его свойств. Тонкий слой шлака, обволакивающего каплю расплавленного электродного металла, способен передавать л





## Покрытые электроды

Необходимые технологические свойства электродов достигаются подбором материалов металлического стержня и покрытия, в состав которого вводятся стабилизирующие, шлакообразующие, легирующие и связующие вещества.





## Покрытые электроды



**Газообразующие** компоненты обеспечивают газовую защиту зоны сварки от воздуха. При нагревании они разлагаются с выделением газов, вытесняющих воздух. В качестве газообразующих компонентов обычно выступают вводимые в покрытие минералы (мрамор, магнезит) или органические вещества (мука, крахмал, декстрин).

**Шлакообразующие** компоненты обеспечивают шлаковую защиту расплавленного и кристаллизующегося металла от воздуха. При расплавлении они образуют шлак, который всплывает на поверхность сварочной ванны. Шлаком также покрыты капли электродного металла.

Шлакообразующие компоненты (кислые окислы  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; основные окислы  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ; галогены  $\text{CaF}_2$ ) содержатся в мраморе, граните, гематите, кварцевом песке, рудах, ильменитовом и рутиловом концентрате.



## Покрытые электроды

**Раскисляющие** компоненты позволяют восстановить часть металла, находящегося в сварочной ванне в виде оксидов. К ним относятся железосодержащие соединения – ферромарганец, ферротитан и ферросилиций.



**Стабилизирующие** компоненты обеспечивают стабильное горение дуги за счет присутствия в них элементов с низким потенциалом ионизации – натрия, калия, кальция и др. Последние содержатся в мраморе, меле, полевом шпате, кальцинированной соде, поташе и других веществах.



## Покрытые электроды

**Легирующие** компоненты придают металлу шва дополнительные свойства, например, повышенную прочность, коррозионную стойкость и др. Добавляются в покрытие в виде железосодержащих сплавов – феррохрома, ферротитана, феррованадия. Основным способом легирования металла шва является легирование через стержень электрода, дополнительным – через покрытие.



**Связующие** компоненты связывают порошковые материалы покрытия в однородную массу. Чаще всего в качестве связующих используется натриевое ( $\text{Na}_2\text{SiO}_2$ ) или калиевое ( $\text{K}_2\text{SiO}_2$ ) жидкое стекло. После высыхания оно цементирует покрытие. Для улучшения формовочных свойств покрытия в его состав вводятся пластификаторы – бентонит, каолин, декстрин, слюда. Добавление в покрытие железного порошка (до 60% от массы покрытия) позволяет повысить производительность сварки.

Некоторые материалы покрытия выполняют несколько функций. Например, мрамор является газообразующим, шлакообразующим и стабилизирующим минералом.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Электродные покрытия могут создаваться по-разному. В одних возможно преобладание газообразующих компонентов, в других – шлакообразующих.



В качестве газообразующих компонентов могут применяться минералы или органические соединения. Выведение из металла шва водорода может осуществляться с помощью фтора или кислорода. В различной степени может выполняться очистка металла шва от нежелательных включений, в том числе от фосфора и серы.

В зависимости от используемого подхода выделяют четыре базовых типа покрытия.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Кислое покрытие (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквой «А») создается на основе материалов рудного происхождения. В качестве шлакообразующих компонентов используются оксиды, газообразующих – органические составляющие. При плавлении покрытия в расплавленном металле и в зоне горения дуги выделяется большое количество кислорода. Поэтому в покрытие добавляют много раскислителей – марганца и кремния.

Преимущества  
кислого  
покрытия  
электродов:

1. низкая склонность к образованию пор при удлинении дуги и при сварке металла с окалиной и ржавыми кромками;
2. высокая производительность сварки за счет выделения теплоты при окислительных реакциях;
3. стабильное горение дуги при сварке на постоянном и переменном токе.

**Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.**



К недостаткам  
этого покрытия  
относятся

- I. Пониженные пластичность и ударная вязкость металла шва, что связано с невозможностью легирования шва из-за окисления легирующих добавок.
- II. Ввиду отсутствия в покрытии кальция в металле шва присутствуют сера и фосфор, повышающие вероятность образования кристаллизационных трещин. Одним из главных недостатков данного покрытия является выделение большого количества вредных примесей вследствие повышенного содержания в аэрозолях соединений марганца и кремния.
- III. Поэтому сварочные электроды с кислым покрытием используются в последнее время редко.

Область применения электродов с кислым покрытием – сварка неответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей.

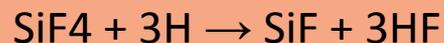
*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Основное покрытие (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквой «Б») создается на основе фтористых соединений (плавиковый шпат  $\text{CaF}_2$ ), а также карбонатов кальция и магния (мрамор  $\text{CaCO}_3$ , магнезит  $\text{MgCO}_3$  и доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). Газовая защита осуществляется за счет углекислого газа, который выделяется при разложении карбонатов:



С помощью кальция металл шва хорошо очищается от серы и фосфора. Фтор вводится в ограниченных количествах (чтобы сохранить стабильность горения дуги) и связывает водород и пары воды в термически стойкие соединения:



Из-за низкого содержания водорода в металле шва сварочные электроды с основным покрытием также называют «низководородными».

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Преимущества  
основного  
покрытия  
электродов:

1. Низкая вероятность образования кристаллизационных трещин, высокая пластичность и ударная вязкость металла шва, обусловленные малым содержанием в наплавленном металле кислорода и водорода, а также его хорошим рафинированием;
2. Высокая стойкость против хладноломкости – появлению или возрастанию хрупкости с понижением температуры;
3. Широкие возможности легирования ввиду низкой окислительной способности покрытий;
4. Меньшая токсичность по сравнению с кислыми покрытиями;
5. повышенный коэффициент наплавки при введении железного порошка.

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



## Недостатки основного покрытия:

1. Склонность к образованию пор при увеличении длины дуги, повышении влажности покрытия, наличии ржавчины и окалины на свариваемых кромках, что требует более высокой квалификации сварщика, а также необходимости в предварительной очистке кромок и прокалке электродов перед сваркой;
2. Более низкая устойчивость горения дуги из-за фтора, имеющего высокий потенциал ионизации, в связи с чем сварку электродами с основным покрытием обычно выполняют короткой дугой на постоянном токе обратной полярности.

## Область применения электродов с основным покрытием:

- I. Сварка ответственных конструкций из углеродистых сталей, работающих при знакопеременных нагрузках или отрицательных температурах до  $-70^{\circ}\text{C}$ ;
- II. Сварка конструкционных, жаропрочных, коррозионно-стойких, окалиностойких, а также других специальных сталей и сплавов;



*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Рутиловое покрытие (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквой «Р») создается на базе рутилового концентрата  $TiO_2$ , обеспечивающего шлаковую защиту, а также алюмосиликатов (полевой шпат, слюда, каолин) и карбонатов (мрамор, магнезит). Газовую защиту обеспечивают карбонаты и органические соединения (целлюлоза). В качестве легирующего компонента и раскислителя используется ферромарганец, в некоторые покрытия вводится железный порошок (обозначаются по ГОСТ 9466-75 буквами «РЖ»). С помощью кальция, присутствующего в карбонате  $CaCO_3$ , из металла шва удаляются сера и фосфор.

Преимущества  
сварочных  
электродов с  
рутиловым  
покрытием:

1. Более высокий коэффициент наплавки при введении железного порошка;
2. Низкая токсичность;

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



по сравнению с электродами с основным покрытием – стабильность горения дуги при сварке на постоянном и переменном токе, более высокая стойкость против образования пор, лучшее формирование шва с плавным переходом к основному металлу, меньшая чувствительность к увеличению длины дуги, меньше коэффициент разбрызгивания металла, более удобная сварка в вертикальном и потолочном положениях (при отсутствии в них железного порошка или его содержании менее 20%).

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Недостатки  
электродов с  
рутиловым  
покрытием:

- I. Пониженные пластичность и ударная вязкость металла шва из-за включений  $\text{SiO}_2$ ;
- II. Не используются для сварки конструкций, работающих при высоких температурах;
- III. Ниже стойкость против кристаллизационных трещин;
- IV. сильнее окисляют легирующие элементы и железо и поэтому не используются для сварки средне- и высоколегированных сталей;
- V. повышенное содержание фосфора в наплавленном металле и склонность к хладноломкости.
- VI. ниже стойкость против кристаллизационных трещин;
- VII. сильнее окисляют легирующие элементы и железо и поэтому не используются для сварки средне- и высоколегированных сталей; повышенное содержание фосфора в наплавленном металле и склонность к хладноломкости.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



по сравнению с электродами с основным покрытием – меньшее сопротивление наплавленного металла сероводородному растрескиванию, приводящего к разрушению сварных трубопроводов в месторождениях с сероводородными соединениями



*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Также используются и смешанные покрытия:

- I. Кислорутитовое (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквами «АР»),
  - II. рутитово-основное (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквами «РБ»),
  - III. рутитово-целлюлозное (обозначается по ГОСТ 9466-75 буквами «РЦ»),
  - IV. а также прочие (обозначаются по ГОСТ 9466-75 буквой «П»).
- Международное обозначение ISO

Кислое ААР – руднокислое

Основное БВФ – фтористокальциевое

Рутитовое РРТ – рутитовое (титановое)

Целлюлозное ЦСО – органическое, смешанные покрытия

Кислорутитовое АРАР

рутитово-основное РБРВ

рутитово-целлюлозное РЦРС

прочие (смешанные) ПС

рутитовые с железным порошком РЖРР

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



В соответствии с национальными стандартами электроды классифицируются:

**Назначение электрода**  
 Условное обозначение У означает, что электроды предназначены для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 60 МПа (см. п. 14).

Толщина покрытия		
Обозначение	Толщина покрытия	Значение отношения D/d
М	тонкая	$D/d \leq 1,20$
С	средняя	$1,20 < D/d \leq 1,45$
Д	толстая	$1,45 < D/d \leq 1,80$
Г	особо толстая	$D/d > 1,80$

D - диаметр покрытия; d - диаметр стержня.

**Группа качества электродов.** Установлено 3 группы качества (1, 2 и 3). Чем выше группа, тем выше требования к качеству электродов.

**Тип электрода**      **Марка электрода**      **Диаметр электрода**

**Э42А - УОНИ-13/45 - 5.0 - УД2**  
**Е 41 2(4) - Б20**

**ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75**

Индексы, указывающие механические характеристики металла шва.

Индекс	Вид покрытия
А	Кислое
Б	Основное
Ц	Целлюлозное
Р	Рутиловое
АЦ	Смешанное
РБ	
и др.	
П	Прочие

Индекс	Положения швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости
4	Нижнее и нижнее в лодочку

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	-
1	Любая (+/-)	50
2	Прямая (-)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/-)	70
5	Прямая (-)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/-)	90
8	Прямая (-)	90
9	Обратная (+)	90

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



**По назначению электроды подразделяются:**

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа, условное обозначение **У**;
- для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа, условное обозначение **Л**;
- для сварки высокопрочных сталей с особыми свойствами, обозначение **Т**;
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами, обозначение **Н**.

**Назначение электрода**

Условное обозначение **У** означает, что электроды предназначены для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 60 МПа (см. п. 14).

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода (D) к диаметру стального стержня (d) электроды подразделяются:

- с тонким покрытием ( $D/d \leq 1,20$ ), обозначение М;
- со средним покрытием ( $1,20 < D/d \leq 1,45$ ) - С;
- с толстым покрытием ( $1,45 < D/d \leq 1,80$ ) - Д;
- с особо толстым покрытием ( $D/d > 1,80$ ) - Г.



## Толщина покрытия

Обозначение	Толщина покрытия	Значение отношения D/d
М	тонкая	$D/d \leq 1,20$
С	средняя	$1,20 < D/d \leq 1,45$
Д	толстая	$1,45 < D/d \leq 1,80$
Г	особо толстая	$D/d > 1,80$

D - диаметр покрытия; d - диаметр стержня.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



**Группа качества электродов.** Установлено 3 группы качества (1, 2 и 3). Чем выше группа, тем выше требования к качеству электродов.

**По качеству**, т.е. по состоянию поверхности покрытия электрода, механических свойств металла шва, выполненного данными электродами и по содержанию серы и фосфора в наплавленном металле, электроды делятся на группы 1, 2 и 3.

