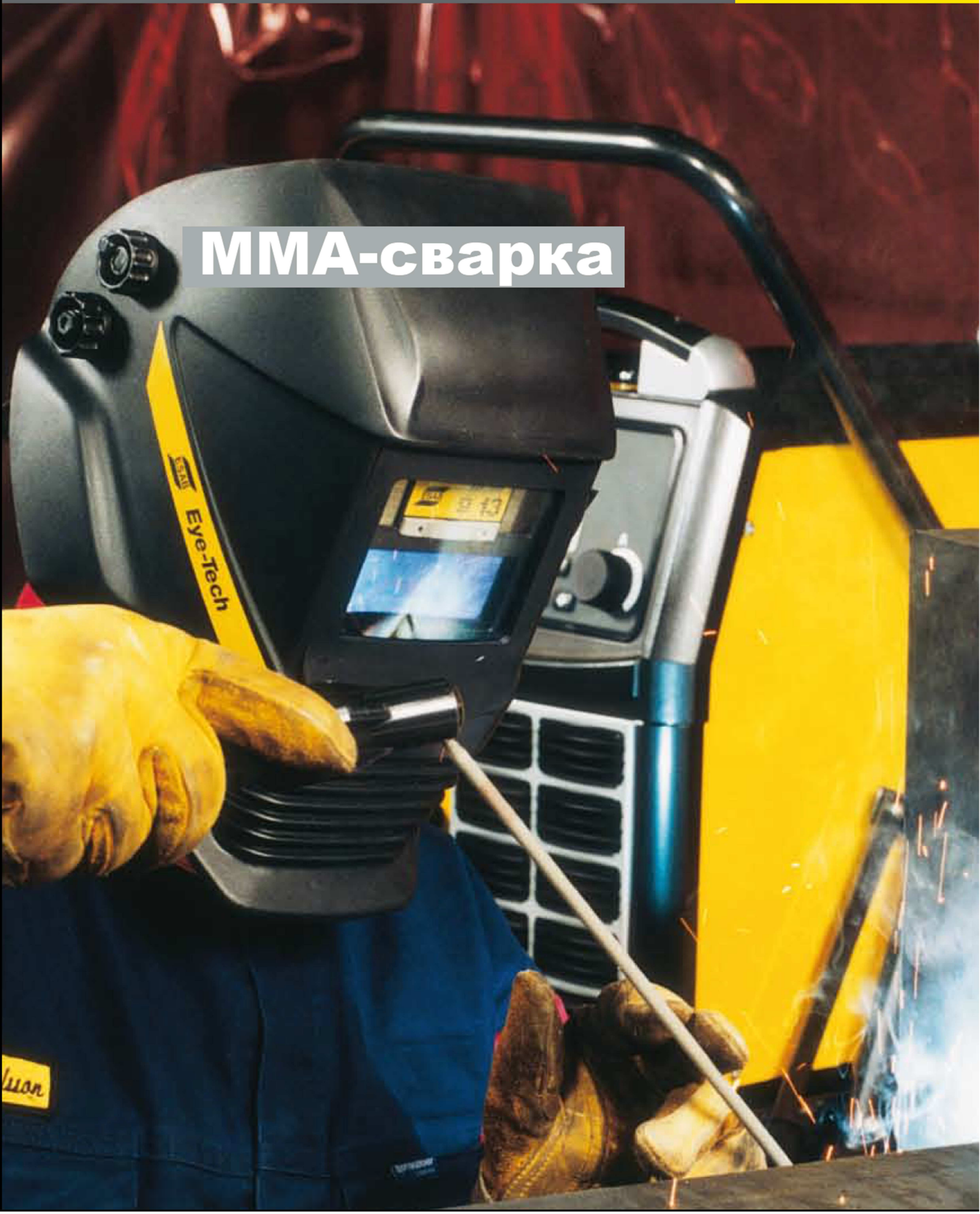


**ESAB** ОБУЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА



# ММА-сварка



# Содержание

Из истории сварки.....	3
Покрытые электроды.....	5
<i>Органические электроды.....</i>	<i>6</i>
<i>Кислые электроды.....</i>	<i>6</i>
<i>Рутиловые электроды.....</i>	<i>7</i>
<i>Основные электроды.....</i>	<i>7</i>
Сварка покрытыми электродами.....	8
<b>Некоторые термины, относящиеся к процессу сварки покрытыми электродами .....</b>	<b>9</b>



