

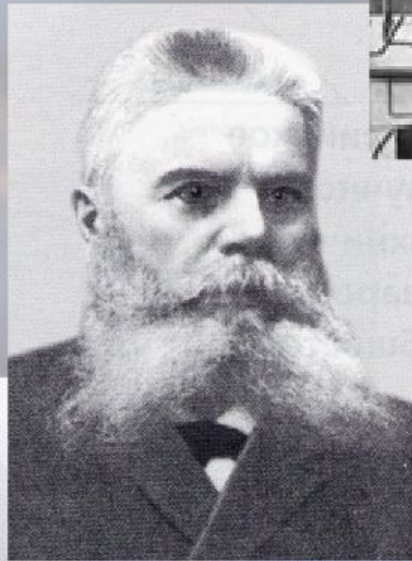


# **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ**

# РОЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В РАЗВИТИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА



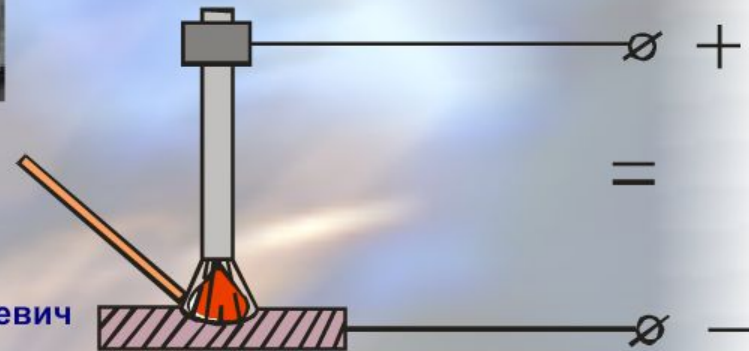
**Петров В. В.**, русский ученый, в 1802 году открыл явление электрического расплавления металлов.



**БЕНАРДОС**

**Николай Николаевич**  
(1842-1905)

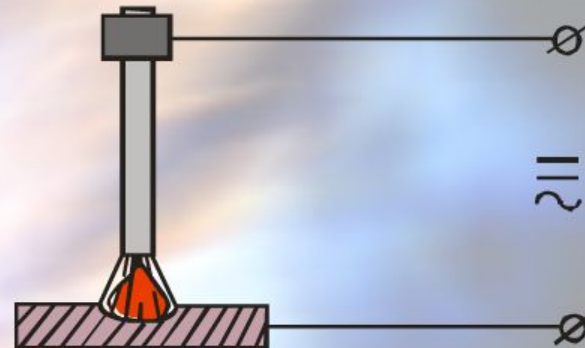
Выдающийся русский инженер, основоположник электродуговой сварки неплавящимся углеродным электродом.



**СЛАВЯНОВ**

**Николай Гаврилович**  
(1854-1897)

Русский инженер – металлург. Создатель способа дуговой сварки плавящимся металлическим электродом.



# ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Полная тепловая мощность сварочной дуги равна эквиваленту ее электрической мощности.

$$Q = U \cdot I_{CB}, \text{ Дж/с}$$

**Тепловой баланс:  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ ,**

где

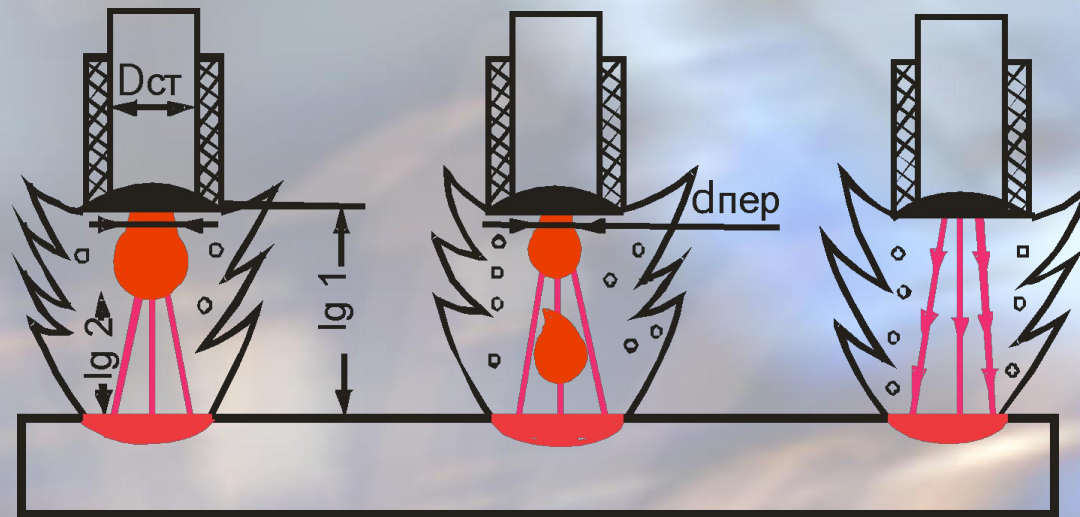
$Q_1$  – 55% - поглощение основного металла;

$Q_2$  – 25% - перенос с каплями расплавленного металла;

$Q_3$  – 15% - плавление флюса (обмазки);

$Q_4$  – 5% - потеря на разбрызгивание.