**Элект**

**ва.**



*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



**Тип электрода** определяет механические характеристики (временное сопротивление разрыву, относительное удлинение) или особые свойства (теплоустойчивость, износоустойчивость и др.) наплавленного металла, которые обеспечиваются данными электродами. Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей стандартом предусмотрено 9 типов электродов (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60). В обозначение типов электродов этой группы входит буква Э и цифра, указывающая минимальное, гарантируемое временное



*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



**По видам покрытия** электроды подразделяются следующим образом:

- с кислым покрытием, обозначение А;
- с основным покрытием (Б);
- с органическим (целлюлозным) покрытием (Ц);
- с рутиловым покрытием (Р);
- покрытие с повышенным содержанием железного порошка (Ж);
- с прочими видами покрытия (П);
- с покрытием смешанного вида (соответствующие двойное обозначение).

**За рубежом принято следующее обозначение видов электродного покрытия:**

- целлюлозное или органическое (буквенное обозначение: С);
- кислое (А);
- рутиловое (R);
- основное (В);
- покрытие с повышенным содержанием железного порошка (F);
- смешанное (например, AR).

Индекс	Вид покрытия
А	Кислое
Б	Основное
Ц	Целлюлозное
Р	Рутиловое
АЦ РБ и др.	Смешанное
П	Прочие

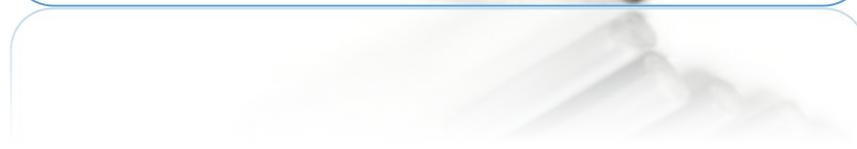
*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



**По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки электроды подразделяются на 4 вида:**

- все положения, обозначение 1;
- все положения, кроме вертикального сверху - вниз, обозначение 2;
- нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости и вертикального снизу - вверх, обозначение 3;
- нижнее и нижнее в лодочку, обозначение 4.

Индекс	Положения швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости
4	Нижнее и нижнее в лодочку



# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



**По роду и полярности сварочного тока, а также по номинальному напряжению холостого хода источника питания, электроды подразделяются на 10 категорий:**

- сварка только на постоянном токе обратной полярности, обозначение 0;
- сварка на переменном и постоянном токе любой полярности; напряжение холостого хода не менее 50, 70 и 80 В, обозначение соответственно 1;4;7;
- сварка на переменном токе или постоянной прямой полярности, при напряжении холостого хода не менее 50, 70 и 90 В, обозначение соответственно 2;5;8;
- сварка на переменном токе или постоянном токе обратной полярности, при

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	-
1	Любая (+/-)	50
2	Прямая (-)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/-)	70
5	Прямая (-)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/-)	90
8	Прямая (-)	90
9	Обратная (+)	90



*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Тип сварочного электрода характеризует свойства

Для конструкционных сталей – это механические свойства (временное сопротивление разрыву, ударная вязкость, относительное удлинение, угол загиба),

для легированных сталей со специальными свойствами (теплоустойчивые, жаропрочные, коррозионно-стойкие и др.) – химический состав (содержание углерода, кремния, хрома, марганца, никеля и других элементов)

Обозначение типа электрода (регламентируется ГОСТ 9467-75 и ГОСТ 10052-75) содержит букву «Э», после которой ставится временное сопротивление на разрыв  $\delta_B$  (кг/мм<sup>2</sup>).

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Тип сварочного электрода характеризует свойства

Например, «Э46А» означает, что металл, наплавленный этими электродами, имеет прочность 46 кг/мм<sup>2</sup> (460 МПа) и улучшенные пластические свойства.

Для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности тип электрода может быть Э70, Э85, Э100, Э125, Э150.

Примеры обозначений типа электрода для сварки сталей со специальными свойствами:

- ❑ «Э09Х2М» – в металле шва содержится примерно 0,09% углерода, 2% хрома, 1% молибдена;
- ❑ «Э10Х25Н13Г2Б» – в металле шва содержится примерно 0,1% углерода, 25% хрома, 13% никеля, 2% марганца, 1% ниобия.

**Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.**



**Длина электрода в зависимости от его диаметра**

Диаметр электрода, мм	Длина электрода, мм	
	Углеродистого или легированного	Высоколегированного
1,6	200	150
	250	200
2,0	250	200
		250
2,5	250	250
	300	
3,0	300	300
	350	350
4,0	350	350
	450	
5,0	450	350
6,0		
8,0		
10,0		
12,0		

# Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



## Сварочные электроды должны обеспечивать:

устойчивое горение дуги, равномерное плавление металла и стабильный перенос его в сварочную ванну;

достаточную защиту расплавленного электрода от металла и металла сварочной ванны от воздуха;

получение металла шва требуемого химического состава и механических свойств,

хорошее формирование шва, минимальные потери на угар и разбрызгивание;

возможно высокую производительность процесса сварки;

хорошую отделимость и легкую удаляемость шлака с поверхности шва;

достаточную стойкость покрытий против механических повреждений и недопустимость резкого ухудшения свойств в процессе хранения;

минимальную токсичность газов, выделяющихся при сварке, соблюдение санитарно-гигиенических норм.

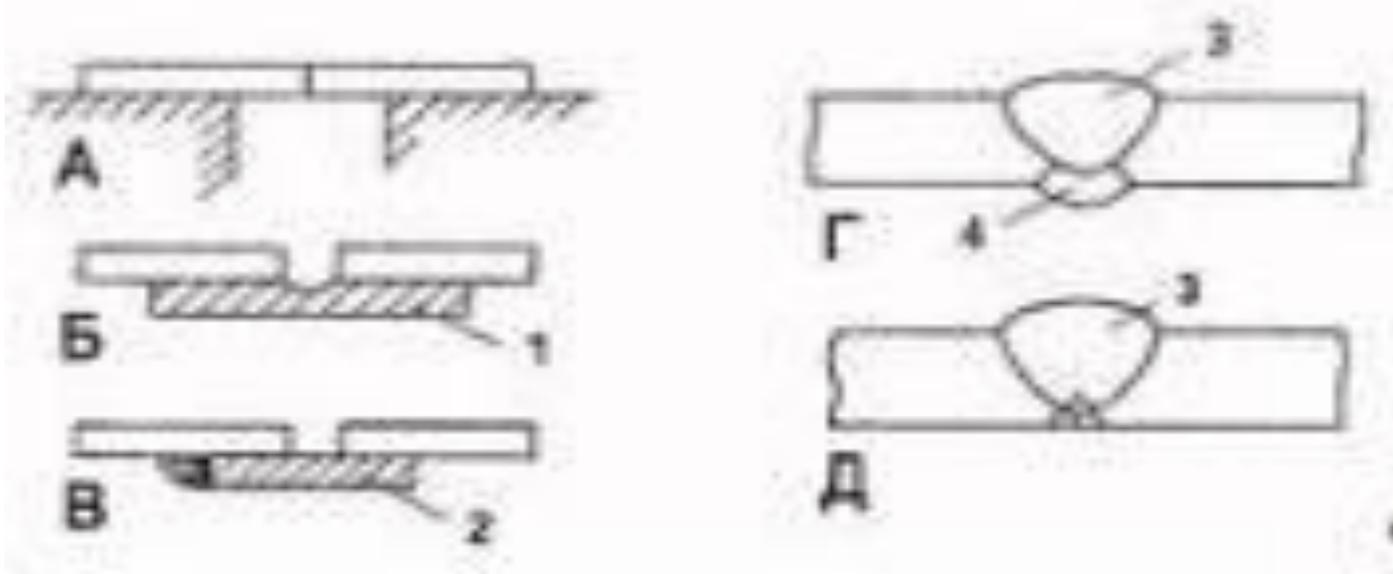






## Ручная дуговая сварка в нижнем

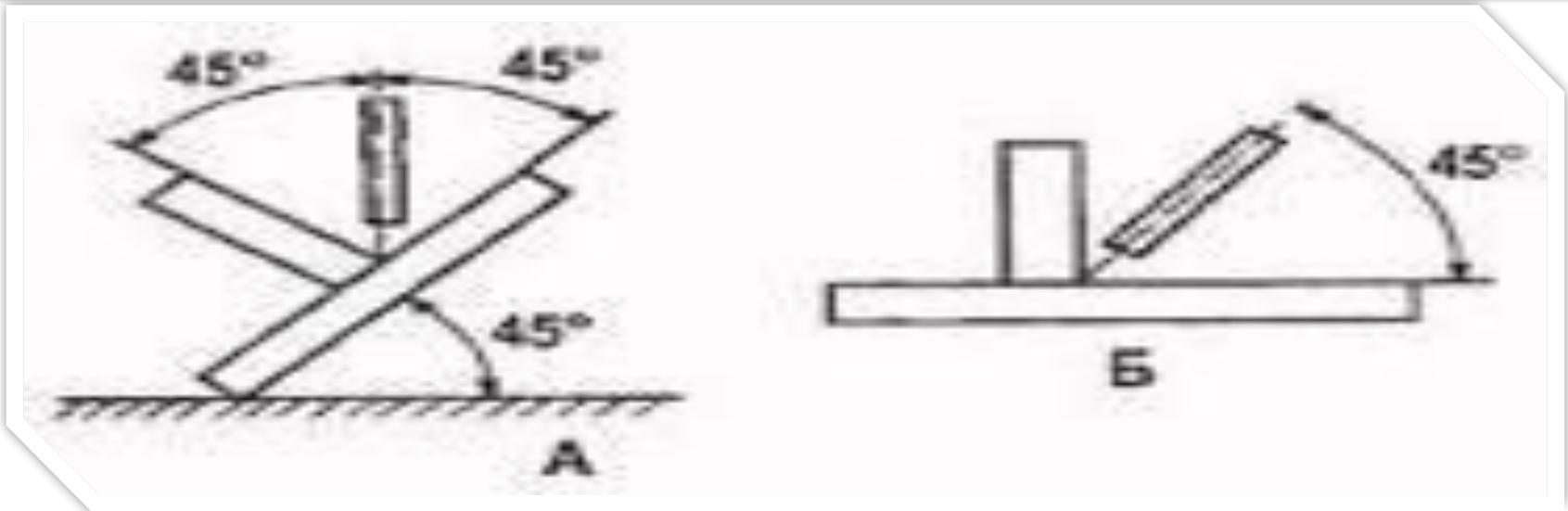
положении



- сварка на съемной медной подкладке (рисунок Б);
- сварка на остающейся стальной подкладке (рисунок В);
- наложение подварочного шва (рисунок Г);
- вырубка не провара с последующей заваркой корня шва (рисунок Д).

## Ручная дуговая сварка в нижнем

Сварку угловых швов в нижнем положении можно выполнять двумя способами: при повороте изделия на  $45^\circ$  (так называемое положение «в лодочку») и наклонным электродом (см. рисунок ниже). Сварка «в лодочку» более предпочтительна, так как при сварке наклонным электродом из-за отекания расплавленного металла трудно предупредить подрез по вертикальной плоскости и обеспечить провар по нижней плоскости.



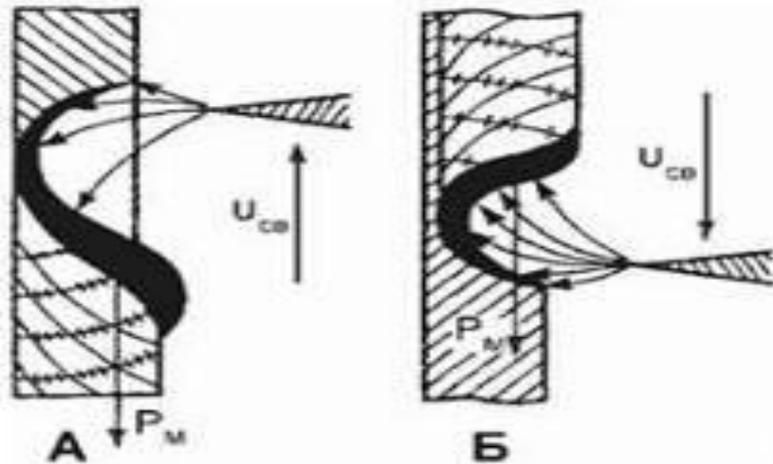
: А – «в лодочку»; 1 – съемная медная подкладка; 2 – остающаяся



## **Ручная дуговая сварка в вертикальном**

При ручной сварке в вертикальном положении стекание расплавленного металла также оказывает существенное влияние на формирование шва и глубину проплавления

Вертикальные швы обычно выполняют на подъем. В этом случае удастся обеспечивать требуемый провар и поддерживать расплавленный металл на кромках. Однако производительность сварки низкая и увеличивается при сварке на спуск. Однако из-за малой глубины проплавления это возможно только для тонкого металла и при применении специальных электродов.