Термин «сварка» впервые был введен в употребление в начале 20 века, хотя процесс как таковой был уже известен в течение многих лет. В настоящее время сварка объединяет в себе целый ряд процессов, которые грубо можно подразделить на сварку давлением и сварку плавлением, при этом в истории человечества первые были известны уже тысячи лет назад. Сварки плавлением впервые стала возможной в 19 веке, когда были созданы источники тепла, позволяющие получить достаточную для этого процесса температуру.

Сварка давлением происходит, когда нагретые до температуры, ниже температуры плавления, соединяемые поверхности сдавливаются друг с другом. Их нагрев можно производить в угольной печи, газовым пламенем или электричеством.

Так называемая сварка плавлением происходит при более высокой температуре, которую можно достичь газовым пламенем или электричеством.

Библейский персонаж Тубал-Каин, из книги «Бытие» Ветхого Завета, был описан как первый кузнец-ремесленник, научивший остальных людей изготавливать изделия из меди и железа. На сегодняшний день кузнецов осталось не так уж и много, но мы продолжаем восторгаться их профессиональными навыками, однако их производительность и качество нас уже не устраивают. Номенклатура их продукции весьма ограничена из-за достаточно узкого перечня применяемого оборудования и инструмента.

Индустриальное развитие и прогресс середины 19 века потребовали от

промышленности создание более крупных и жизнеспособных стальных конструкций, что потребовало разработки новых методов соединения материалов. Основная сложность, связанная с соединением крупногабаритных заготовок, заключалась в дефиците источников нагрева, способных вырабатывать достаточно высокую температуру, способную в локальной зоне разогревать материал до температуры плавления. Уголь был не способен справиться с данной задачей и не вырабатывал нужного количества тепла, а газы, способные выработать необходимое тепло, в то время еще не были открыты.

Английский ученый Томпсон, работавший в то время в США, проводил эксперименты с электричеством. Зажав два листа между медными электродами, и пропустив через них кратковременный электрический ток, ему удалось получить сварную точку. Метод был достаточно эффективен, однако требовал очень большого количества энергии, а потому был пригоден только для соединения относительно тонкостенных изделий.

В 1882 году российский изобретатель Бенардос запатентовал метод, при котором дуга, создаваемая в воздушном промежутке между угольным электродом и заготовками, плавил обе соединяемые кромки и подаваемый со стороны присадочный материал. Несмотря на серьезные недостатки данного метода, связанные с тем, что расплавленная ванна ни каким образом не была защищена от окружающего воздуха, а застывший металл содержал в себе огромное количество пор и окислов, он представлял некоторый практический интерес. Бенардос внедрил этот метод в производстве по изготовлению паровых котлов, где шов зачеканивался за счет проковки сварочной ванны. Тогда же в обращение вошел термин «пайка железом».

Десять лет спустя метод Бенардоса развил его соотечественник Славянов, заменивший угольный электрод на стальную проволоку, которая выполняла роль как электрода, так и присадочного материала. В результате удалось избавиться от ряда неприятных показателей, характерных для изначального процесса.

Примерно это же время французы Пиккард и Фуче презентовали метод газовой автогенной сварки. Источником газа являлся карбид кальция, который был получен при сплавлении в электродуговой печи углерода и кальция. При реакции карбида кальция с водой образовывался газ, названный ацетиленом  $C_2H_2$ . При его горении в кислороде создавалось пламя с температурой более  $3000^{\circ}C$ , которой хватало для локального плавления крупногабаритного изделия. Наплавленный металл обладал великолепными характеристиками, а соединение имело желаемые свойства. Сварной шов получался чистым, т.к. при реакции ацетилена с кислородом образуются окись и двуокись углерода ( $CO$  и  $CO_2$ ). Именно они создают тот барьер, который предотвращает насыщение расплавленного металла газами из окружающего воздуха.

