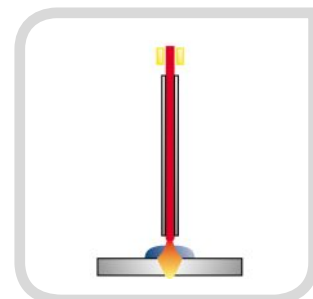


СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ПО РУЧНОЙ СВАРКЕ СТЕРЖНЕВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ



Содержание

1	Предисловие	2
2	Технология	2
2.1	Общие сведения.....	2
2.2	Род сварочного тока.....	2
2.3	Типы электродов	3
2.4	Свойства отдельных типов покрытий.....	4
3	Какой электрод для какой цели	5
3.1	Выбор по техническим сварочным параметрам	5
3.2	Выбор по свойствам материала.....	7
4	Разделка свариваемых кромок	9
4.1	Типы сварных соединений	9
4.2	Подготовка кромок сварных соединений	9
5	Держатели электрода и сварочные кабели	10
6	Источники сварочного тока	10
6.1	Разновидности источников тока	11
6.2	Специальные функции на инверторах для ручной сварки стержневыми электродами	12
7	Выполнение сварки	13
7.1	Зажигание электрической дуги.....	13
7.2	Ведение электрода	14
7.3	Магнитное дутье.....	14
7.4	Сварочные параметры	15
8	Техника безопасности	15
9	Особенности применения данного метода на разных материалах	17
9.1	Нелегированные и низколегированные стали	17
9.2	Высоколегированные стали и никелевые сплавы	18
9.3	Наплавка.....	18
10	Применение ручной сварки стержневыми электродами.....	18
10.1	Варианты применения.....	19
11	Литература	20
12	Выходные данные.....	20

1 Предисловие

Ручная сварка стержневыми электродами или ручная сварка является одной из старейших технологий сварки, применяющейся еще и сегодня. Эта технология была впервые применена Славяновым, который в 1891 году первым использовал для электродуговой сварки вместо угольного электрода металлический стержень, представлявший собой одновременно электрод и сварочную присадку. Первые стержневые электроды не имели покрытия и поэтому сваривались не очень хорошо. Позднее электроды стали покрывать веществами, облегчающими сварку, защищающими металл шва и оказывающими металлургическое воздействие на процесс. Первый патент на электрод с покрытием был выдан в 1908 году. Электроды могут изготавливаться путем погружения либо опрессовки в экструдерных прессах. В настоящее время используются только электроды, изготовленные методом опрессовки.

Ручная сварка стержневыми электродами отличается тем, что требует относительно небольших вложений и может применяться в любой области. Эта технология может быть использована для сваривания большого количества материалов и гарантирует высокое качество сварных швов. Однако, в последнее время, в первую очередь по экономическим причинам, ее стали вытеснять другие технологии, которые предоставляют возможности механизации.

Данное справочное руководство описывает особенности этой технологии и содержит рекомендации по ее правильному использованию.

2 Технология

2.1 Общие сведения

Ручная сварка стержневыми электродами (номер процесса 111) относится к технологиям сварки плавлением, а точнее к технологиям электродуговой сварки плавящимся электродом. Стандарт ISO 857-1 (издание 1998) следующим образом определяет сварочные процессы этой группы (в переводе с английского):

Электродуговая сварка плавящимся электродом: процесс электродуговой сварки с

использованием электрода, расплавляемого в процессе сваривания.

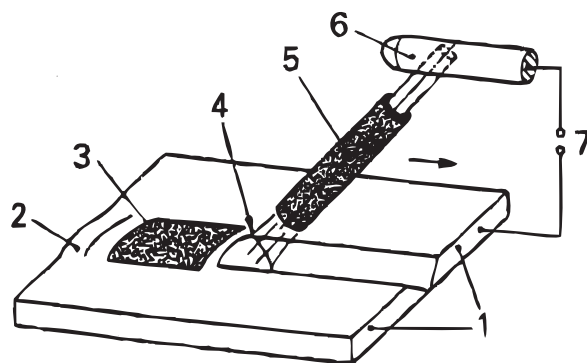
Электродуговая сварка плавящимся электродом без защитного газа: электродуговая сварка плавящимся электродом без подаваемого извне защитного газа и ручная электродуговая сварка плавящимся электродом: Электродуговая сварка, выполняемая вручную с использованием покрытого электрода.