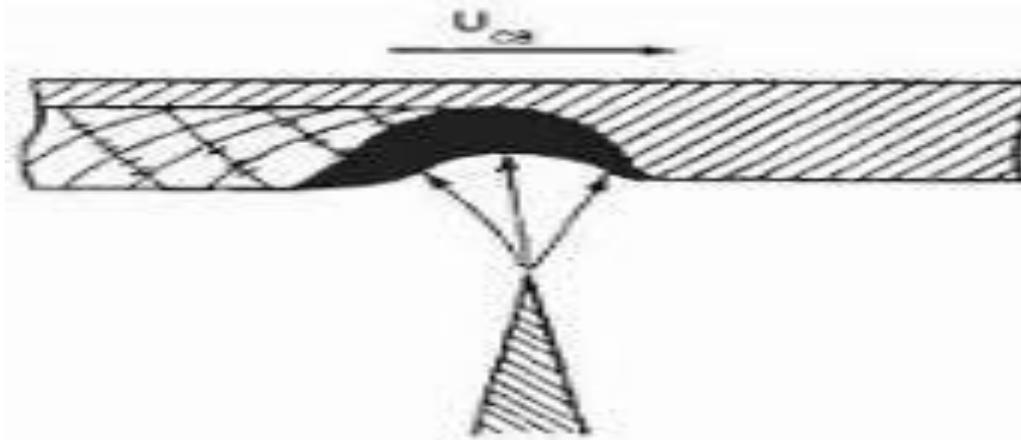


Особенно неблагоприятные условия формирования шва наблюдаются при выполнении на вертикальной плоскости горизонтальных швов, так как расплавленный металл натекает на нижнюю свариваемую деталь.



## **Ручная дуговая сварка в потолочном**

Достаточно сложна и ручная сварка в потолочном положении. Расплавленный металл в сварочной ванне в этом случае удерживается от вытекания силой поверхностного натяжения (см. рисунок). Поэтому необходимо, чтобы вес расплавленного металла не превысил эту силу. Для этого стремятся уменьшить размеры сварочной ванны, выполняя сварку периодическими короткими замыканиями, давая возможность металлу шва частично закристаллизоваться. Применяют также уменьшенные диаметры электродов, снижают силу сварочного тока, используют специальные электроды, обеспечивающие





*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



*Виды сварочных  
выпрямителей*

**Возможные способы регулирования сварочного  
напряжения:**

- витковое регулирование – в сварочном выпрямителе с трансформатором с секционированными обмотками;
- магнитное регулирование – в выпрямителе с трансформатором с магнитной коммутацией или дросселем насыщения;
- фазовое регулирование – в тиристорном выпрямителе;
- импульсное регулирование – широтное, частотное и амплитудное регулирование в выпрямителе с транзисторным регулятором и инверторном выпрямителе.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



*Виды сварочных выпрямителей*

Наиболее известные выпрямители с жесткими (естественно ппологопадающими) внешними характеристиками для механизированной дуговой сварки:

- серий ВС (ВС-200, ВС-300, ВС-400, ВС-500, ВС-600, ВС-632), ВДГ (ВДГ-301, ВДГ-302, ВДГ-303, ВДГ-603) и ВСЖ (ВСЖ-303);
- а также сварочные выпрямители ВС-1000 и ВС-1000-2 для механизированной сварки в аргоне, гелии, углекислом газе, под флюсом.

При ручной дуговой сварке применяют выпрямители с падающими внешними характеристиками. В конструкциях российских аппаратов используют следующие способы формирования характеристик:

- повышение сопротивления трансформатора – в сварочном выпрямителе с трансформатором с подвижными обмотками, с магнитным шунтом либо с разнесенными обмотками;
- применение обратной связи по току – в тиристорном, транзисторном или инверторном выпрямителях.

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



*Виды сварочных выпрямителей*

Наиболее распространенные выпрямители для ручной дуговой сварки:

серии ВД (ВД-101, ВД-102, ВД-201, ВД-301, ВД-302, ВД-303, ВД-306, ВД-401), типов ВСС-120-4, ВСС-300-3, а также аппараты ВД-502 и ВКС-500, предназначенные для автоматической сварки под флюсом.

Весьма популярны и универсальные сварочные выпрямители, формирующие как падающие, так и жесткие характеристики. Наиболее известные типы:

- серии ВСК (ВСК-150, ВСК-300, ВСК-500) для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, полуавтоматической и автоматической сварки в защитных газах;
- серий ВСУ (ВСУ-300, ВСУ-500) и ВДУ (ВДУ-504, ВДУ-305, ВДУ-1201, ВДУ-1601) для ручной сварки покрытыми электродами, механизированной сварки плавящейся электродной проволокой под флюсом, в защитных газах, порошковой проволокой

*Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.*



Преимущества ручной дуговой

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;

Недостатки ручной дуговой

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

**Технологические особенности, оборудование и материалы ручной дуговой сварки покрытыми электродами.**



Полуавтоматическая сварка отличается от ручной дуговой сварки тем, что механизмуется подача электродной проволоки в сварочную зону, а остальные операции процесса сварки выполняются сварщиком вручную.

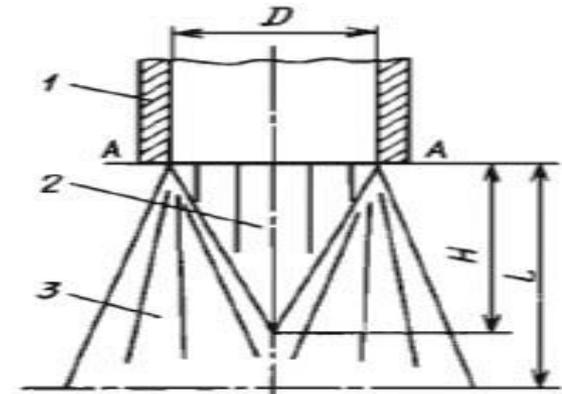
Для этого современная промышленность выпускает целую серию сварочных полуавтоматов, при помощи которых выполняют дуговую сварку в среде защитных газов. Их разрабатывают с использованием унифицированных узлов, что позволяет с наименьшими затратами выполнить наладку на сварку требуемых изделий. К таким унифицированным узлам относятся прижимные и направляющие устройства, подающие механизмы, узлы, осуществляющие подъем и перемещение, а также механизмы автоматической подачи присадочной

- для сварки сплошной стальной проволокой;
- для сварки сплошной алюминиевой проволокой;
- для сварки сплошной стальной и алюминиевой проволоками;
- для сварки сплошной стальной или алюминиевой порошковой проволоками.



При сварке в среде защитных газов для защиты зоны сварочной дуги и расплавленного металла используют специальный газ, подаваемый струей в зону плавления при помощи горелки, или сварку выполняют в камерах, заполненных газом.

Наиболее распространенной является струйная местная защита потоком газа, истекающим из сопла сварочной горелки. Качество струйной защиты зависит от размеров и конструкции сопла 1, расстояния  $L$  от среза сопла  $A - A$  до поверхности свариваемого материала, и от расхода защитного газа. В строении газового потока различают две области: 2 - ядро струи и 3 - периферийный участок. Надёжная защита металла гарантирована только в пределах ядра потока, максимальная длина  $H$  которого наблюдается при ламинарном истечении газа из сопла.

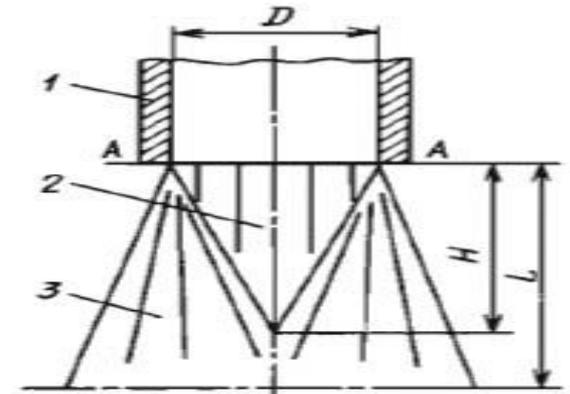


## Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



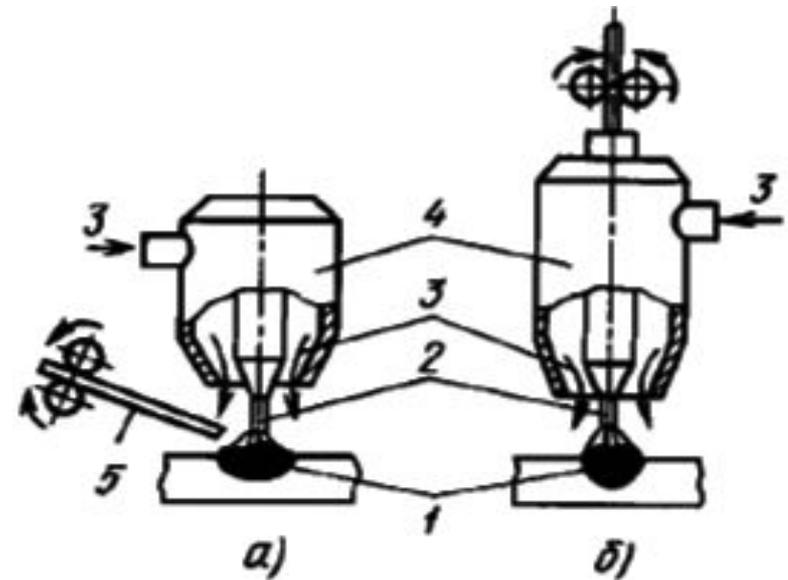
В качестве защитных газов используются инертные газы, не взаимодействующие с металлом при сварке (аргон, гелий, их смеси), и активные газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и др.), взаимодействующие с металлом, а также их смеси. Защитный газ определяет физические, металлургические и технологические характеристики способа сварки.

Чтобы повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления или изменить форму шва или повысить производительность сварки углеродистых и легированных сталей применяются смеси инертных газов с активными газами, например: смесь аргона с 1... 5 %  $\text{O}_2$ , смесь аргона с 10... 25%  $\text{CO}_2$ , смесь аргона с  $\text{CO}_2$  (до 20 %) и с добавкой  $\leq 5$  %  $\text{O}_2$ .