С этого момента данный метод приобрел огромный успех, однако, образующийся в результате реакции с водой газ, при определенных условиях, склонен к взрыву, т.к. скорость его горения в два раза превосходит вторую космическую скорость. Случаи возникновения обратного удара были обычным явлением, особенно до тех пор, пока не были придуманы системы защиты от этого удара, оборудование производящее газ взрывалось, приводя к человеческим жертвам и материальным потерям. Транспортировка этого

газа была невозможна, т.к. при повышении давления ацетилен претерпевал структурные изменения, сопровождающиеся выделением тепла и взрывом. Некоторое время спустя было обнаружено, что ацетон при повышении давления ацетилена на одну атмосферу может растворить в себе 25 объемных частей этого газа. Это означает, что при давлении 10 атмосфер, емкость с 10 литрами ацетона вмещает в себя 2500 литров ацетилена. К сожалению, ацетон постепенно испаряется из емкости и она становится взрывоопасной. Образуется газовая полость, в которой газ, находящийся под давлением может начать полимеризоваться с выделением тепла и последующим взрывом.

Эта проблема была решена Густафом Даленом, который исключил образование газовых полостей, заполнив емкость пористой массой, например одним из вариантов которой может быть материал



Оскар Келберг

изготавливаемый из цемента, древесных опилок и кизельгура. Ацетон внутри сосуда распределяется по пористой массе и объем можно безопасно под давлением заполнить ацетиленом. Он назвал свое изобретение газовым аккумулятором, а в 1902 г. основал фирму известную в наше время под названием AGA – Aktiebolaget Gas Ackumulator (Газоаккумуляторная компания).

В это же время Оскар Келберг, житель Шведской провинции Верmland, занимался ремонтом котлов на Гетеборгской верфи с использованием метода плавильника Славянова. Для улучшения сварочно-технологических характеристик процесса и качества наплавленного металла он нанес на поверхность стального стержня обмазку из смеси силиката натрия, толченого угля, оксида кальция и целлюлозы. Данная смесь, сгорая в дуге, образует газы  $CO$  и  $CO_2$ . Этот метод сварки дал ожидаемый результат: образующийся при данном процессе защитный газ позволил получить великолепный результат, поле чего данный метод получил одобрение морского страхового объединения «Регистр Ллойда», и было запатентовано Келбергом под названием «кратерообразующий покрытый электрод». В 1904 году Оскар Келберг создал фирму известную под названием ESAB – Elektriska Svetsningsaktiebolaget (Электросварочное акционерное общество). Два года спустя в литературный обиход вошел термин «Сварка».

## Покрытый электрод

Электродная проволока выполняет функцию, как электрода, так и присадочного материала. Легирование электродной проволоки стараются максимально адаптировать тот материал, для сварки которого данный электрод предназначен. Но это не значит, что электродная проволока обладает требуемыми механическими свойствами. Окончательный состав наплавленного металла в значительной степени

зависит от ее комбинации с обмазкой. Состав обмазки может изменять ударную вязкость наплавленного металла. При производстве электродов используются различные химикаты и минералы. В состав обмазки штучного электрода может входить до тридцати компонентов. Ниже приведены некоторые из этих компонентов и их назначение.



### Формирующие шов

- Железный порошок
- Ферросилиций
- Ферромарганец
- Ферросплавы

### Шлакообразующие

- Ильменит
- Диоксид циркония
- Циркониевый порошок
- Кварц
- Полевой шпат
- Каолин
- Плавиновый шпат
- Фторид кальция

### Газообразующие

- Известняк
- Магнезит
- Доломит
- Целлюлоза

### Смазывающие и связующие

- Клейковина
- КМЦ (карбоксил метил целлюлоза)
- Альгинаты
- Силикаты калия, натрия или лития
- Вода
- Щелок

### Назначение обмазки:

- Ионизация и стабилизация дуги
- Образование защитного газа
- Образование шлака
- Введение раскислителей
- Легирование

### Назначение шлака:

- Формирование поверхности шва
- Создание защитной корки
- Нейтрализация вредных веществ

В зависимости состава обмазки электроды по типам подразделяются на органические (целлюлозные), кислые, основные и рутиловые. Обмазка органических электродов в основе своей состоит из органических компонентов, таких как целлюлоза, древесная мука и т.п. Термины кислые и основные не означают, что в состав покрытия входят кислоты или гидроксиды, а возникли они исходя из типов оксидов использованных в составе обмазки этих электродов. Свое название рутиловые электроды получили из-за того, что большинство шлакообразующих компонентов их обмазки вырабатываются из минерала рутила. Обычно рутиловые электроды по факту являются кислорутиловыми, хотя существуют и рутил-основные.