# ФОРМА ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА



до  $50 \text{ A/mm}^2$  – крупные капли;

$50 \dots 100 \text{ A/mm}^2$  – мелкие капли;

более  $100 \text{ A/mm}^2$  – наблюдается струйный перенос.

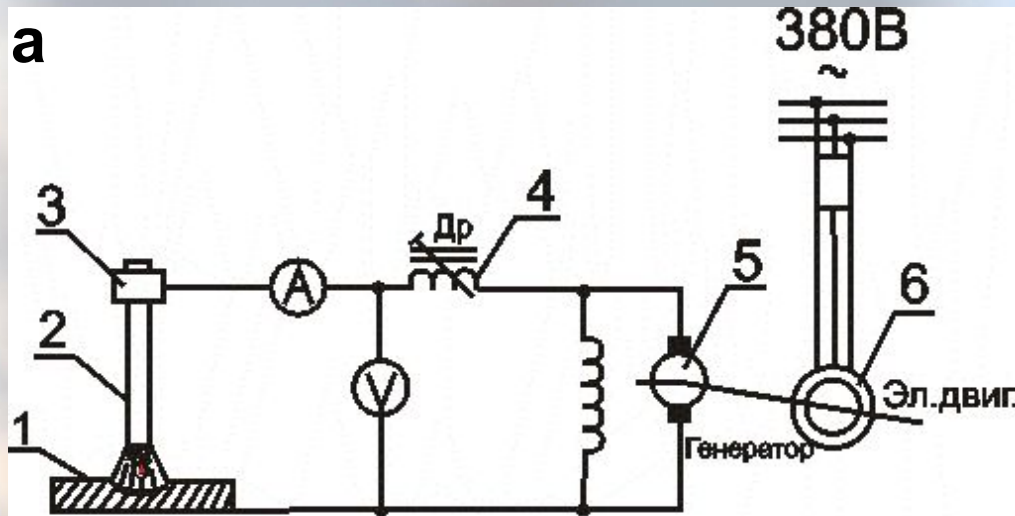
Отрыв капли металла сварочной проволоки и перенос происходит под воздействием силы тяжести, поверхностного натяжения, электромагнитной силы.

При потолочной и вертикальной сварке капли жидкого металла переносятся под действием электромагнитных сил и давления газов.

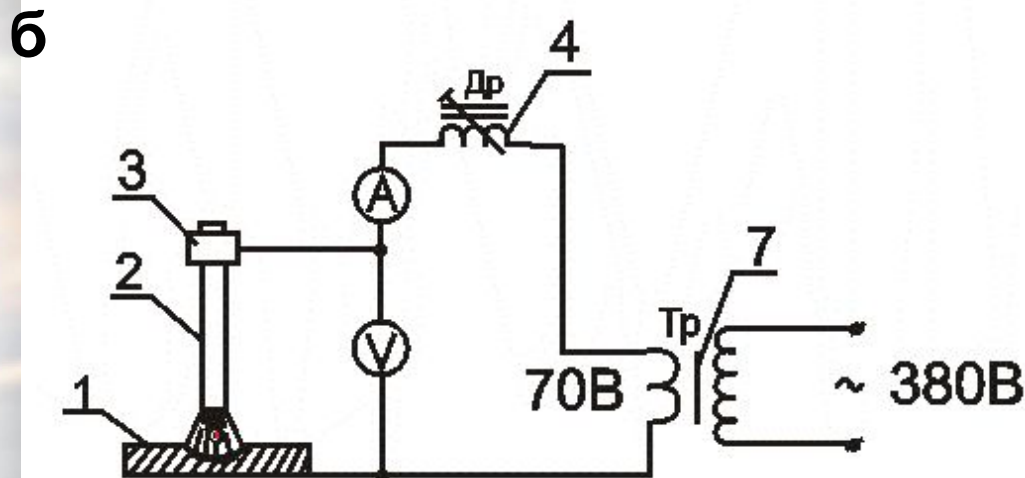
# СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ И НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДАМИ



# ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СВАРКИ



**а** – постоянным током;  
**б** – переменным током



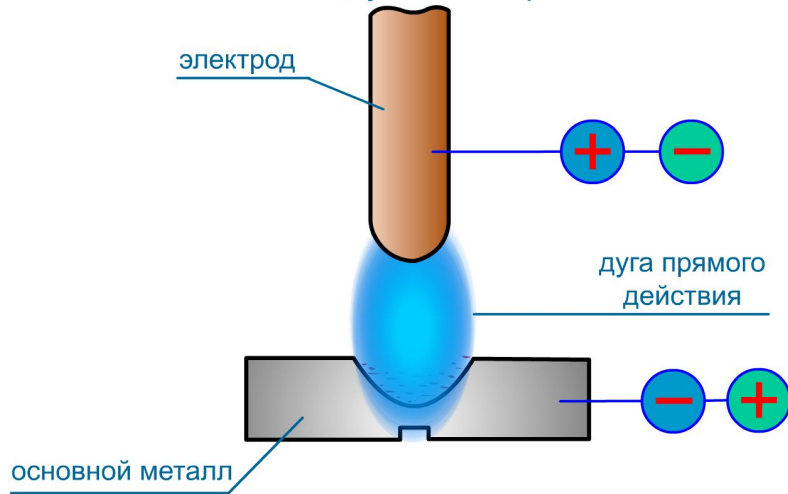
1 – деталь;  
2 – электрод;  
3 – электрододержатель;  
4 – регулятор тока (дроссель);  
5 – сварочный генератор;  
6 – электродвигатель;  
7 – сварочный трансформатор