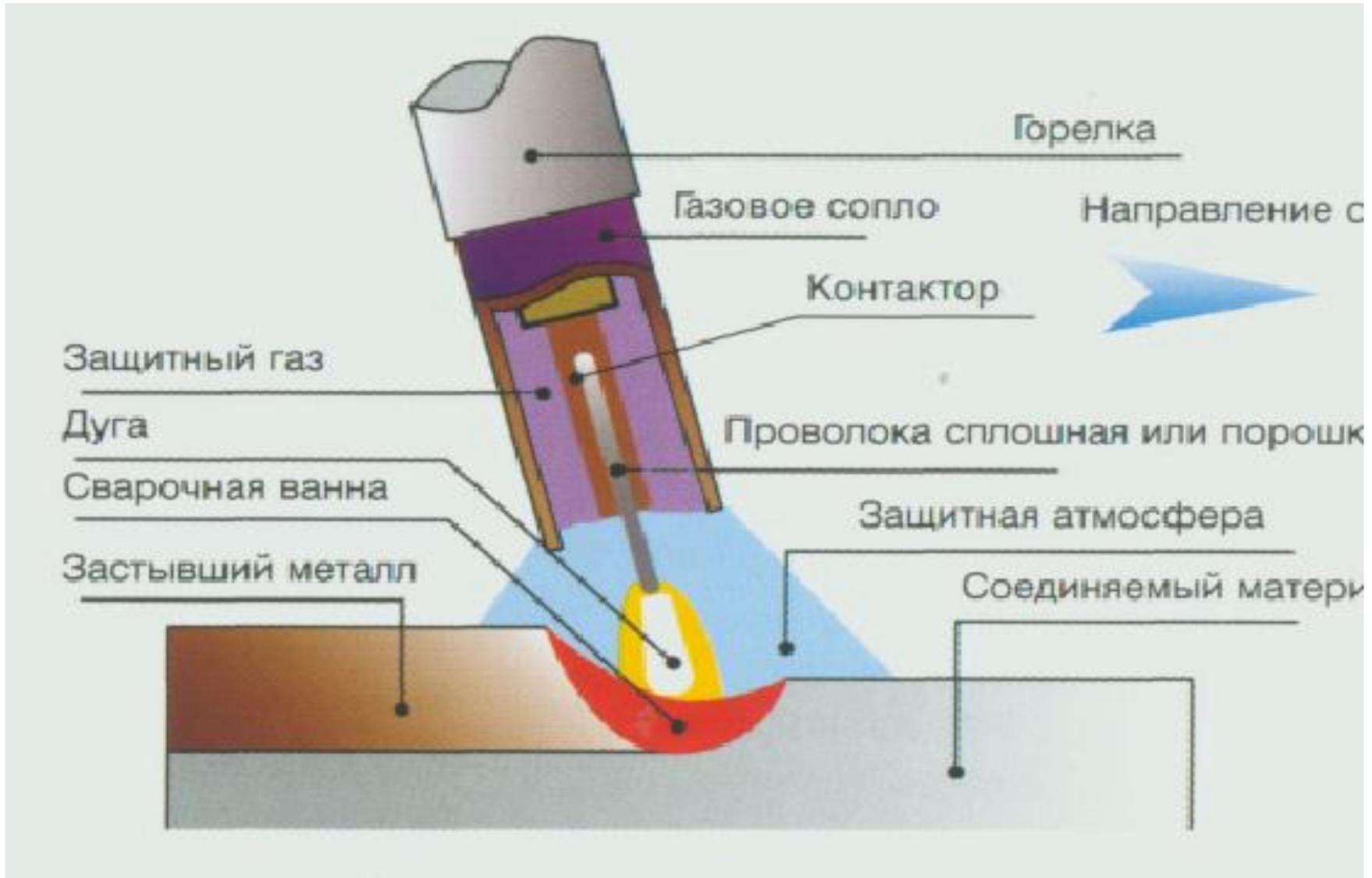


Смесь углекислого газа с кислородом (до 20 %) применяют для сварки углеродистой стали. Эта смесь имеет высокую окислительную способность, обеспечивает глубокое проплавление и хорошую форму шва, уменьшает пористость.



сварка в среде защитных газов неплавящимся (а) и плавящимся (б) электродами, где 1 - металл шва; 2 - электрод; 3 - защитный газ; 4 - сопло горелки; 5 - присадочная проволока.

# Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов





**MIG/MAG** — Metal Inert/Active Gas — дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного/активного защитного газа с автоматической подачей присадочной проволоки.



Иногда этот метод сварки обозначают GMA (Gas Metal Arc). Применение термина «полуавтоматическая» не вполне корректно, поскольку речь идет об автоматизации только подачи присадочной проволоки, а сам метод MIG/MAG с успехом применяется при автоматизированной и роботизированной сварке.

Данный метод зачастую применяется при сварке нержавеющей, углеродистой и низкоуглеродистой сталей, сварке стальных труб. Словосочетание «в углекислом газе», к которому привыкли многие специалисты, умышленно опущено, так как при этом методе все чаще используются многокомпонентные газовые смеси, в состав которых помимо углекислого газа могут входить аргон, кислород, гелий, азот и другие газы.



## КЛАССИФИКАЦИЯ

По виду дуги

Стационарная

Импульсная

По виду газовой защиты

Однородный газ

Газовая смесь

Двухструйная защита

По виду сварочной проволоки

Сплошного сечения

Порошковая

По роду защитного газа

Инертный

Активный

По способу формирования шва

Свободное

Принудительное

По степени автоматизации

Механизированная

Автоматическая

## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Самая надежная защита достигается при размещении изделия в стационарных камерах, предварительно вакуумированных и потом заполненных защитным газом. Сварка в среде защитных газов крупногабаритных изделий проводится с использованием переносных камер из пластичных мягких, обычно прозрачных материалов, устанавливаемых локально над свариваемым стыком.

Теплофизические свойства защитных газов влияют на технологические свойства дуги. При равных условиях дуга в гелии по сравнению с дугой в аргоне имеет более высокое напряжение, а образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Углекислый газ по влиянию на форму шва занимает промежуточное положение.

## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Шлакообразующие вещества вводят в виде пыли или паров вместе с защитным газом; как магнитный флюс или флюс , засыпаемый в разделку кромок; в виде покрытия, наносимого на поверхность электродной проволоки, и другими способами.

Состав металла шва можно изменить путем подачи в зону сварки дополнительной присадочной проволоки, а также двухдуговой сварки в общей ванне с использованием проволок различного состава.



## Типы переноса электродного металла при MIG/MAG сварке

### Короткая дуга Капельный перенос

Перенос капли при коротком замыкании  
Разбрызгивание, мелкие капли  
Применение:  
тонкий лист  
сварка с зазором  
сварка корня шва



### Смешанная переходная дуга

- Перенос капли частично при коротком замыкании
- Много брызг, крупные капли
- Применение:  
средняя толщина  
сварка в газовых смесях



### Длинная дуга

- Перенос капли при коротком замыкании
- Много брызг, крупные капли
- Применение:  
главным образом  
сварка в 100% CO<sub>2</sub>



### Струйный перенос

- Перенос капли без короткого замыкания
- Разбрызгивание, мелкие капли
- Применение:  
толстые листы  
хорошее  
проплавление



### Модифициро- ванная дуга

- Короткая дуга, капельный перенос, вращающаяся дуга
- Применение:  
большая производи-  
тельность при  
сварке в смеси  
Ar/He/CO<sub>2</sub>



### Импульсная дуга

- Перенос капли без короткого замыкания
- Размер капли соответствует диаметру проволоки
- Небольшое разбрызгивание или не разбрызгивание
- Применение:  
тонкий/толстый лист





Для получения оптимальных результатов сварки, требуется соответствующая настройка сварочного аппарата. Настройка состоит из трех параметров:

- Напряжение дуги
- Скорость подачи проволоки
- Расход защитного газа

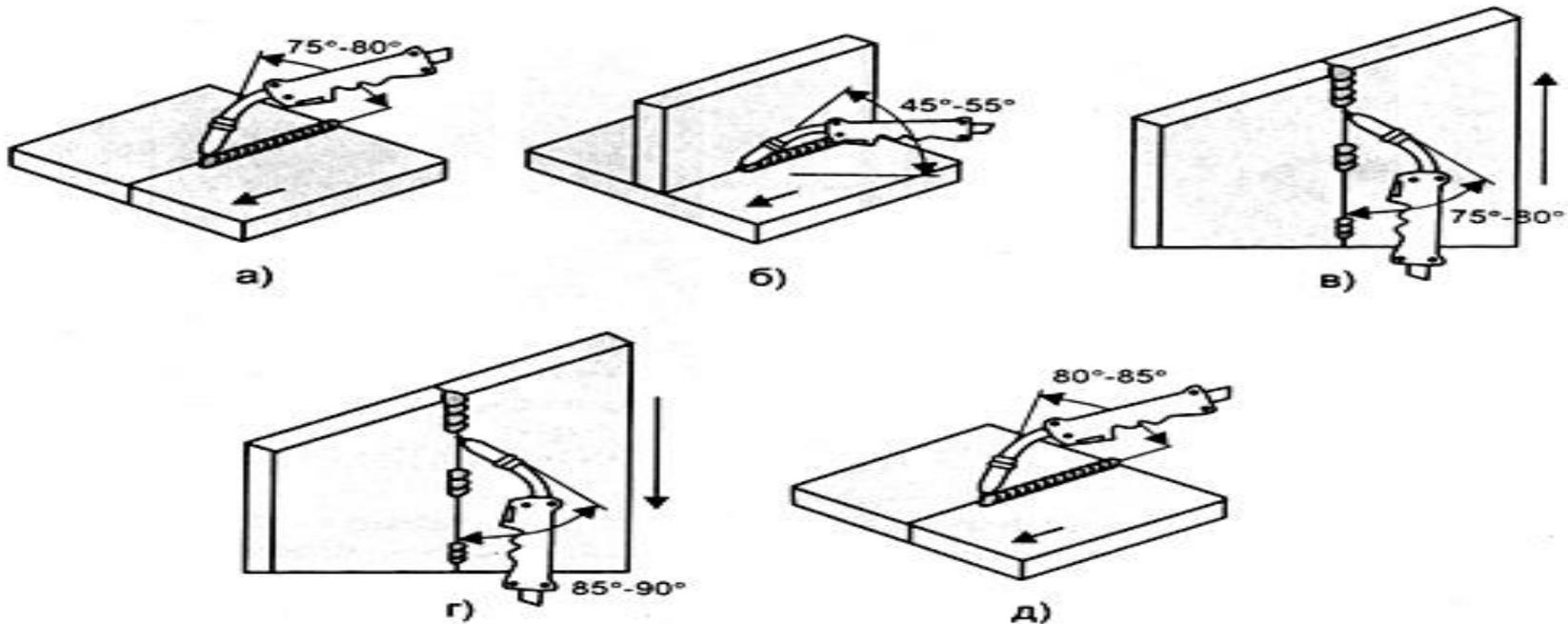
В современных сварочных полуавтоматах существует так называемый синергетический режим. Синергетический режим, это когда настройка оптимальных параметров сводится к простому выбору сварщиком марки свариваемого материала, толщины металла, типа и диаметра проволоки и защитного газа. Все остальные необходимые параметры выставляются аппаратом автоматически. Это делает сварочный полуавтомат удобным в обращении и не требует дополнительной квалификации сварщика.



## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



- ✓ При сварке углом назад достигается большая стабильность дуги и меньшее брызгообразование.
- ✓ Сварка углом назад применяется для соединения толстого металла, при этом достигается большая глубина проплавления. Кроме того, сварщик видит сварочную ванну, что позволяет повысить качество сварки.
- ✓ Сварка углом вперед применяется для соединения тонкого металла, при этом достигается меньшая глубина провара, но сварка производится с большей скоростью.



## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Легче всего производить сварку в нижнем положении, причем качество сварного соединения получается наилучшее. В нижнем положении лучше растекание расплавленного металла и лучше газовая защита. Освоив сварку в нижнем положении, можно производить ее и в других пространственных положениях. Сварка в горизонтальном, вертикальном снизу вверх и вертикальном сверху вниз положениях производится при уменьшенном на 10% сварочном токе.



## Проплавление - это глубина сплавления основного

Величина сварочного тока является основным параметром, влияющим на глубину проплавления. Увеличение или уменьшение тока вызывает увеличение или уменьшение соответственно глубины проплавления. Глубину проплавления можно также увеличить, увеличивая скорость подачи электродной проволоки, при той же скорости перемещения горелки. При этом уменьшается длина дуги и, соответственно, увеличивается сварочный ток, т. е., изменяя скорость подачи проволоки, можно изменять глубину проплавления.

Изменение остальных параметров сварки оказывает сравнительно небольшое влияние на глубину проплавления. 24 В - оптимальное напряжение для выбранного тока. С уменьшением напряжения уменьшается глубина проплавления и наоборот. Кроме того, при данном напряжении наиболее стабильная дуга. Нестабильность дуги уменьшает глубину проплавления.



Изменение скорости перемещения сварочной горелки, т. е. изменение скорости сварки, похоже на изменение напряжения дуги - глубина проплавления максимальна при определенной скорости сварки и уменьшается как при ее снижении, так и при ее повышении. При скорости 30,5 см/мин для выбранного диаметра проволоки глубина проплавления максимальна. При скоростях 17,8 см/мин и 43,2 см/мин проплавление уменьшилось.