<b>Электродная проволока:</b>	Металлический стержень покрытого электрода
<b>Обмазка электрода:</b>	Формирует шлак, облегчает ионизацию, образует защитный газ, вводит раскислители, вводит легирующие элементы
<b>Образовавшиеся капли:</b>	При переходе сквозь дугу капли металла защищены шлаковой оболочкой
<b>Газовая защита:</b>	Защищает расплавленную ванну от кислорода окружающего воздуха
<b>Дуга:</b>	Проводник для электрического тока через газовый промежуток
<b>Разбавление присадки в основном материале:</b>	70% присадочный материал 30% основной металл
<b>Шлак:</b>	Защищает кристаллизующийся металл от кислорода и формирует поверхность наплавленного валика
<b>Расплавленная обмазка:</b>	Некоторые компоненты испаряются, некоторые переходят в шов, а остальные формируют шлак

## Органические электроды

### Компоненты обмазки:

Целлюлоза

Древесная мука

Силикаты

Вода

Данный тип электродов обладает достаточно низкой производительностью, но имеют хорошие сварочно-технологические свойства при сварке в различных пространственных положениях. Они образуют очень мало шлака, который легко удаляется. Поверхность наплавленного валика имеет слегка выпуклую форму, а механические свойства наплавленного металла удовлетворительные значения. Их основным назначением является сварка трубопроводов в положении вертикаль на спуск.

## Кислые электроды

### Компоненты обмазки:

Кварц

Известняк

Ферромарганец

Полевой шпат

Оксид железа

Вода

Т.к. в состав обмазки этих электродов входит железный порошок, данный тип электродов отличается высокой производительностью и великолепными сварочно-технологическими характеристиками при сварке в нижнем положении. Шлаковая корка пористая и легко удаляется. Эти электроды позволяют выполнять сварку с высоким тепловложением и имеют ярко выраженную способность к глубокому проплавлению. Поверхность наплавленного валика гладкая и имеет вогнутую форму, а механические свойства наплавленного металла достаточно хорошие. Т.к. в сварном шве достаточно высока доля участия основного металла, наплавленный металл достаточно чувствителен к загрязнениям, которые могут привести к образованию пор или горячих трещин. Основной областью применения этих электродов является сварка конструкционных низкоуглеродистых нелегированных сталей.

## Рутиловые электроды

<b>Обмазка:</b>	Данные электроды характеризуются простотой ведения сварочного процесса и легкостью повторного зажигания. Они формируют внешне очень привлекательный шов и ими легко выполнять сварку по зазору. Шлаковая корка достаточно толстая и легко удаляется. Рутиловые
Рутит (TiO <sub>2</sub> )	
Силикаты	
Известняк	
Слюда	
Ферромарганец	
Возможна целлюлоза	
Вода	

электроды отличает крайне высокая нечувствительность к образованию пор, а сопротивляемость к горячим трещинам почти такая же хорошая, как у электродов с основной обмазкой. Высокое содержание водорода в наплавленном металле ограничивает их применение углерод-марганцовистыми сталями. Основной областью применения этих электродов является сварка стандартных конструкционных сталей, судовых сталей класса А и сталей нормальной прочности (с пределом прочности до 500 МПа).

## Основные электроды

<b>Обмазка:</b>	На сегодняшний день только среди электродов с обмазкой данного вида можно найти электроды LMA типа (с низкой склонностью к поглощению
Фторид кальция	
Ферромарганец	
Силикат железа	
Железный порошок	

влаги). Перенос присадочного материала можно охарактеризовать как крупнокапельный. В сравнении с рутиловыми электродами, их поджег является затруднительным, повторный поджег очень труден, а шлак также удаляется на много сложнее. Поверхность как углового, так и стыкового шва является выпуклой, а проплавление основного металла достаточно глубокое. Основными преимуществами электродов с основной обмазкой являются высокая чистота наплавленного металла, заключающаяся в низком содержании в нем нежелательных включений, а также его высокие механические характеристики в сочетании с высокими показателями ударной вязкости.