# РОД И ПОЛЯРНОСТЬ ТОКА

	– ПОСТОЯННЫЙ	~ ПЕРЕМЕННЫЙ
<p><b>Прямая</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>● Сварка с глубоким проплавлением основного металла</li><li>● Сварка низко- и среднеуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 5 мм и более электродами с фтористо-кальциевым покрытием: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др.</li><li>● Сварка чугуна</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей (типа 09ГС) в строительномонтажных условиях электродами с рутиловым покрытием</li></ul>
<p><b>Обратная</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>● Сварка с повышенной скоростью плавления электродов</li><li>● Сварка низколегированных низкоуглеродистых сталей (типа 16Г2АФ), средне- и высоколегированных сталей и сплавов</li><li>● Сварка тонкостенных листовых конструкций</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Сварка при возникновении магнитного дутья</li><li>● Сварка толстолистовых конструкций из низкоуглеродистых сталей</li></ul>

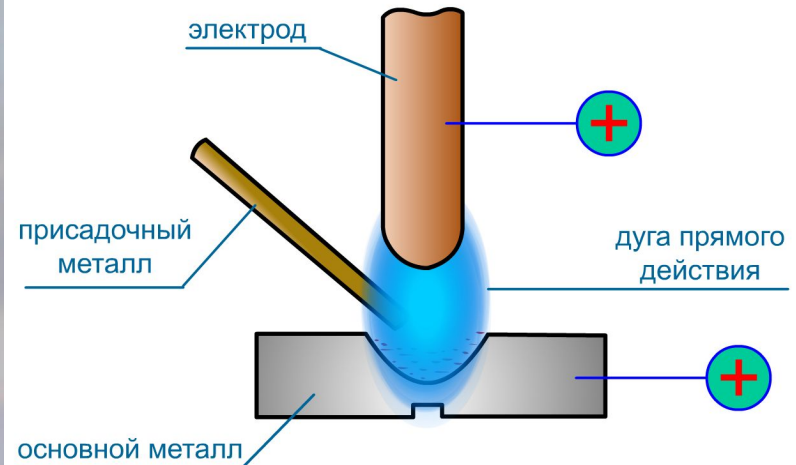
# СХЕМЫ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Схема дуговой сварки