В Германии последняя технология называется ручной сваркой стержневыми электродами или коротко ручной сваркой. Она характеризуется тем, что электрическая дуга горит между плавящимся электродом и сварочной ванной (Рис. 1).

Внешняя защита не используется, любая защита от воздействия атмосферы исходит от самого электрода. Таким образом, электрод является еще и сварочной присадкой. В покрытие входят шлак и (или) защитный газ, которые помимо всего прочего защищают каплю и сварочную ванну от содержащихся в атмосфере кислорода, азота и водорода

2.2 Род сварочного тока

Для ручной сварки стержневыми электродами в принципе может использоваться как постоянный, так и переменный ток, но не все типы оболочек стержневых электродов свариваются при синусоидальном переменном токе, например, им не свариваются электроды с чисто основным покрытием. При сваривании постоянным током большинства типов



- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1 Изделие | 5 Электрод с покрытием |
| 2 Сварочный шов | 6 Держатель электрода |
| 3 Шлак | 7 Источник питания |
| 4 Электрическая дуга | |

Рис. 1 Схема ручной электродуговой сварки согласно стандарту ISO 857-1

электродов электрод подключается к отрицательному, а изделие - к положительному полюсу. Исключением являются опять же основные электроды. Они лучше свариваются при подключении к положительному полюсу. То же относится и к определенным видам целлюлозных электродов. Подробнее об этом можно прочитать в разделе 2.3 Типы электродов.

Электрод - это инструмент сварщика. Он вводит горящую на нем дугу в сварное соединение и при этом расплавляет кромки шва Рис. 2.

В зависимости от типа соединения и толщины основного материала для этого необходимы различные силы тока. Так как допустимая нагрузка по току электродов, в зависимости от их диаметра и длины, ограничена, выпускаются стержневые электроды различной длины и диаметра. На Таблица 2 показаны регламентированные в стандарте DIN EN 759 габаритные размеры.

При увеличении диаметра основного стержня можно использовать более высокие сварочные токи.

2.3 Типы электродов

Составы электродов различных типов могут очень сильно отличаться друг от друга. Состав покрытия определяет характер расплавления

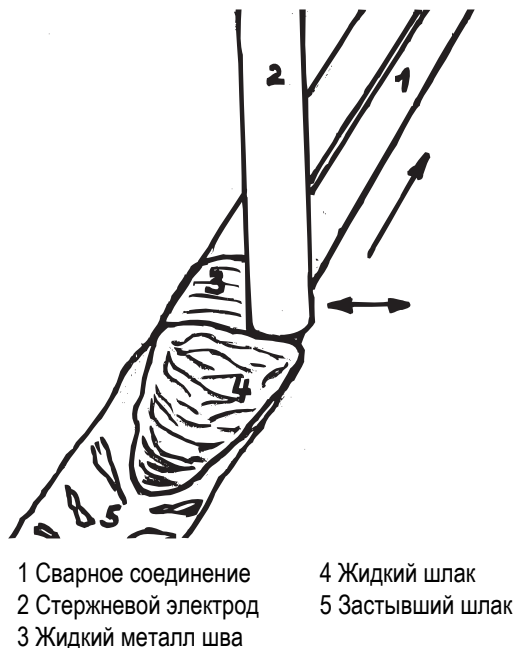


Рис. 2 Положение электрода в сварном соединении

Диаметр в мм, номинальный размер	Допустимое отклонение	Длина в мм, номинальный размер	Допустимое отклонение
1,6	± 0,06	200	± 3
2,0		-	
2,5		350	
3,2	± 0,10	350	± 3
4,0			
5,0			
6,0			

Таблица 2 Диаметры и длины стержневых электродов согласно стандарту DIN EN 759 "Электроды"

электрода, его сварочные свойства и показатели качества металла шва. Согласно DIN EN 499 у электродов для сваривания нелегированных сталей существуют покрытия следующих типов (см. Таблица 1).

При этом следует различать основные и смешанные типы. Используемые как условные обозначения буквы происходят от английских терминов. Здесь буква C=cellulose (целлюлоза), A=acid (кислый), R=rutile (рутил) und B=basic (основной). В Германии основную роль играет рутил. Покрытие стержневых электродов может быть тонким, средним и толстым. Поскольку покрытие рутиловых электродов может быть любой толщины, для электродов с толстым покрытием было введено отдельное обозначение RR.