Существуют и другие типы покрытий. Например электроды на основе прутков из никеля или железно-никелевого сплава, предназначенные для сварки чугунов, имеют в составе обмазки графит.

В состав обмазки электродов на основе прутков из алюминиевых сплавов, предназначенных для сварки алюминия, входят соединения фторидов и хлоридов. Такая обмазка образует флюс, который удаляет тугоплавкую окисную пленку, создающую изолирующий барьер между основным и присадочным материалами, приводящую к образованию несплавления.

Железная пудра, входящая в состав обмазки, повышает производительность электрода. Чем больше железного порошка, тем выше его производительность. Электроды с высоким содержанием в обмазке железной пудры называются электродами с высоким коэффициентом наплавки. Данный коэффициент, это процентное отношение веса электродной проволоки к весу наплавленного металла. Например, вес металла, наплавленного на пластину в нижнем положении электродом, стержень которого весит 100 г, а в обмазке отсутствуют железный порошок и легирующие элементы (органические электроды) составляет 80 г. Недостающие 20 г ушли на угар и разбрызгивание. Коэффициент наплавки данных электродов достаточно низкий и составляет 80%.

Обычно у электродов, в состав обмазки которых добавляется железный порошок, коэффициент наплавки составляет 105-140%. Однако, за счет этой пудры коэффициент можно поднять до 250%. Такие электроды называют электродами с высоким коэффициентом наплавки. Добавление железного порошка легко позволяет уменьшить диаметр электродной проволоки, делая процесс сварки более мягким, снижает потребление энергии, повышая КПД процесса. Электроды с высоким коэффициентом наплавки образуют большую сварочную ванну, а потому применяются только для сварки в нижнем положении.

Выбор электрода зависит от свойств основного металла. Стали подразделяется на нелегированные, низколегированные и высоколегированные. Соответственно электроды также подразделяются на нелегированные, низко-, высоко- и супер-легированные, по видам обмазки на органические, кислые, основные или рутиловые, а по коэффициенту наплавки на электроды с низким, нормальным и высоким коэффициентом наплавки.

Термин «суперлегированный электрод» означает, что в наплавке они образуют сплав с очень высоким содержанием легирующих элементов и применяются для сварки разнородных сталей и сплавов.

## Сварка покрытым электродом

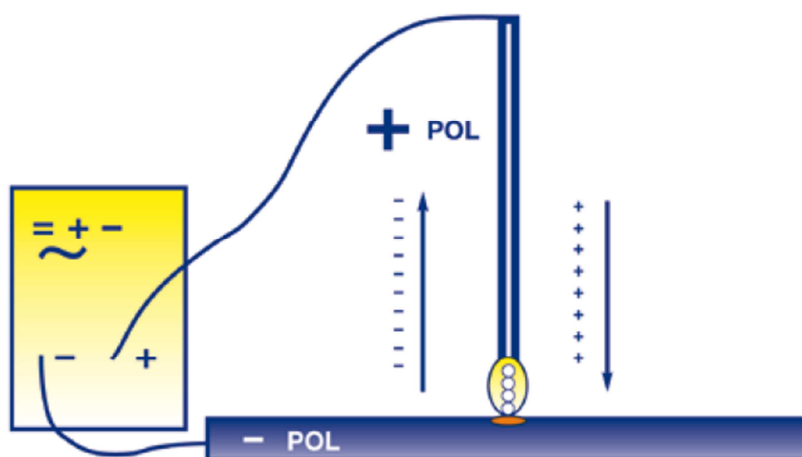


Схема сварки изделия

Дуговая сварка металлическим электродом работает по следующей схеме. Источник питания подключается к электрической сети. Он трансформирует сетевые параметры в сварочные, выдавая на выходе необходимые характеристики напряжения и тока, которые далее обычно выпрямляются. Электрод подключается к положительному полюсу, называемому анод, а изделие к отрицательному, называемому катод. Ток начинает циркулировать по цепи, когда электрод касается изделия. В этот момент ток короткого замыкания проходит через конец электрода. Резистивное тепло оплавляет неровности на конце электрода, при этом в воздушном промежутке формируется дуга, через которую начинает протекать электрический ток.