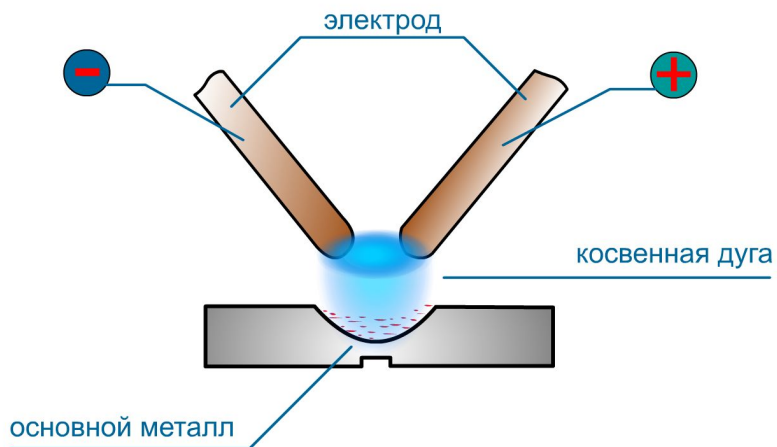
**сварка дугой прямого действия**

Схема дуговой сварки



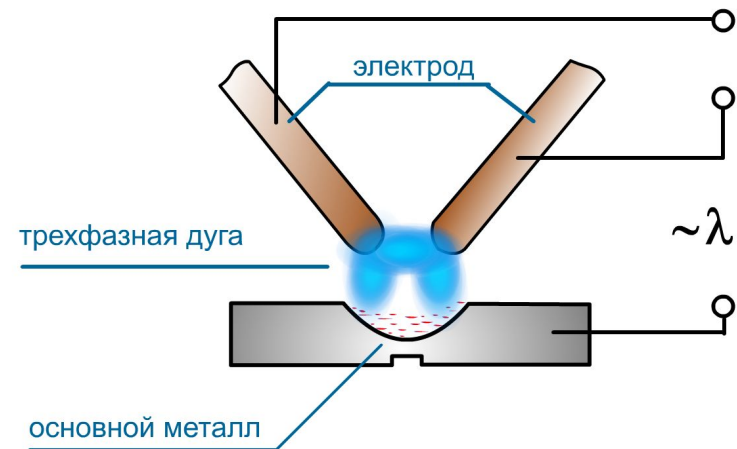
**с присадочным материалом**

Схема дуговой сварки



**сварка косвенной дугой**

Схема дуговой сварки

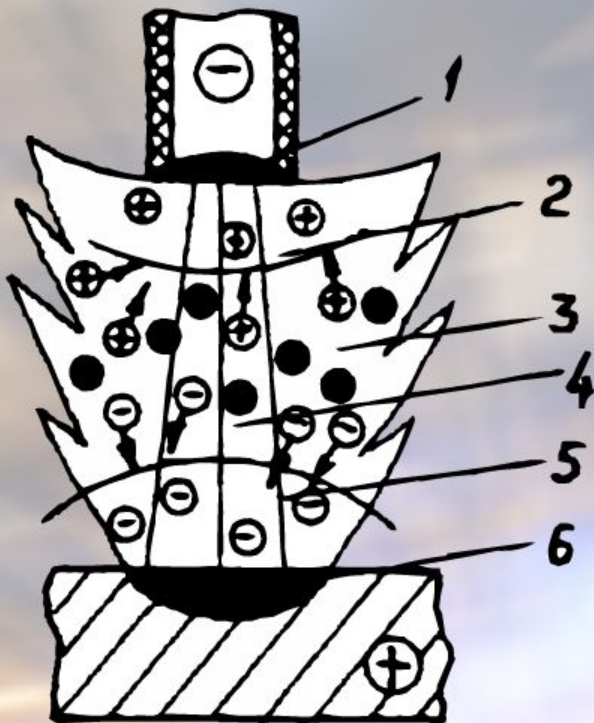


**сварка трехфазной дугой**



# СХЕМА ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

Электрической дугой называют мощный устойчивый электрический разряд в ионизированной токопроводящей газовой среде между электродом и изделием.



1 – Катодное нагретое пятно  $t = 2000-2500^{\circ}\text{C}$

2 – Катодная зона.

Объемный заряд положительно заряженных частиц

3 – Ионизированная газовая среда

4 – Столб дуги  $t = 7000-7500^{\circ}\text{C}$

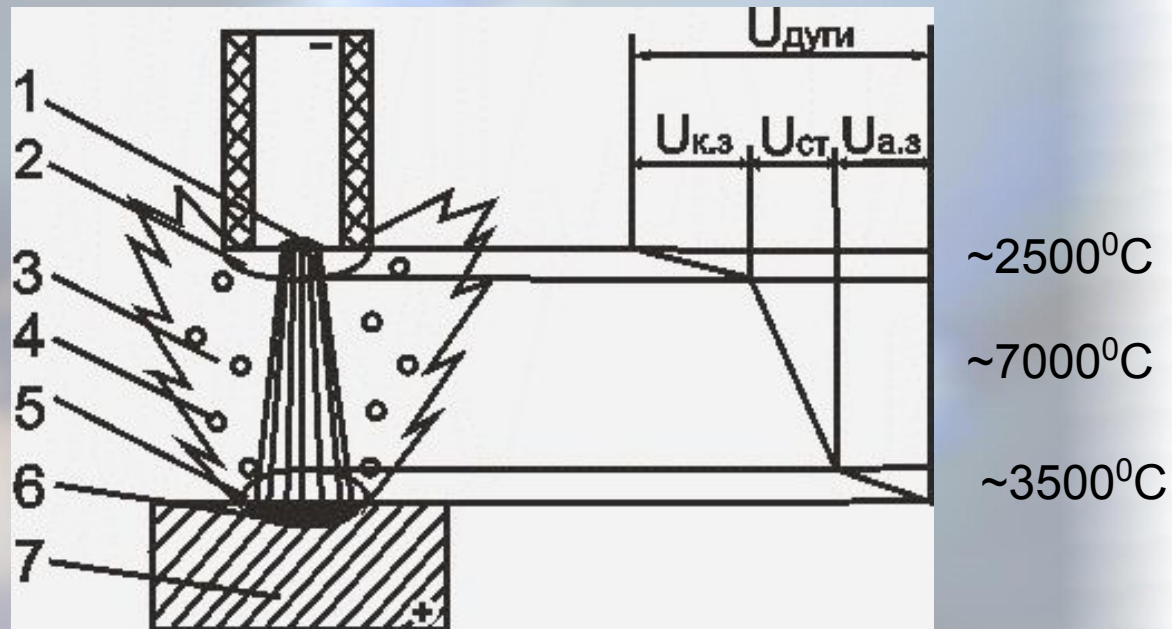
5 – Анодная зона.

Объемный заряд отрицательно заряженных частиц

6 – Анодное нагретое пятно  $t = 2500-3000^{\circ}\text{C}$

# СТРОЕНИЕ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

- 1 – катодное нагретое пятно;
- 2 – катодная зона;
- 3 – столб дуги;
- 4 – ионизированная газовая среда;
- 5 – анодная зона;
- 6 – анодное нагретое пятно;
- 7 - деталь