При низких скоростях большое количество расплавленного металла сварного шва создает <подушку> между дугой и основным металлом, что препятствует дальнейшему проплавлению. При больших скоростях сварки тепло, создаваемое дугой, не успевает достаточно глубоко проплавить основной металл.

Изменение наклона сварочной горелки в меньшей степени, чем изменение напряжения и скорости сварки, влияет на глубину проплавления. Максимальное проплавление достигается при продольном угле наклона в 25° и сварке углом назад. При наклоне на больший угол ухудшается стабильность дуги и увеличивается разбрызгивание расплавленного металла.



## Размер валика сварного

Валик сварного шва характеризуется высотой (выпуклостью) и шириной. Правильность этих характеристик гарантирует, что валик сварного шва выполняется с минимумом дефектов, особенно при многопроходной сварке. В случае большой выпуклости шва при многопроходной сварке трудно наложить последующий шов, обеспечивая качественное слияние. Очень зауженный шов не обеспечивает хорошего слияния металла шва и основного металла.

Характеристика валика сварного шва зависит как от его размера, так и от формы. Для изменения размера сварного шва (количество наплавленного металла на погонный метр шва) необходимо изменить режим сварки. Основное влияние на размер сварного шва оказывает величина сварочного тока и скорость перемещения сварочной горелки. Размер сварного шва прямо пропорционален сварочному току и обратно пропорционален скорости перемещения горелки.

***Изменение сварочного тока и скорости перемещения горелки изменяет размер сварного шва, но мало влияет на его форму.***

## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Изменяя напряжение на дуге (изменяя длину дуги), можно изменять форму сварного шва. Увеличение длины дуги вызывает увеличение ширины шва и уменьшение его высоты, причем объем шва (количество наплавленного металла на единицу длины) остается неизменным. Возрастает ширина валика сварного шва, выпуклость уменьшается, и более жидкий металл сварного шва более эффективно соединяется с основным металлом, т. е. слияние

улучшено.

Увеличение длины дуги для увеличения производительности сварки (скорости наплавки) вызывает увеличение выпуклости в большей степени, чем увеличение ширины шва. Валик сварного шва становится чрезмерно выпуклым. Сварка углом назад также дает узкий и высокий валик сварного шва. Уменьшая угол продольного наклона горелки, можно уменьшить высоту валика сварного шва и увеличить его ширину. Сварка углом вперед дает более плоский и более широкий валик сварного шва.



*Манипулирование сварочной горелкой.*

*Приведенные ниже рекомендации являются справочными. Каждый сварщик по мере повышения квалификации вырабатывает свои приемы перемещения горелки.*

**Сварка в нижнем положении.**

Рекомендуемое перемещение сварочной горелки при выполнении однопроходного и многопроходного стыкового сварного шва в нижнем положении показано на рис. 3. Как видно из рисунка, при выполнении однопроходного шва совершаются пилообразные, с легким сдвигом назад перемещения горелки. В многопроходном сварном шве с разделкой кромок при выполнении корневого шва совершают зигзагообразные колебания горелки, при этом нужно следить, чтобы не было прожогов. Заполняющие и облицовочный швы выполняют с такими же, но более широкими колебаниями. Отличие в том, что при выполнении этих швов производят поперечный наклон горелки и при достижении крайнего положения делают задержку горелки. Это способствует лучшему сплавлению.



*Манипулирование сварочной горелкой.  
Приведенные ниже рекомендации являются справочными.  
Каждый сварщик по мере повышения квалификации вырабатывает свои приемы перемещения горелки.*

### *Сварка в горизонтальном*

Стыковой шов в горизонтальном положении выполняется с использованием той же технологии перемещения сварочной горелки, что и при выполнении стыкового шва в нижнем положении. Отличие только в том, что заполняющие валики при сварке в горизонтальном положении более узкие. При выполнении сварки не следует забывать, что наклон горелки составляет  $90^\circ$  по отношению к поверхности, на которую накладывается валик сварного шва.



*Манипулирование сварочной горелкой.  
Приведенные ниже рекомендации являются справочными.  
Каждый сварщик по мере повышения квалификации вырабатывает свои приемы перемещения горелки.*

### *Сварка в вертикальном*

Сварка однопроходного стыкового шва без разделки кромок в положении снизу вверх производится путем пилообразных колебаний горелки. Выполнение корневого шва при многопроходной сварке производится путем зигзагообразных перемещений сварочной горелки. Заполняющие валики и облицовочный шов выполняют при ступенчатом перемещении горелки, причем при достижении крайней точки при горизонтальном перемещении необходимо сделать задержку и спуститься вниз на величину, равную диаметру электродной проволоки, а затем подняться вверх и переместиться по горизонтали на противоположную сторону. Там снова сделать задержку и опуститься вниз и т. д.



*Манипулирование сварочной горелкой.*

*Приведенные ниже рекомендации являются справочными. Каждый сварщик по мере повышения квалификации вырабатывает свои приемы перемещения горелки.*

Сварка углового шва в вертикальном положении снизу вверх производится движением горелки, как бы рисуя <елочку>, с задержкой на боковых поверхностях изделия.

Стыковой сварной шов с разделкой кромок при сварке сверху вниз - корневой, заполняющий и облицовочный швы выполняются путем зигзагообразных перемещений сварочной горелки с задержкой в крайних точках. Поперечный наклон горелки составляет  $90^\circ$  к поверхности сварки. Производя манипулирование горелкой, нужно следить, чтобы дуга располагалась на переднем крае сварочной ванны. Нельзя допускать прогона расплавленного металла впереди дуги. Это ухудшает качество сварки.



***Манипулирование сварочной горелкой.***

***Приведенные ниже рекомендации являются справочными. Каждый сварщик по мере повышения квалификации вырабатывает свои приемы перемещения горелки.***

***Сварка в потолочном***

При выполнении стыкового шва с разделкой кромок в потолочном положении необходимо совершать зигзагообразное перемещение сварочной горелки. Поперечный наклон горелки составляет  $90^\circ$  к поверхности сварки. В крайних точках перемещения необходимо делать небольшую задержку. Все вышесказанное применимо при выполнении как корневого, так и заполняющего и облицовочного прохода.



## Характерные дефекты MIG/MAG сварки и способы борьбы с

Поверхностная пористость. Поверхностная пористость возникает из-за атмосферного загрязнения. Это может быть вызвано засорением сопла горелки, недостаточной подачи защитного газа или сваркой на ветру. Для предупреждения образования пористости необходимо систематически очищать сопло от налипших брызг, правильно отрегулировать расход защитного газа, при сварке на ветру использовать защитные противоветровые экраны.

Воронкообразная пористость. Воронкообразная пористость возникает, когда в конце сварного шва горелка убирается раньше, чем произошла кристаллизация расплавленного металла, или когда после прекращения горения дуги слишком рано прекращается подача защитного газа. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо замедлить перемещение горелки в конце сварного шва или приподнять горелку.



## Характерные дефекты MIG/MAG сварки и способы борьбы с ними

Наплыв. Наплыв возникает, когда металл сварочной ванны затекает на нерасплавленный дугой основной металл. Наплыв часто возникает, когда сварочная ванна становится слишком большой. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо держать дугу на переднем крае сварочной ванны. Для уменьшения объема сварочной ванны необходимо повысить скорость перемещения горелки или уменьшить скорость подачи электродной

Малая глубина проплавления. Малая глубина проплавления возникает при слишком малом тепловложении в зоне сварки. При недостаточном тепловложении необходимо увеличить скорость подачи электродной проволоки, что, в свою очередь, увеличит сварочный ток. Можно также попробовать уменьшить диаметр проволоки.



## Характерные дефекты MIG/MAG сварки и способы борьбы с ними

Прожог сварного шва. Прожог сварного шва возникает при слишком большой глубине проплавления, т. е. при слишком большом тепловложении в зоне горения дуги. Чтобы устранить образование этого дефекта, необходимо уменьшить скорость подачи электродной проволоки, что, в свою очередь, уменьшит сварочный ток. Можно также увеличить скорость сварки (скорость перемещения горелки). Прожог сварного шва может также произойти при большом зазоре в корне шва. В этом случае необходимо увеличить диаметр сварочной проволоки и совершать небольшие поперечные колебания

## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Мероприятия способствующие предупреждению пористости и образованию наплывов.

- I. Свариваемое изделие должно быть максимально чистым. Жир, нефтепродукты и замазученность должны быть удалены. Для получения качественного шва окалина, ржавчина и различные оксидные покрытия необходимо удалить либо механически, либо химически. Огромное значение это имеет при сварке алюминия.
- II. При сварке углеродистых спокойных, полуспокойных и кипящих сталей использовать только рекомендуемую газовую смесь.
- III. Устанавливать расход защитного газа согласно рекомендациям на выбранный режим сварки. Защищать свариваемое изделие от ветра и сквозняков.
- IV. Электродная проволока должна выходить из сопла горелки строго по центру. При смещении проволоки к какому-либо краю следует, произвести регулировку сварочной горелки.

## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Мероприятия способствующие предупреждению пористости и образованию наплывов.

1. При двухсторонней сварке, когда проплавление не достигло противоположной стороны, нужно убедиться, что второй проход глубоко проходит в первый шов. Если проплавление от первого прохода достигло противоположной стороны или когда имеется зазор в корне шва, необходимо зашлифовать противоположную сторону шва до устранения дефектов. Это требование обязательно при сварке алюминия и при высококачественной сварке углеродистой и нержавеющей сталей.
2. Избегать условий, когда расплавленный металл затекает вперед дуги. Это основная причина образования наплывов, особенно при сварке под уклон.
3. При многопроходной сварке зашлифовать до получения плоской поверхности все сварные валики, которые имеют большую выпуклость и в которых обнаружится плохое сплавление металла шва и основного металла.
4. При многопроходной сварке произвести зачистку поверхности предыдущего валика, если на его поверхности обнаружены включения окислов или шлака.

## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Кроме того, полуавтоматы могут различаться по способу охлаждения горелки, регулировкой скорости подачи проволоки и методикой ее подачи и по конструктивным особенностям. При помощи этого универсального оборудования обеспечивается сварка практически всех труднодоступных мест с высоким качеством защиты сварочной ванны и дуги. Поэтому до 70% сварочных работ выполняется полуавтоматами. Различают полуавтоматы по маркировке.

Первые две буквы в маркировке обозначают тип оборудования и способ сварки: «ПШ» - полуавтомат шланговый, «УД» - установка для дуговой сварки. При помощи третьей буквы в маркировке указывают на способ защиты сварочной дуги: «Г» - газовая, «Ф» - флюсовая. Первая цифра, проставленная после буквенного индекса, указывает величину сварочного тока (в сотнях ампер), а последующие цифры обозначают конкретную модификацию изделия. И наконец, буквенный символ, проставленный после цифрового, обозначает климатическое исполнение полуавтомата: «У» - для эксплуатации в районах с умеренным климатом; «ХЛ» - в районах с холодным климатом; «Т» - тропическое исполнение.





## Горелк

Горелка является одним из важных узлов сварочного полуавтомата. Она предназначена для направления в зону сварочной дуги электродной проволоки, защитного газа или флюса. С помощью горелки возбуждается сварочная дуга, осуществляется формирование и направление струи защитного газа. Конструкции сварочных горелок унифицированы в соответствии с технологическими требованиями. Рукоятка горелки должна быть прочной и удобной в работе, поэтому ее изготавливают в форме, позволяющей обхват рукой сварщика. Для управления сварочным процессом и защиты руки сварщика от ожогов на рукоятке устанавливается предохранительный щиток и пусковая кнопка. Самыми распространенными являются рукоятки круглой или овальной формы.



## Токоведуща

я

Токоведущая направляющая трубка соединяет токопровод с токосъемным наконечником. Конструкция трубки определяется сечением токоведущей части и необходимостью подвода защитного газа. По своему конструктивному исполнению направляющие трубки должны соответствовать требованиям гибкости и достаточной проводимости. Поэтому токопроводы изготавливают из мягкого провода, заключенного в изоляционную оболочку, внутренний диаметр которой выбран таким образом, чтобы по нему можно было пропускать защитный газ или охлаждающую воду. Направляющие каналы токопровода служат для подачи электродной проволоки к сварочной горелке. Они представляют собой металлическую спираль, на которую надета стальная стягивающая оплетка и изоляционная трубка. Спираль может быть одно- или двухзаходной.