Электрический ток, это движущиеся электроны. Они излучаются катодным пятном на изделии. Они также высвобождаются из атмосферы дуги. Электроны имеют отрицательный заряд, и они с высокой скоростью притягиваются к положительному аноду, при столкновении с которым приобретенная ими кинетическая энергия превращается в тепло. Изначально атом электрически нейтрален, т.к. с одной стороны ядро атома имеет положительный заряд, а с другой электрон отрицательно заряжен. Когда один или несколько электронов отрываются от атома, он превращается в положительный ион. Положительные ионы притягиваются к отрицательному катоду, при столкновении с которым их кинетическая энергия также превращается в тепло.

Когда один или несколько электронов покидают атом, он превращается в положительно заряженный ион. Этот положительно заряженный ион притягивается отрицательным катодом, где

его кинетическая энергия превращается в тепло. Кроме того, происходит так называемая эмиссия электронов, когда они, покидая атом, ионизируют дуговой промежуток. Величина потенциала ионизации оказывает непосредственное влияние на стабильность дуги, для чего в обмазку добавляют специальные вещества ионизаторы.

Температура дуги настолько высока, что твердые, жидкие и газообразные вещества образуют смесь из молекул, положительных ионов и свободных отрицательных электронов, превращаясь в плазму. Ее температура может превосходить  $30\,000^{\circ}\text{C}$ . Электромагнитная сила удерживает дугу, и излучается электромагнитная волна в УФ-диапазоне.

Переносимый от плавящегося электрода металл защищен шлаком, который обволакивает капли при их перемещении к расплавленной ванне. Шлак также забирает из расплавленной ванны загрязнения. Затем он всплывает на поверхность сварочной ванны, т.к. имеет меньшую плотность, и, затвердевая после металла, образует корку. Она защищает разогретый докрасна металл, который имеет высокое сродство к кислороду.

Под воздействием тепла дуги некоторые компоненты обмазки, первый и самый главный из которых оксид кальция, сгорая, образует смесь газов  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ . Эти продукты горения оттесняют окружающий воздух и защищают жидкую сварочную ванну от насыщения кислородом, азотом и водородом. В противном случае, если бы горячая ванна кристаллизовалась бы в окружении воздуха, газы, входящие в ее состав, образовывали бы оксидные, нитридные и гидридные включения, а также поры в сварном шве.



## Некоторые термины, относящиеся к процессу сварки покрытыми электродами

В каталоге сварочных материалов компании ЭСАБ «Welding Handbook» даны описания всех электродов. Там указаны материалы, для сварки которых они предназначены, а также их характеристики.

### Коэффициент наплавки

Выражается в процентах.

$$N = \frac{\text{вес наплавленного металла}}{\text{вес электродной проволоки}}$$

### Род тока

Показывает, можно ли данную конкретную марку электрода применять для сварки на постоянном токе прямой или обратной полярности или на переменном токе. Если электрод применим для переменного тока, функционально его можно применять и для сварки на постоянном токе как прямой, так и обратной полярности. Для сварки на переменном токе требуется, чтобы электрод обладал хорошей ионизацией, т.к. каждый раз при смене полярности 50 раз в секунду происходит гашение дуги.

Положительный потенциал на электроде обеспечивает наибольшую глубину проплавления, а отрицательный минимальную. Переменный ток дает среднюю глубину.

### Напряжение холостого хода (OCV)

Это напряжение, которое выдает на выходе сварочный источник без нагрузки. Электроды с основной обмазкой требуют не менее 65 В. Бытовые трансформаторы обычно выдают не более 50 В. Кроме электродов с рутиловой обмазкой, этого напряжения недостаточно. При поджиге дуги напряжение холостого хода падает примерно до 25 В. Обычно, бытовые источники питаются от однофазной сети напряжением 230 В. При 10 А плавких предохранителях из сети можно снимать не более 2300 Вт. При сварочном токе 150 А и напряжении 25 В, потребляемая мощность составляет 3750 Вт. Предохранители при такой нагрузке расплавятся (сварочный ток не должен превышать 100 А). Профессиональные источники работают от трехфазной сети мощностью не менее 16 А x 400 В = 6400 Вт, соответственно при 16 А предохранителях сварочный ток может составлять 250 А.