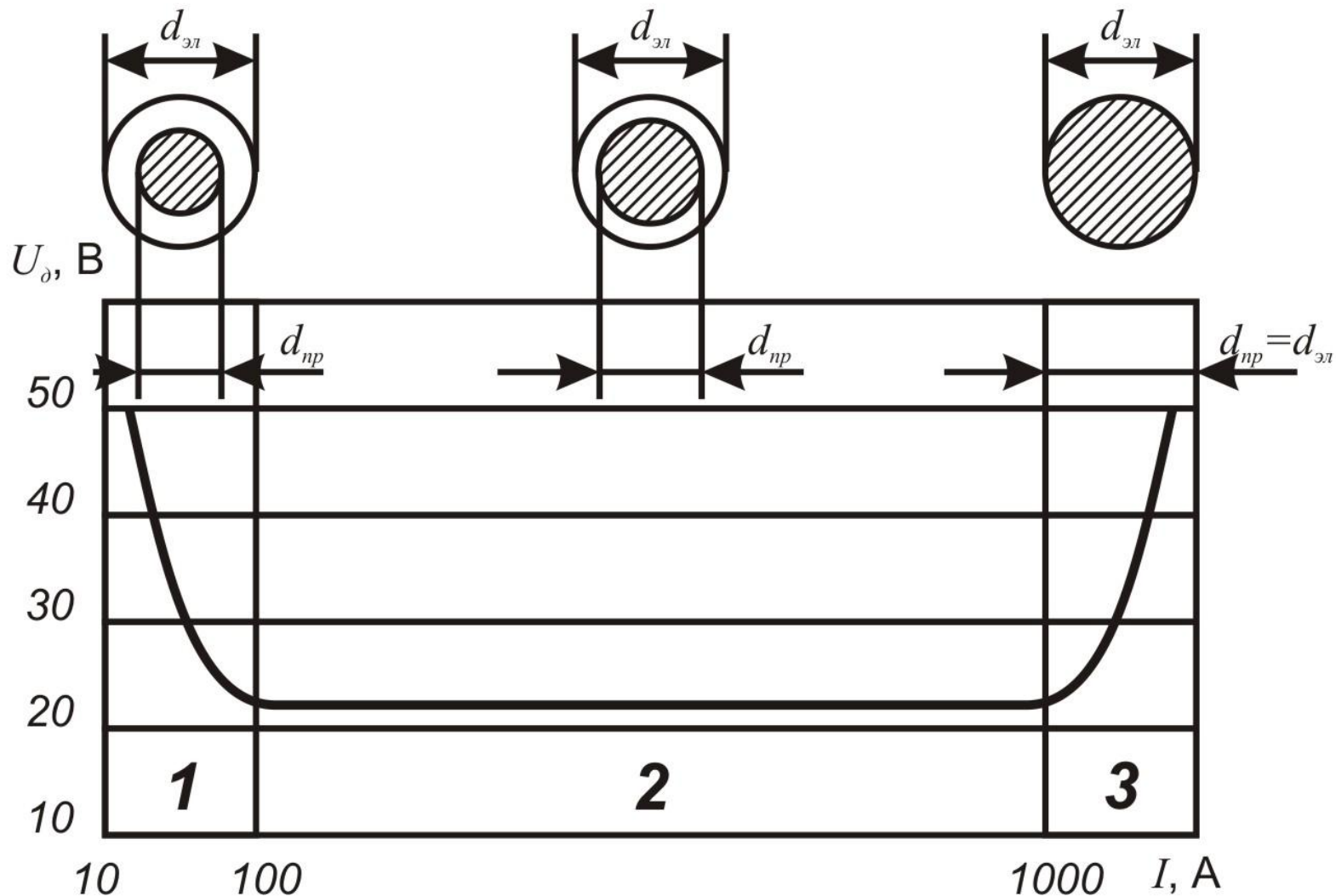
Напряжение электрической сварочной дуги (В) складывается из падения напряжения в трех ее составных зонах:

$$U_{д} = U_{к.з.} + U_{ст.} + U_{а.з.},$$

где:  $U_{к.з.}$  - падение напряжения в катодной области, В,  
 $U_{ст.}$  - падение напряжения в столбе дуги, В,  
 $U_{а.з.}$  - падение напряжения в анодной области, В.

# Статическая характеристика сварочной дуги

Зависимость между напряжением дуги и током (при  $I_{\phi} = const$ ) называется статической вольт-амперной характеристикой дуги.



# ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ

**Коэффициент расплавления:**

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I \cdot t}, \quad [\text{г/А} \cdot \text{ч}]$$

где  $\alpha_p$  — коэффициент расплавления;

$G_p$  — масса расплавленного за время  $t$  электродного металла, г;

$t$  — время горения дуги, ч;

$I$  — сварочный ток, А

**Коэффициент потерь:**

$$\psi = \frac{G_p - G_n}{G_p} \cdot 100\%$$

где  $\psi$  — коэффициент потерь;

$G_n$  — масса наплавленного металла, г;

$G_p$  — масса расплавленного металла, г.

**Коэффициент наплавки:**

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I \cdot t}, \quad [\text{г/А} \cdot \text{ч}]$$

где  $\alpha_n$  — коэффициент наплавки;

$G_n$  — масса наплавленного металла, г;

$t$  — время горения дуги, ч;

$I$  — сварочный ток, А

# РЕЖИМЫ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

## Основные

- Сварочный ток;
- Напряжение дуги;
- Скорость сварки;
- Род и полярность тока

## Дополнительные

- Положение шва в пространстве;
- Число проходов;
- Температура окружающей среды

# РАСЧЁТ СВАРОЧНОГО ТОКА

Зависимость диаметра электрода от толщины свариваемого изделия

Толщина металла, мм	1-2	3	4-5	6-8	9-12	13-15	16 и более
Диаметр электрода, мм	1,5-2	3	3-4	4	4-5	5	6