## СОПЛО

Наиболее ответственной частью горелки является ее *сопло*, представляющее собой токопроводящий наконечник. Эта деталь горелки работает в условиях высокой температуры и механического воздействия подающейся сварочной проволоки. Поэтому наконечник быстро изнашивается и требует замены. Для снижения изнашиваемости наконечника его хромируют, полируют или изготавливают из твердых составов на медно-вольфрамовой основе. При больших сварочных токах, достигающих более 315 А, применяют принудительное



Применяют два типа наконечников: с поджимным контактом и без поджимного контакта. Поджимной контакт применяется при сварке тонкими электродными проволоками диаметром 0,8-1,2 мм. Простейшей горелкой могут служить две медные трубки, вставленные друг в друга с зазором, по которому защитный газ подается в сопло. Для сварки в стесненных условиях используют сменные горелки различной длины.

Для сварки в стесненных условиях используют сменные горелки различной длины.

# Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов

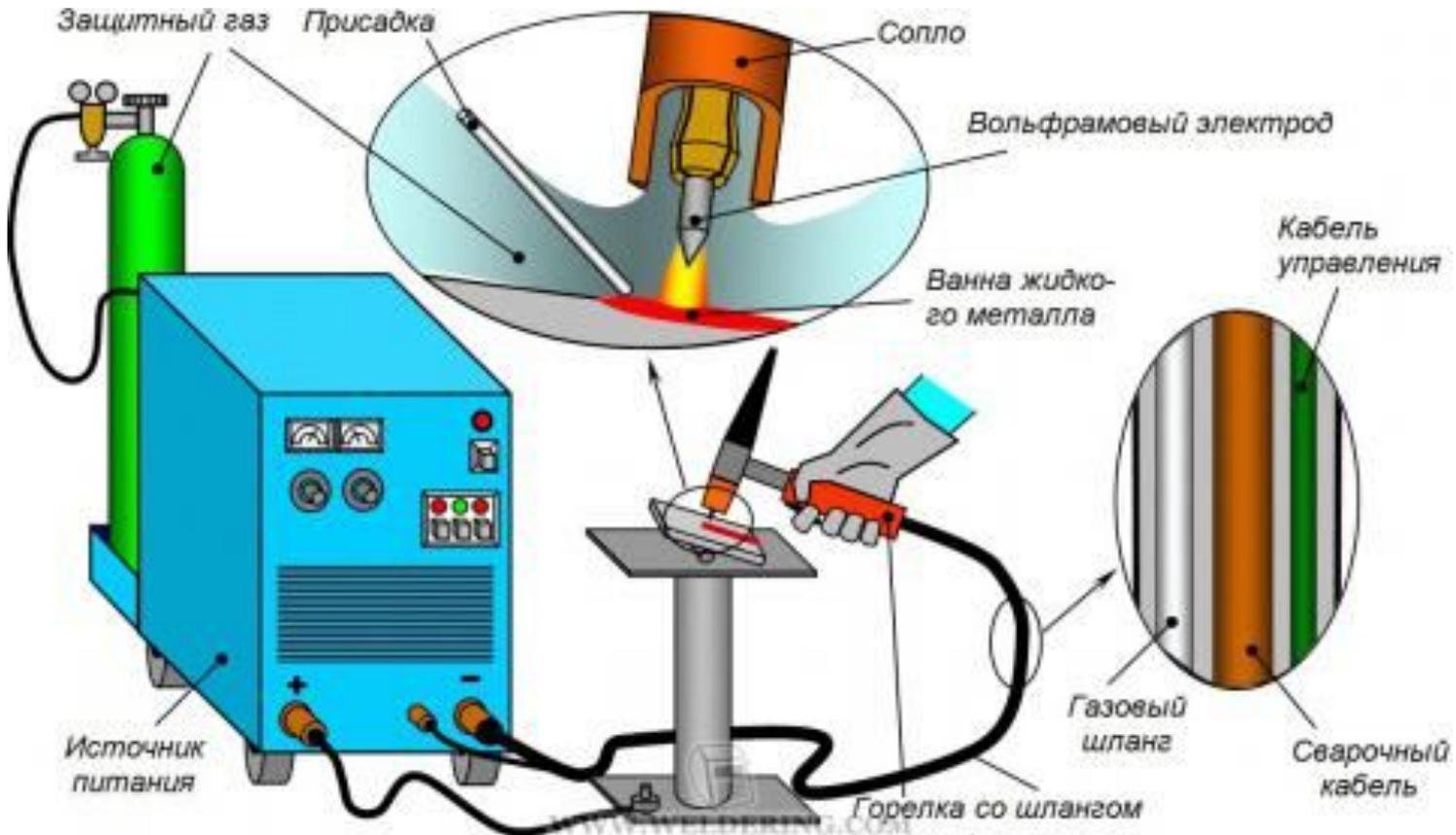


## Технические характеристики унифицированных

Тип горелки	Номинальный сварочный ток, А	Ø электродной проволочки, мм	Длина рукава, м	Габариты горелки, мм	Масса (без рукавов), кг
ДПГ-101-8УЗ	160	0,8-1,2	2	254x60x113	0,45
ГДПГ-101-9УЗ	160	0,8-1,2	1		
ГДПГ-Ю1-10УЗ	160	0,8-1,2	2		
ГДПГ-102-УЗ	160	1,2-1,6	2		266x50x125
ГДПГ-301-6У4	315	1,2-1,4	3		
ГДПГ-301-7У4	315	0,8-1,4	1		
ГДПГ-301-8У4	315	1,2-1,4	3		
ГДПГ-302-У4	315	1,6-2,0	2	268x90x125	
ГДПГ-501-4У4	500	1,6-2,0	3		
ГДПГ-603-У4	630	1,6-2,5	3		

## Сущность процесса сварки

Полное наименование этого процесса сварки таково: Ручная дуговая сварка в инертном газе вольфрамовым электродом (ДСТУ 3761.3-98 "Сварка и родственные процессы. Часть 3 Сварка металлов: соединения и швы, технология, материалы и оборудование. Термины и определения").



## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Кромки свариваемого изделия и присадочный металл расплавляются дугой, горящей между неплавящимся вольфрамовым электродом и изделием. При этом используется электрод либо из чистого, либо из активированного вольфрама. При необходимости в сварочную ванну добавляется присадочный металл. По мере перемещения дуги расплавленный (жидкий) металл сварочной ванны затвердевает (то есть кристаллизуется), образуя сварной шов, соединяющий кромки деталей. Сварное соединение образуется либо только за счет расплавленного основного металла, либо за счет, как основного металла, так и металла присадочной проволоки. Дуга, сварочная ванна, торцы вольфрамового электрода и присадочной проволоки, а также остывающий шов защищены от воздействия окружающей среды инертным газом (аргоном или гелием), подаваемым в зону сварки горелкой. Сварка выполняется либо постоянным током прямой полярности, когда плюсовая клемма источника питания подключается к изделию, а минусовая – к горелке, либо переменным током (при сварке алюминия).



## Область применения сварки

Этот способ сварки широко применяется в химической, теплоэнергетической, нефтеперерабатывающей, авиационно-космической, пищевой, автомобилестроительной и других отраслях промышленности для сварки практически всех металлов и сплавов: углеродистых, конструкционных и нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов, титана, никеля, меди, латуней, кремнистых бронз, а так же разнородных металлов и сплавов; наплавка одних металлов на другие.



## Сварочный источник

Сварочный источник питания обеспечивает сварочную дугу электрической энергией. В качестве источника питания при сварке ТИГ используются:

- сварочные трансформаторы – при сварке на переменном токе;
- сварочные выпрямители и генераторы – при сварке на постоянном токе;
- универсальные источники питания, обеспечивающие, как сварку переменным, так и постоянным током.

Источники питания для сварки ТИГ должны иметь крутопадающую внешнюю вольт-амперную характеристику. Такая характеристика обеспечивает постоянство заданного значения тока сварки при нарушениях длины дуги, например, из-за колебаний руки сварщика.



## Сварка в среде защитных газов имеет такие основные преимущества:

- высокое качество сварных соединений металлов и сплавов разной толщины, малый угар легирующих элементов при сварке в инертных газах;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- возможность наблюдения за образованием шва и легкость механизации и автоматизации процесса.
- Высокие скорости сварки.
- Простота обучения технике сварки.
- Можно делать длинные сварные швы, без необходимости останавливаться и зажигать дугу снова.
- Не требуется очистка сварочного шва после сварки.



## К недостаткам способа

**относят:**

необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги, возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи и в некоторых случаях трудность водяного охлаждения горелок.

## Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Международная система управления и обеспечения качества в сварочном производстве предусматривает применение стандарта ISO 3834-1,2,3,4,5,6-2005 «Требования к качеству сварки», который регламентирует необходимый уровень требований к качеству продукции.

### **ISO 3834 состоит из следующих частей:**

- 1- Критерии для выбора соответствующего уровня требований к качеству;
- 2- Всеобщие требования к качеству;
- 3- Стандартные требования к качеству;
- 4- Элементарные требования к качеству;
- 5- Документы для подтверждения требований ISO 3834-2,3,4;
- 6- Рекомендации по реализации ISO 3834.

## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



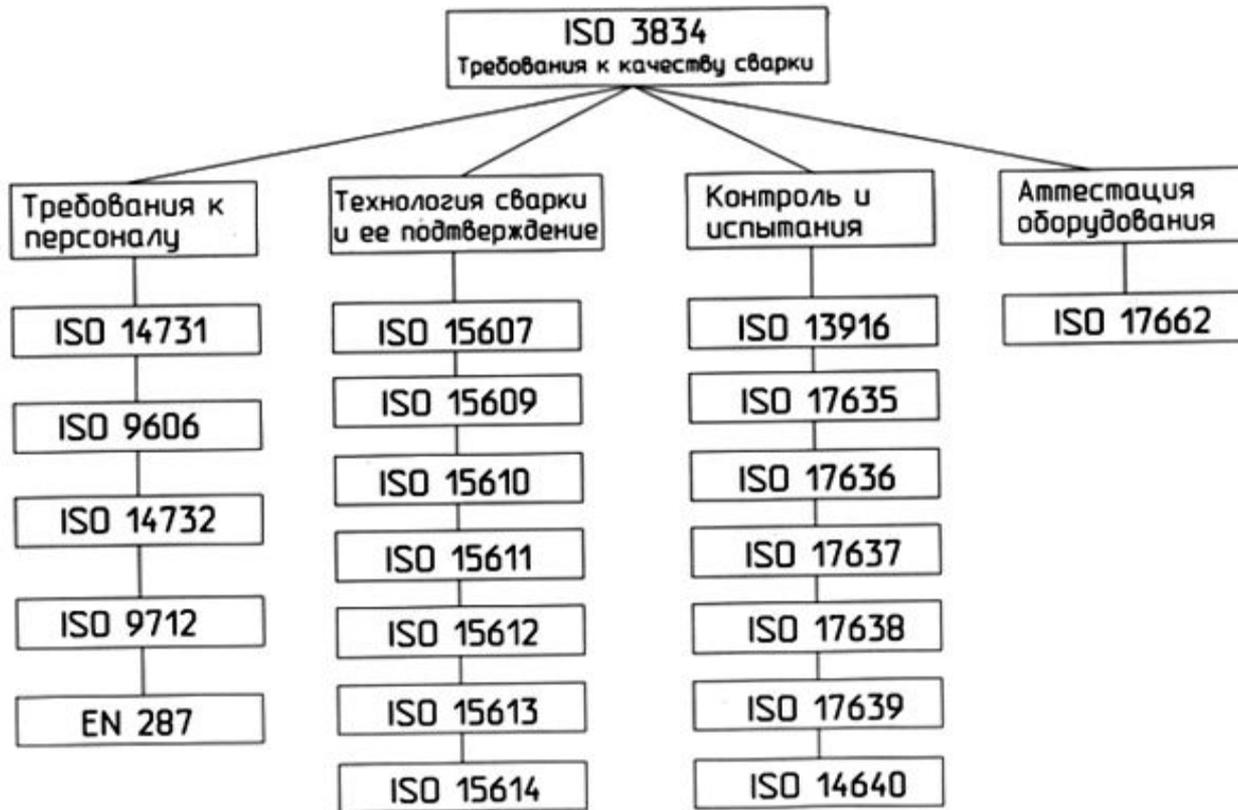
Изготовитель обязан выбрать одну из трех частей, которые регламентируют в зависимости от типа конструкции разные уровни требований к качеству продукции, базируясь на следующих критериях:

- объем и значение критического значения надежности конструкции;
- многоплановость производства;
- номенклатура конструкций;
- номенклатура применяемых материалов;
- объем операций;

# Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Общая схема международных норм по аттестации и качеству сварки



# Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



## Общая схема международных норм по аттестации и качеству сварки

- SO 14731** «Координация сварочных работ. Задачи и обязанности.»
- ISO 9606-1,2,3,4,5** «Аттестация сварщиков. Сварка плавлением.»
- ISO 14732** «Сварочный персонал. Аттестация операторов сварочных установок для сварки плавлением металлических материалов.»
- ISO 9712** «Аттестация персонала по неразрушающему контролю.»
- EN 287** «Подвержение санкционирующему испытанию сварщиков – Сварка плавлением»
- ISO 15607** «Требования и процедура сертификации технологии сварки металлов. Общие правила.»
- ISO 15609** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Инструкция по сварке.»
- ISO 15610** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании применения сертифицированных сварочных материалов.»
- ISO 15611** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании имеющегося сварочного опыта.»
- ISO 15612** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании применения типовой технологии сварки.»
- ISO 15613** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании испытания технологии сварки до начала производства.»
- ISO 15614** «Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки.»

# Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Общая схема международных норм по аттестации и качеству сварки

Процесс	Дуговая сварка	Газовая сварка	ЭЛС	Лазерная сварка	Контакт. сварка	Приварка шпилек	Сварка трением
Общие правила	ISO 15607						
Установка квалификации материалов по группам	ISO 15608			Не применяется		ISO 15608	
Технологическая инструкция по сварке.	ISO 15609-1	ISO 15609-2	ISO 15609-3	ISO 15609-4	ISO 15609-5	ISO 14555	ISO 15620
Применение испытанных сварочных материалов	ISO 15610		Не применяется				
Приобретенный опыт сварки	ISO 15611					ISO 15610 ISO 14555	ISO 15610
Типовая технология сварки	ISO 1612				Не применяется		
Испытания сварки до начала производства	ISO 1613					ISO 1612 ISO 14555	ISO 15620
Испытания технологии сварки.	ISO 15614 - 1-10	ISO 15614 - 1,3,6,7	ISO 15614 - 7,11		ISO 15614 - 12,13	ISO 14555	ISO 15620

# Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Общая схема международных норм по аттестации и качеству сварки

Из приведенных выше стандартам по аттестации технологии на практике в основном применяется ISO 15613 и ISO 15614.

ISO 15614 практически аналогичен ДСТУ 3951-2000.

Разработкой технологии сварки (WPS) занимается изготовитель. Аттестацию технологии по одному из методов и составление протокола (WPQR) проходит при непосредственном участии контролирующего органа зарегистрированного в международном реестре контролирурующих органов. После получения одобрения инструкцию по сварке передают на производство.

**Порядок аттестации сварщика аналогичен, основные положения предусматривает ISO 9606, период переаттестации сварщика каждые 2 года.**

# Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Диапазоны распространения аттестации технологии сварки и сварщиков

Толщина образца (КСС) мм.	Диапазон аттестованных толщин (мм)	
	Однопроходный	Многопроходный
$T \leq 3$	0.7t до 1,3t	0.7t до 2t
$3 < T \leq 12$	0.5t (3min) до 1,3t	3 до 2t
$12 < T \leq 100$	0.5t до 1,1t	0,5t до 2t
$T > 100$	не приемлемо	50 до 2t

# Технологические особенности, оборудование и материалы сварки в среде защитных газов



Диапазоны распространения аттестации технологии сварки и сварщиков

<b>Область действия для толщины материалов и толщины шва угловых швов</b>			
<b>Толщина испытываемого образца t мм</b>	<b>Диапазон аттестованных толщин</b>		
	<b>Толщина материала</b>	<b>Толщина шва</b>	
		<b>Однопроходный</b>	<b>Многопрох</b>
$T \leq 3$	0.7T до 2T	0.7t до 1,5t	Не огранич.
$3 < T < 30$	0.5T(3min) до 1,2T	0.7t до 1,5t	Не огранич.
$T \geq 30$	$\geq 5$	Толщина при сварке	Не огранич.
<b>Диапазоны диаметров контрольного образца, мм.</b>			
<b>Диаметр образца</b>		<b>Область действия</b>	
$D \leq 25$		0.5 D до 2 D	
$D > 25$		0.5 D (25 мм min)	
<p>Образцы диаметром более 25 мм аттестуют так же пластины такой же толщины. Пластины покрывают трубы с диаметром более 500 мм, если сварка выполняется в поворотных позициях PA и PC, с диаметром более 150 мм.</p>			

## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Что касается сварочного оборудования то ISO 3834 предусматривается, что производитель введет систему идентификации, контроля, технического обслуживания и калибровки всего сварочного оборудования, включая назначение особ ответственных за эту работу в соответствии с ISO 17662, во избежания дефектного оборудования на производстве.

## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*



Что касается сварочного оборудования то ISO 3834 предусматривается, что производитель введет систему идентификации, контроля, технического обслуживания и калибровки всего сварочного оборудования, включая назначение особ ответственных за эту работу в соответствии с ISO 17662, во избежания дефектного оборудования на производстве.



**Трубы, используемые для магистралей**, работающих под давлением до 2,53 МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>), изготавливают из мартеновских сталей МСт2, МСт3 и МСт4.

Для магистральных газовых и нефтяных трубопроводов применяют трубы из низколегированных сталей марок 14ГН, 14ХГН, 14ХГС, 15ХГН, 19Г и МК. Эти стали обладают пределом прочности до 500 МПа (50 кгс/мм<sup>2</sup>) при относительном удлинении 18 ... 20% и ударной вязкости при 40° С до 294 кДж/м<sup>2</sup> (3 кгс-м/см<sup>2</sup>). Сортаментом предусмотрены наружные диаметры труб 529, 630, 720, 820 и 1020 мм и толщина стенки 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14 мм.

**Цельнокатаные трубы** также изготавливают из низкоуглеродистой мартеновской стали МСт3 и МСт4 с пределом прочности 350 ... 550 МПа (35 ... 55 кгс/мм<sup>2</sup>) и относительным удлинением 20 ... 25%. Сортаментом предусмотрены наружные диаметры 168, 219, 273, 325, 377 и 426 мм и толщина стенки 4,5 ... 12 мм.

**Магистральные трубопроводы нефтяных заводов**, работающие при высоких и низких температурах, а также трубопроводы для транспортирования жидких и газовых агрессивных веществ, монтируют из цельнокатаных труб. Их изготавливают из легированных жаропрочных и нержавеющих сталей. Наиболее часто применяют стали 10Г2, 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ, Х5, ХБВФ, 12Х5М, 30ХМ, ЭЙ-578,



Для магистральных трубопроводов и трубопроводов нефтезаводов, предназначенных для сред, вызывающих коррозию, применяют трубы из алюминия и его сплавов. Для этих труб ГОСТ 18475-73 и 18482-73 устанавливают сортамент, предусматривающий наружные диаметры 120, 150, 180, 200, 220, 250, 280 мм и толщину стенки 10, 15, 20, 25, 30 мм.

Фасонные части различного назначения, штампованные, гнутые или сварные, предназначены для сборки магистральных и особенно заводских производственных трубопроводов



## *Технологические особенности , оборудование и материалы сварки в среде защитных газов*

Фасонные части применяют для углов поворота, участков ответвления, обвязки различных аппаратов, насосов и других устройств. При монтаже труб диаметром до 529 мм применяют крутоизогнутые угольники, двойники, тройники и переходы, изготавливаемые из стали 20 путем протяжки или штамповки. Для коррозионно-стойких трубопроводов фасонные части изготавливают из сталей 12Х5МА и 1Х18Н9Т. Крутоизогнутые угольники выпускают с наружным диаметром от 48 до 529 мм при толщине стенок от 4,5 до 12 мм и среднем радиусе от 80 до 500 мм. Большое применение получают сварные фасонные части. При этом к качеству сварки предъявляют высокие требования, особенно при монтаже трубопроводов высокого давления. Сварные отводы чаще всего делают из нескольких частей. При этом для удобства монтажа концы труб, привариваемых к отводам, делают с косым срезом. Трубопроводы высокого давления (свыше 10 МПа или 100 кгс/см<sup>2</sup>) монтируют с помощью литых или кованных фасонных частей.



## **Подготовка труб к сварке**

При монтаже магистральных и производственных (технологических) трубопроводов основным способом соединения труб является сварка. При этом сварку трубопроводов, работающих при давлении более 71 кПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), производят с соблюдением правил Госгортехнадзора. Согласно этим правилам к сварке трубопроводов допускаются сварщики, прошедшие специальную подготовку и имеющие соответствующие удостоверения.

Сварку разрешается производить при температуре окружающего воздуха не ниже -20° С, так как при более низких температурах происходит интенсивное насыщение расплавленного металла шва газами (особенно кислородом и водородом). Что вызывает значительную пористость и снижает механическую прочность сварного шва. Трубы из легированных сталей разрешается сваривать при температуре не ниже - 10° С, так как эти стали склонны закаливаться на воздухе с образованием закалочных трещин, иногда выходящих за границы сварного шва.



## Подготовка труб к

Рабочее место сварщика должно ~~быть~~ защищено от ветра, дождя и снега. Основным типом сварного соединения труб является V-образное или чашеобразное стыковое соединение. На качество сварного соединения существенно влияет подготовка кромок труб к сварке и качество сборки стыков.

Подготовка труб к сварке включает

- Правку свариваемых концов,
- Очистку кромок от грязи, масла
- Окислов сборку под сварку.

Для правки свариваемых концов труб применяют различные приспособления механического, гидравлического и пневматического типов.

Большое распространение получили расширители, состоящие из гидравлического домкрата с радиальными колодками, вставляемыми во внутрь трубы. С помощью ручного насоса повышают давление в цилиндре домкрата, в результате чего колодки раздвигаются и, упираясь в стенки трубы, выпрямляют их. Максимальное усилие достигает 784 Н (80 кгс), а правка трубы занимает 4 ... 6 мин. Кромки труб обрабатывают на заводах-изготовителях со снятием фаски под сварку. Обычно угол скоса составляет 25 ... 30°. При отсутствии скоса кромок необходимо снять фаску резцом или резаком-труборезом. В полевых условиях получили большое применение специальные трубообрезные приспособления Киевского экспериментально-механического завода Гидрогаза.



## **Подготовка труб к сварке**

Для кислородной резки стальных труб диаметром до 1620 мм с повышенной точностью Кироваканский завод автогенного машиностроения изготавливает машину «Спутник-3». Машиной можно резать трубы диаметром от 194 до 1620 мм при толщине стенок от 5 до 75 мм. Скорость резки от 150 до 750 мм/мин, потребляемая мощность 100 Вт, масса 20,8 кг. Машину обслуживает один человек. Этим же заводом выпускаются аппараты «Орбита-2», предназначенные, как и «Спутник-3», для резки труб большого диаметра со скосом и без скоса кромок под сварку в полевых условиях.

Очистку свариваемых кромок производят следующим образом. Масло, праймер и органические покрытия удаляют бензином или специальным растворителем. От грязи и ржавчины кромки очищают с помощью стальных щеток или абразивных кругов. Сборка стыков под сварку заключается в совмещении кромок труб таким образом, чтобы совпадали поверхности свариваемых труб и не была нарушена ось нити трубопровода. При этом зазор между кромками должен быть одинаковым по всему контуру свариваемого шва.