В справочнике «Welding Handbook» среди прочей информации указаны диапазоны рабочих токов и напряжений на дуге всех электродов.

### Классификация электродов

Электроды изготавливаются в соответствии с требованиями стандартов, которые регламентируют их характеристики и механические свойства наплавленного металла. Обычно их классифициру-

ют по стандартам AWS A5.1 (стандарт на электроды Американского Общества Сварщиков), EN 499 (Европейский стандарт на покрытые электроды) и ISO 2560 (стандарт на электроды Международной Организации по Стандартизации).

### Одобрения

Следуя пожеланиям заказчиков, ЭСАБ дает классификации в соответствии с обоими вышеупомянутыми стандартами. Кроме того, для защиты третьих лиц от возможных последствий аварий и убытков действуют аккредитованные государствами специализированные сертифицирующие органы. Их задача состоит в том, что они, выдавая соответствующее разрешение, гарантируют третьим лицам отсутствие инцидентов и аварий. Подобные контрольные органы называются классификационными обществами.

Продукция ЭСАБ имеет одобрения ряда таких классификационных обществ, которые ведут мониторинг процессов сварки, отбора образцов и механических испытаний электродов, взятых для проверки методом случайного отбора со склада.

Если полученные результаты соответствуют требованиям стандартов и данных классификационных обществ, данная продукция может применяться для изготовления объектов, мониторинг которых данные органы осуществляют, например сосуды, работающие под давлением или несущие конструкции. Подобные тесты проводятся ежегодно.

### Химический состав

В справочнике обычно дается типичный химический состав наплавленного металла. Для его определения отбирается металл от специального образца, наплавленного в регламентируемую стандартом разделку. Практически наплавленный металл должен состоять только из металла наплавленного электродом без примеси основного металла. В отличие от него металл шва наплавленного в конструктивную разделку содержит около 30% и более основного металла.

Сварной шов, сваренный без разделки кромок, содержит еще большее количество основного металла. По этой причине в отличие от металла, наплавленного в стандартную разделку, указать в каталоге его механические свойства не представляется возможным.

## **Механические свойства**

Механические свойства сварного шва в первую очередь зависят от химического состава наплавленного металла, но при этом на них также влияют доля участия основного металла в шве и параметры сварки.

Предел текучести регламентирует усилие, при котором металл начинает пластически деформироваться.

Предел прочности определяет то усилие, при котором происходит разрушение металла. Величина деформации, выраженная в процентах от изначальной длины образца, которая произошла между усилиями предела текучести и предела прочности на базовой длине образца, равно пяти его диаметрам.

## **Ударная вязкость**

Ударная вязкость является мерой энергии, которую забирает на себя пластический излом материала при заданной температуре. Холодный материал более склонен к хрупкому излому. Температурный интервал, в котором происходит переход стали от вязкого разрушения к хрупкому, называется порогом хладноломкости.

В интервале температур порога хладноломкости ударная вязкость уменьшается лавинообразно, и может от вязкого излома со значением в сотню Джоулей падать до хрупкого излома с энергией в нескольких Джоулей. Неправильный выбор стали или электрода для плунжерного снегоочистителя или ледокола может привести к непредсказуемым последствиям. Алюминий и никель такого порога хладноломкости не имеют, поэтому данные материалы применяются для изготовления емкостей для транспортировки сжиженных газов при температуре  $-196^{\circ}\text{C}$ .