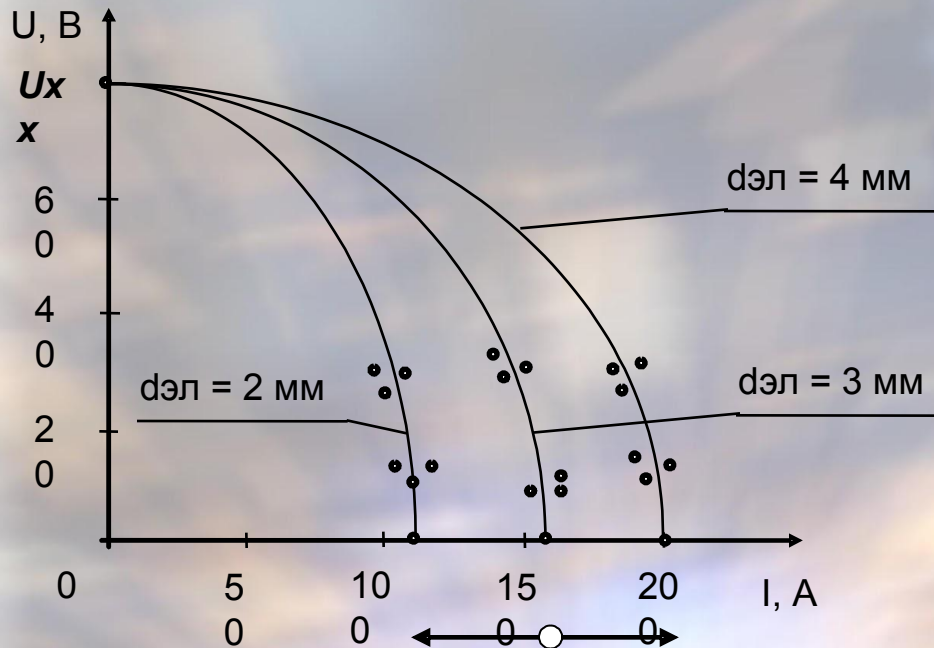
## Расчёт сварочного тока

Диаметр электрода $d = 3-6$ мм	Диаметр электрода $d < 3$ мм
$I = (20+6d)dk$	$I = 30dk$

Для нижних швов  $k=1$   
Для вертикальных швов  $k=0,9$   
Для потолочных швов  $k=0,8$

# ЗАВИСИМОСТЬ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ОТ ДИАМЕТРА ЭЛЕКТРОДА

Смещение вольтамперной характеристики



Удельный ток, приходящийся на один миллиметр диаметра электрода должен составлять  $I_{уд} = 40-50$  А/мм.