## **Подготовка труб к сварке**

Сборка и центровка может быть выполнена вручную, но такой способ очень трудоемкий и не дает требуемой степени точности. В настоящее время в практике применяют специальные приспособления, называемые центраторами. Для сборки стыков магистральных труб большого диаметра применяют внутренние центраторы, которые базируют сборку по внутренней поверхности труб. Наружные центраторы базируют сборку по наружной поверхности труб и поэтому более просты по конструкции. Однако при большой разностенности труб и их эластичности наружный центратор не обеспечивает должного качества сборки. После сборки прихватывают стыки сварными швами длиной 60 ... 80 мм и с расстоянием между прихватками от 300 до 400 мм при диаметре трубы более 300 мм. Прихватки выполняют аккуратно и такими же электродами, какими будет заварен стык; это обеспечивает однородность наплавленного металла и хорошее качество шва.



## **Подготовка труб к сварке**

При сборке внутренним центратором можно рекомендовать вместо прихватки сплошную заварку корня шва в виде первого слоя. Это особенно желательно при низких температурах окружающего воздуха вызывающих большие внутренние напряжения и образование закалочных структур и трещин в металле шва. Способы и режимы сварки Ручную дуговую сварку трубопроводов, несмотря на небольшую толщину соединяемых кромок, выполняют в 2 ... 3 слоя. Многослойная сварка обеспечивает хороший провар корня шва и значительно повышает плотность сварного соединения. Ручную сварку производят с поворотом свариваемых стыков (так называемая сварка поворотных стыков) и без поворота стыков (сварка неповоротных стыков). Сварку поворотных стыков производят следующим образом. Первый слой должен быть наложен так, чтобы обеспечить хорошее проплавление и провар корня шва. При этом для уменьшения образования грата внутри стыка рекомендуется производить сварку в следующей последовательности.



## **Подготовка труб к сварке**

Заваривают первым слоем участки от точки 1 до точки 2 и от точки 4 до точки 3 на всех стыках соединяемой секции труб. Затем секцию поворачивают на 90° и производят заварку участков от точки 4 до точки прихватки и от точки 3 до точки 2. Чтобы не допустить прожога металла, сварку первого слоя производят электродом диаметром 4 мм при величине сварочного тока 120 ... 140 А. Хорошие результаты дают электроды с покрытием УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, СМ-11 и ВСЦ-1. Последующие слои наплавляют электродом диаметром 5 ... 6 мм при токе 200 ... 250 А. Слои наваривают в одном направлении с постепенным поворачиванием свариваемой секции.



## **Подготовка труб к сварке**

Электроды применяют такие же, что и при сварке поворотных стыков. Однако соединение неповоротных стыков является особо ответственной сваркой и выполняется высококвалифицированными сварщиками. При прокладке магистральных трубопроводов ручную сварку применяют для наложения первого слоя шва. Последующий слой заваривают автоматической сваркой под флюсом. Автоматическая сварка под флюсом дает более качественные швы при высокой производительности. Сварку можно выполнить за один проход. Однако неточности сборки, разнородность труб и разделки кромок шва не обеспечивают получения равнопрочного и плотного шва. Поэтому применяют двух и трехслойную сварку. Если первый слой заваривают ручной сваркой, то автоматическую сварку производят в один или два слоя.



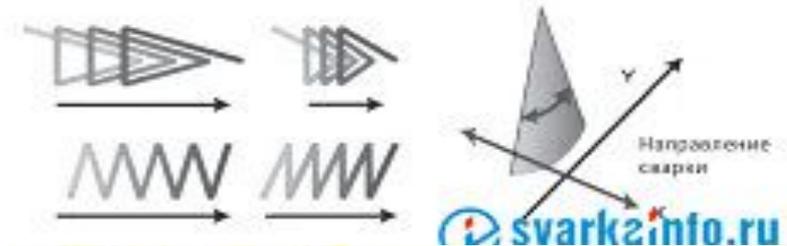


## **НОВЫЕ механизмы перемещения горелок сварочных полуавтоматов**

При сварке аппарат перемещается непосредственно по изделию, удерживаясь на нем при помощи постоянных магнитов, установленных в корпусе аппарата. Направление движения аппарата задается гибкой магнитной направляющей рейкой, способной копировать форму поверхности изделия. В качестве исполнительного устройства в аппарат можно установить сварочную горелку практически любого подающего устройства (полуавтомата).

Механизм колебаний аппарата способен модулировать колебания сварочной горелки поперек стыка от 1 до 25мм и обеспечивать качание горелки вдоль стыка на угол до 30 град, а также совмещать колебания и качания вместе. Траектория движения горелки может корректироваться частотой колебаний и возможностью задания времени остановок (задержек) в крайних правом и левом, а также верхнем положениях.

Возможные траектории движения сварочной горелки:





## НОВЫЕ механизмы перемещения горелок сварочных полуавтоматов

### Сварка прерывистым швом.



Компактный самоходный механизм [Noboruder NB-6W](#) (аппарат) предназначен для сварки сплошным или прерывистым швом горизонтальных угловых Т-образных соединений. Может использоваться при одно- или двухсторонней приварке ребер жесткости высотой до 200мм. При сварке прерывистым швом: длина шва: 10-300 мм, длина прерываний: 10-500 мм, количество повторов сварки и прерываний: 1-60 раз.



## **НОВЫЕ механизмы перемещения горелок сварочных полуавтоматов**

Разобраться в многообразии моделей механизмов перемещения сварочных горелок, адаптировать их для конкретных условий, подобрать режимы сварки помогут квалифицированные специалисты НПФ «Шторм-ИТС».



## Уральское чудо

УЭЗ-46

Ограниченное финансирование (не хватает собственных оборотных средств, а наши банки берут огромные % за кредиты), отсутствие научно-технического сопровождения производств, проблемы контроля качества сырья для изготовления электродов (закупаемое сырьё не всегда соответствует всем требованиям ГОСТов: производители стремятся закупать более дешёвое сырьё, что может сказаться на качестве выпускаемого продукта), нехватка квалифицированных кадров (в России нет ни одного ВУЗа, готовящих технологов производственного процесса по изготовлению сварочных электродов). Большое количество заводов закрылось, не выдержав конкуренции как со стороны отечественных, так и иностранных производителей, которые пришли на наш рынок со своим продуктом. Две иностранные корпорации уже имеют свои электродные производства в России. Это корпорации ESAB (три завода) и Lincoln Electric (один завод).



## Уральское чудо УЭЗ-46.

Руководство завода направило все свои силы на выпуск продукции с высокими сварочно-технологическими свойствами, а так же на разработку новых марок электродов, которые могли бы составить конкуренцию иностранным производителям. Одной из таких разработок стал электрод марки [УЭЗ-46](#) с рутило-целлюлозным покрытием. В разговоре с директором завода я спросил: «А рутил ли вы используете для производства этих электродов»?





Уральское чудо  
УЭЗ-46.

**лектроды [УЭЗ-46](#) особенно эффективны для сварки короткими стежками, сварки металлоконструкций в труднодоступных местах и неповоротных стыков труб, сварки в воде; обеспечивают легкое зажигание дуги и отделение шлака, хорошее формирование сварного шва.**

Электроды [УЭЗ-46](#) одобрены НАКС по следующим группам тех. устройств: ГДО, ГО, КО, МО, НГДО, ОТОГ, ОХНВП, ПТО, СК.

ООО «Уральский Электродный завод» г.  
Среднеуральск



## Уральское чудо

УЭЗ-46.

были проведены независимые испытания электродов [УЭЗ-46](#).

Испытания подтвердили отличные сварочно-технологические свойства электродов, при высочайших показателях механических свойств наплавленного металла особенно при отрицательных температурах ударная вязкость KCV при -40°C составила 108 Дж/см<sup>2</sup>.

В центральном федеральном округе об этих электродах мало кому известно. И когда их предлагаешь людям, многие с опаской относятся к новой марке электродов отечественного производства. Но есть предприятия (их пока не много), которые берут пробные партии, а через месяц сварщики просят именно эти электроды и отказываются варить электродами других марок. Но самое интересное - ранее эти предприятия использовали электроды иностранных производителей. Разве это не чудо?

И очень коротко об ещё одной разработке Уральского Электродного Завода – электрод марки [УЭЗ-308Р](#). Он предназначен для сварки стабилизированных и нестабилизированных нержавеющей сталей марок: 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Б, 08Х18Н12Т и им подобных. Это рутиловый электрод легированный ниобием. Электрод с отличными сварочно-технологическими свойствами и единственный рутиловый электрод российской разработки для сварки выше



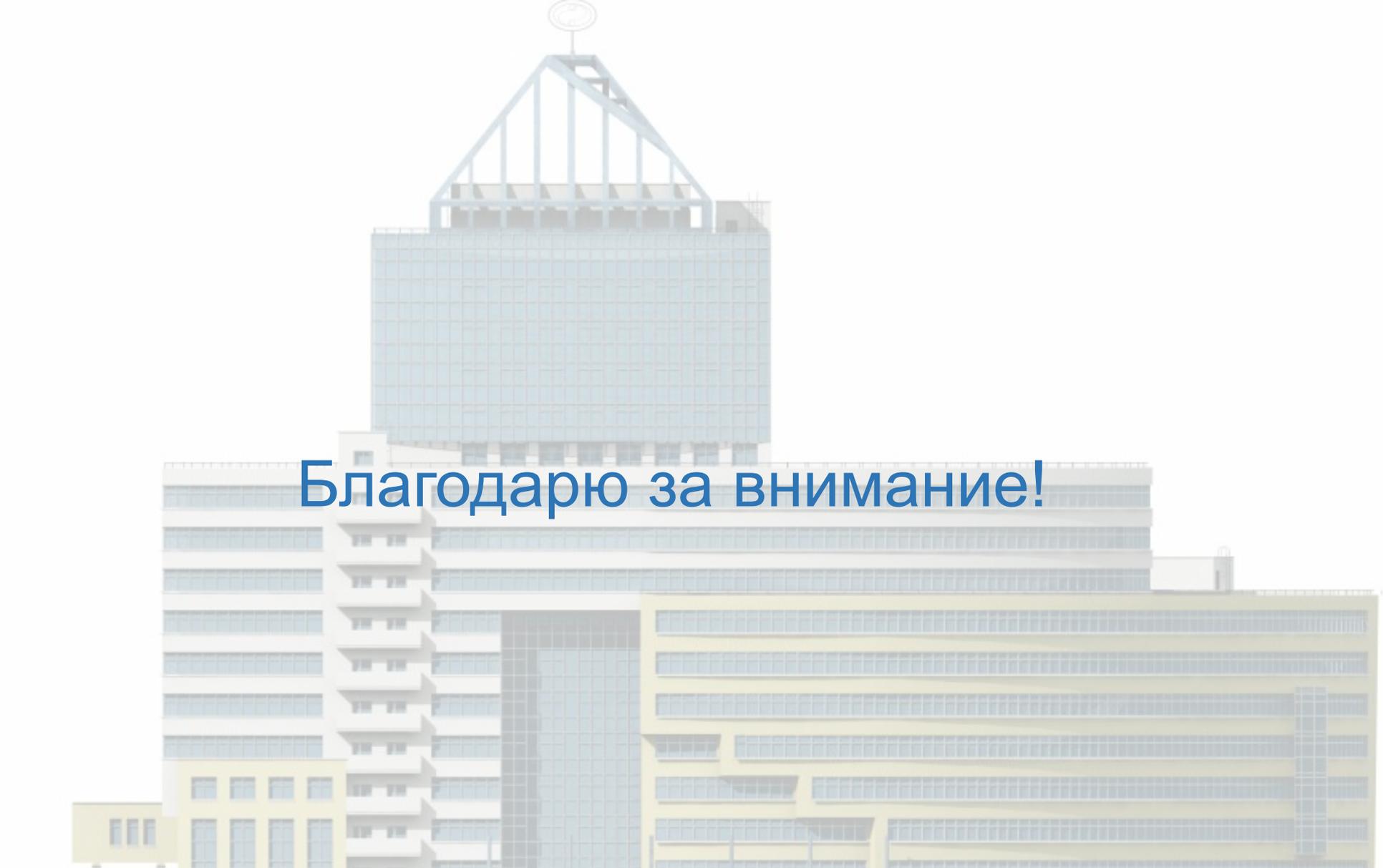
Нефтяная  
промышленность



Машиностроени  
е



Газовая  
промышленность



Благодарю за внимание!