## **Диаметр электрода**

Он определяется диаметром электродной проволоки. Электроды малых диаметров используются для сварки тонких материалов или корневых проходов. Для сварки больших толщин можно применять электроды большего диаметра. С увеличением диаметра необходимо увеличивать ток сварки. Разрешенный для конкретного диаметра конкретной марки электрода диапазон токов должен находиться в диапазоне от минимального, на котором он начинает устойчиво гореть, до значения на 10% ниже того, при котором в результате нагрева проволоки начинает осыпаться обмазка. Этот диапазон достаточно широк, поэтому конкретное значение тока выбирается исходя из толщины металла и пространственного положения сварки. Длина электрода определяется длиной электродного стержня. Она варьируется в зависимости от типа электрода. Некоторые проволоки имеют более высокое электрическое сопротивление. Если стержень слишком длинный, при сварке он может перегреться. Поэтому никелевые и нержавеющие электроды выпускаются длиной в диапазоне от 300 до 350 мм.

## **Напряжение на дуге**

Данный параметр меняется в зависимости от типа и длины электрода. Независимо от марки, видимую длину дуги можно делать длиннее или короче, однако в зависимости от глубины конуса, образующегося на конце электрода, данный параметр может варьироваться для электродов одного типа. Высокопроизводительные электроды с толстой обмазкой варят на более высоком напряжении. Обычно величина напряжения на источниках для ММА-сварки не регулируется. Однако, на некоторых типах оборудования, предназначенного для сварки трубопроводов целлюлозными электродами, данный параметр делают регулируемым (сила дуги).

## **N, коэффициент эффективности**

Коэффициентом эффективности наплавки называется отношение веса наплавленного металла к весу электродов, которыми данная наплавка была выполнена. Он подсчитывается по результатам тестовой сварки, взвешивая свариваемое изделие до и после сварки и потраченные на него электроды. Данный коэффициент рассчитывается по формуле:  $N = \text{«вес наплавленного металла [кг]»} / \text{«вес израсходованных электродов [кг]»}$  либо  $\text{«производительность наплавки [кг/час]»} / \text{«скорость горения электродов [кг/час]»}$ . Данный коэффициент показывает, сколько килограмм наплавленного металла получим из закупленной партии электродов весом X кг. Например, при минимальной величине огарка из 50 кг электродов, имеющих коэффициент наплавки 65% можно примерно получить 32,5 кг наплавленного металла.

## **V, количество электродов, необходимое для получения 1 кг наплавленного металла**

Если известна скорость горения электрода, то, зная этот параметр, можно подсчитать, сколько времени потребуется для наплавки 1 кг металла.

## **H, производительность наплавки**

Производительность наплавки показывает, сколько килограмм наплавленного металла можно получить при сварке электродом данной марки и диаметра в единицу времени [кг/час]. В данном случае учитывается только оперативное время без учета его затрат на смену электрода, удаление шлака, зачистку шва и т.п. операции. При повышении тока сварки производительность наплавки возрастает.

## **T, время сгорания одного электрода в секундах**

Измеряется на сварочном токе, устанавливаемом на уровне на 10% ниже максимально допустимого для электрода данной марки и диаметра. Это время увеличивается при снижении величины тока сварки.

Notes



## **Содержание**

- Из истории сварки
- Покрытые электроды
- Органические электроды
- Кислые электроды
- Рутиловые электроды
- Основные электроды
- Сварка покрытыми электродами
- Некоторые термины, относящиеся к процессу сварки покрытыми электродами



**За дополнительной информацией обращайтесь в офисы  
ООО «ЭСАБ».**

Москва т.+7 (495) 663 20 08, ф. 663 20 09,

Санкт-Петербург т. +7 (812) 644 01 41, ф. 644 01 42,

Екатеринбург т. +7(343) 286 38 91, ф. 382 07 96,

Казань т. +7(843) 291 75 37, 291 75 48, ф. 291 75 38,

Новосибирск т./ф. +7(383) 328 13 58, моб. +7 (913) 202 70 98

Орел т./ф. +7(4862) 55 89 44, моб. +7 (919) 209 52 15,

Ростов-на-Дону т./ф. +7 (8632) 95 03 85,

Хабаровск т./ф. +7 (4212) 75 91 25, моб. +7 (914) 172 91 30

Киев т. +38 (044) 583 55 67, ф. 583 51 66,

Алматы т. +7 (727) 352 86 60, ф. 352 86 61,

Минск т. +375 (17) 328 60 49, т./ф. 328 60 50

е-mail [esab@esab.ru](mailto:esab@esab.ru) Полный список дистрибьюторов на [www.esab.ru](http://www.esab.ru)