Длина сварочной дуги

Максимальная	Минимальная
$L_{д} = 0,5 d_{э}$	$L_{д} = d_{э} + 1$

# СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МАТЕРИАЛЫ

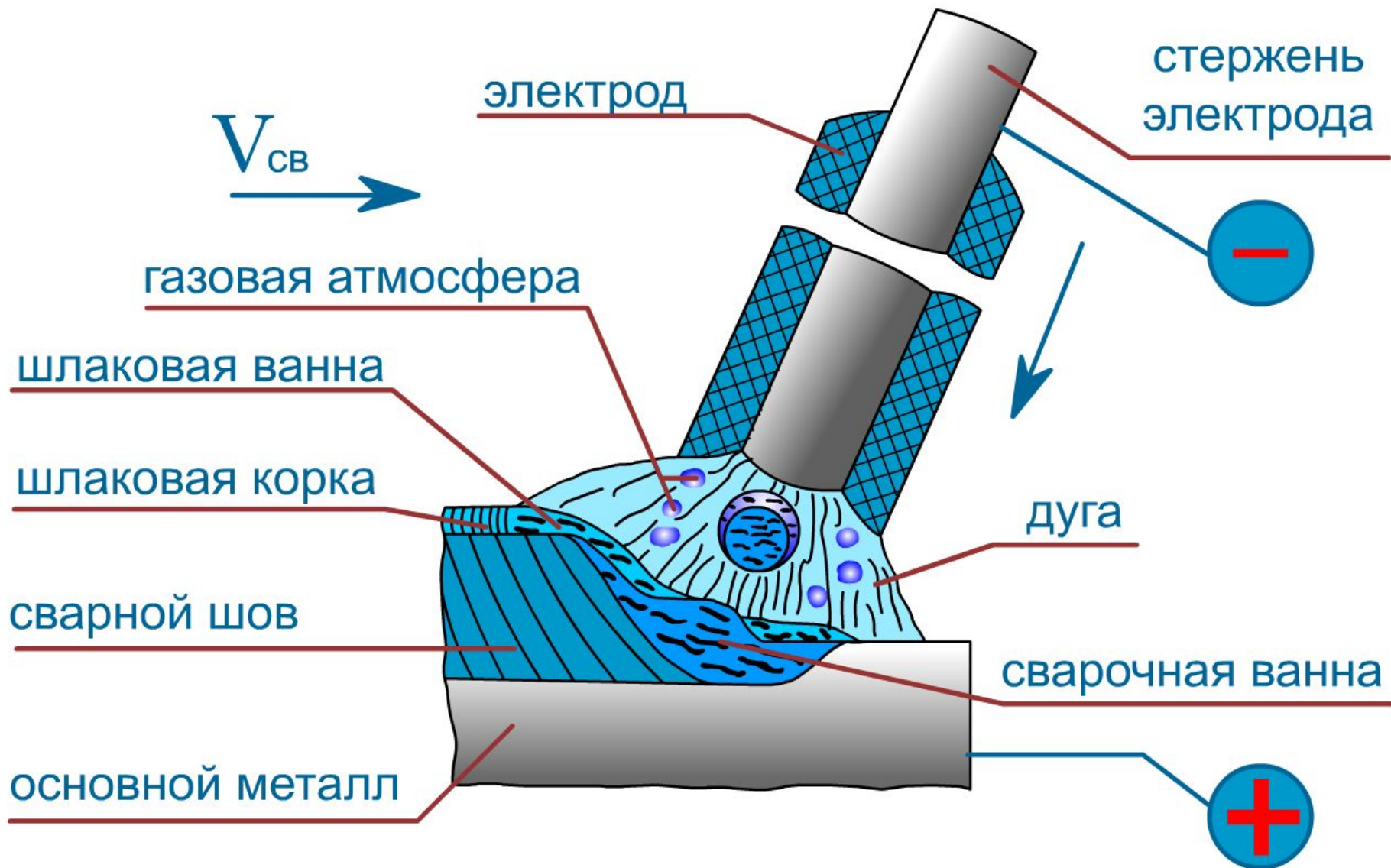
СВАРОЧНЫЕ  
ЭЛЕКТРОДЫ

СВАРОЧНАЯ  
ПРОВОЛОКА





# Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом



# СОСТАВ ПОКРЫТИЙ И ФУНКЦИИ КОМПОНЕНТОВ

- Стабилизирующие вещества предназначены для устойчивого горения дуги. К ним относятся соединения щелочных и щелочно-земельных металлов калия, натрия, кальция и др.
- Раскислители (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан) применяют для восстановления окисленного в процессе сварки металла. Кроме того эти же ферросплавы служат легирующими материалами и увеличивают содержание марганца, титана и других элементов в металле шва.
- Газообразующие материалы (мрамор, магнезит, крахмал, оксицеллюлоза, древесная мука) образуют защитный газ, защищающий зону сварки от попадания кислорода, водорода и азота из окружающего воздуха.
- Шлакообразующие (полевой шпат, кремнезем, магнезит, мрамор) образуют шлаковый покров на поверхности расплавленного металла шва. Шлак уменьшает скорость охлаждения и затвердевания металла шва, способствует выходу из него газовых и оксидных включений. После остывания сварного соединения необходимо сколоть с него шлаковую корку.
- Связующие и цементирующие (калиевое жидкое стекло  $K_2O \cdot SiO_2$ , натриевое жидкое стекло  $Na_2O \cdot SiO_2$ ) связывают все компоненты покрытия.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ

ПО НАЗНАЧЕНИЮ		ОБОЗНАЧЕНИЕ
Сварка углеродистых и низколегированных сталей конструкционных с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа	9 типов Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60	У
Сварка легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа	5 типов Э70, Э85, Э100, Э125, Э150	Л
Сварка легированных теплоустойчивых сталей	9 типов Э09М, Э09МХ и др.	Т
Сварка высоколегированных сталей с особыми свойствами	49 типов Э12Х13, Э06Х13М, Э10Х17Т и др.	В
Наплавка поверхностных слоев с особыми свойствами	44 типа Э10Г2, Э11Г3, Э16Г2ХМ и др.	Н

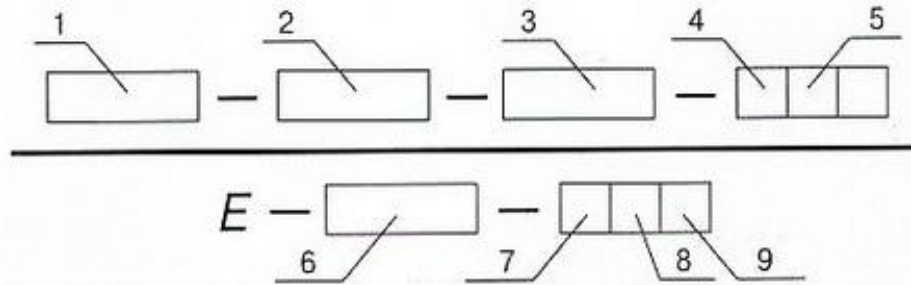
ПО ВИДУ ПОКРЫТИЯ		ОБОЗНАЧЕНИЕ
Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. Не рекомендуется для сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Недостаток: возможны трещины в швах, сильное разбрызгивание	Кислые	А
Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током	Рутиловые	Р
Сварка постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях металла большой толщины	Основные	Б
Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. Целесообразны на монтаже. Не допускают перегрева. Большие потери на разбрызгивание	Целлюлозные	Ц
Сварка конструкций и трубопроводов во всех положениях шва, кроме потолочного, при низком расходе на 1 кг наплавленного металла	Смешанного типа	РЦЖ*
*С железным порошком		

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ

ПО ДОПУСТИМЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЯМ ШВА	
Для сварки во всех положениях	<b>1</b>
Для сварки во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз	<b>2</b>
То же, кроме вертикального сверху вниз и потолочного	<b>3</b>
Для швов нижнего и нижнего " в лодочку"	<b>4</b>

ПО РОДУ И ПОЛЯРНОСТИ СВАРОЧНОГО ТОКА		
Переменный ток (U <sub>xx</sub> , В)	Постоянный ток (полярность)	Обозна- чение
Не применяется	<b>обратная</b>	<b>0</b>
<b>50 ± 5</b>	любая	<b>1</b>
	прямая	<b>2</b>
	обратная	<b>3</b>
<b>70 ± 10</b>	любая	<b>4</b>
	прямая	<b>5</b>
	обратная	<b>6</b>
<b>90 ± 5</b>	любая	<b>7</b>
	прямая	<b>8</b>
	обратная	<b>9</b>

# МАРКИРОВКА СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

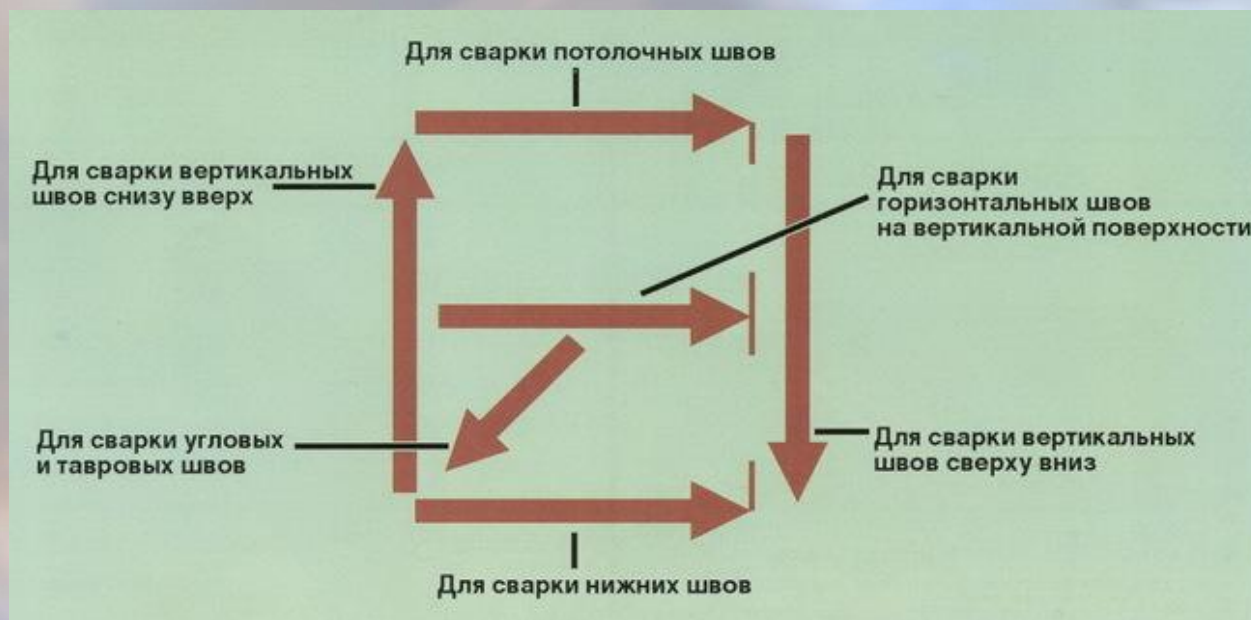


1-тип; 2-марка; 3-диаметр, мм; 4- обозначение назначения электродов; 5-обозначение толщины покрытия; 6-группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75; 7-обозначение вида покрытия; 8- обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки; 9-обозначение рода тока, полярности, номинального напряжения холостого хода источника переменного тока.

Назначение: сварка углеродистых и низколегированных сталей

Тип электрода, прочностная характеристика 420 МПа	Марка электрода	Диаметр электрода 3 мм	Покрытие толстое
Э42А	УОНИ-13/45	3,0	УД
<b>Э42А - УОНИ-13/45 - 3,0 - УД</b>			
<hr/>			
Группа индексов, указывающая на прочностные характеристики металла шва по ГОСТ 9467-75	Постоянный ток, обратная полярность	Допустимое пространственное положение - любое	Покрытие основное
E432(5)	Б	1	0
<b>E432(5) - Б 1 0</b>			
<b>ГОСТ 9466-75</b>			
<b>ГОСТ 9467-75</b>			

# МАРКИРОВКА СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ



# МАРКИРОВКА СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК

Условные обозначения легирующих элементов в марках сталей и марках сварочных проволок

Элемент	Обозначение		Элемент	Обозначение	
Ниобий	Nb	Б	Бор	В	Р
Вольфрам	W	В	Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Медь	Cu	Д	Ванадий	V	Ф
Кобальт	Co	К	Хром	Cr	Х
Молибден	Mo	М	Цирконий	Zr	Ц
Никель	Ni	Н	Алюминий	Al	Ю

2 Св-08ХЗГ2СМ: углерода - 0,08...0,1%; хрома- 2,0...3,0%; марганца - 2,0...2,5%; кремния - 0,45...0,75% и молибдена- 0,3...0,5%.