У легированных и высоколегированных электродов такого разнообразия покрытий нет. У стержневых электродов для сваривания нержавеющей сталей, которые регламентированы в DIN EN 1600, различают, к примеру, электроды с рутиловым и основным покрытием, как и у электродов для сваривания

Тип	Покрытие
A	кислое
C	целлюлозное
R	рутиловое
RR	толстое рутиловое
RC	рутилово-целлюлозное
RA	рутилово-кислое
RB	рутиловое основное
B	основное

Таблица 1 Типы покрытий согласно DIN EN 499

жаропрочных сталей (DIN EN 1599), однако и в этом случае среди рутиловых электродов есть смешанные рутилово-основные типы, что впрочем никак не проявляется в обозначениях. Это относится, например, к электродам, имеющим лучшие свойства при проведении сварочных работ в стесненных условиях. Стержневые электроды для сваривания высокопрочных сталей (DIN EN 757) выпускаются только с основным покрытием.

2.4 Свойства отдельных типов покрытий

Состав и толщина покрытия имеют определяющее воздействие на сварочные характеристики. Это относится как к стабильности электрической дуги, так и к переходу материала при сваривании и вязкости шлака и сварочной ванны.

Особенное значение при этом имеет размер переходящих в дуге капель. На Рис. 3 схематично показан переход капель при использовании четырех основных типов покрытия [1].

Целлюлозный тип (Рис. 3, а) характеризуется переходом материала в виде средних или крупных капель. Покрытие состоит большей частью из органических компонентов, сгорающих в дуге и образующих при этом защитный газ для защиты места сварки. Так как покрытие содержит кроме целлюлозы и других органических веществ лишь небольшие доли стабилизирующих дугу элементов, при сваривании почти не образуется шлака.

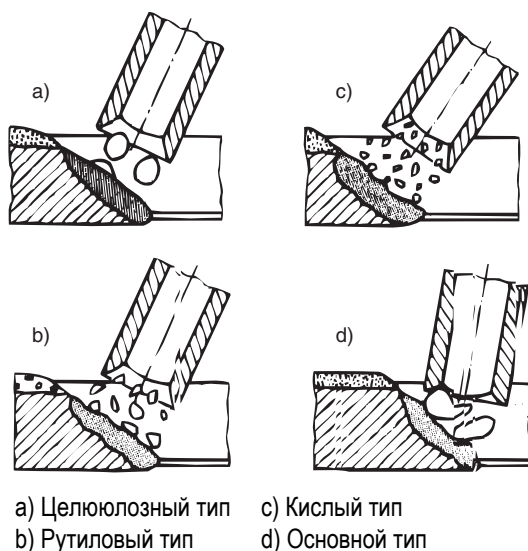


Рис. 3 Переход материала при использовании различных типов покрытия [1]

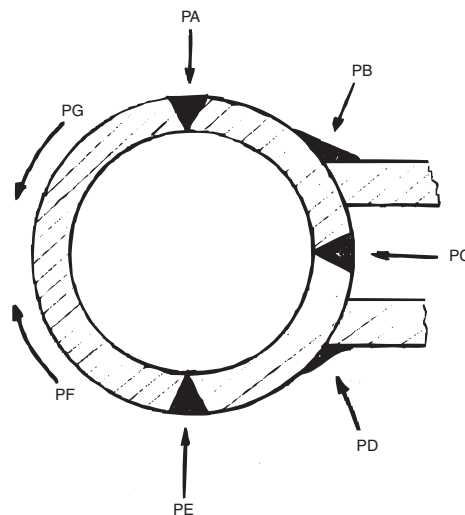


Рис. 4 Позиции при сварке согласно ISO 6947

Электроды с покрытием целлюлозного типа особенно хороши для сварки вертикальных швов сверху вниз (Рис. 4, пол. PG), так как при их использовании не нужно опасаться опережающего выделения шлака.

Кислый тип (А), при котором покрытие большей частью состоит из железной и марганцевой руды, выделяет в атмосферу дуги большие количества кислорода. Кислород проникает в металл шва и снижает его поверхностное натяжение. В результате получается переход материала в форме мелких капель и жидкий металл шва. Поэтому электроды такого типа не подходят для сварки в стесненных условиях. Кроме того, температура дуги очень сильно повышается, в результате чего становится возможным высокая скорость сварки, но появляется опасность подрезов. Описанные недостатки при вели к тому, что электроды с покрытием чисто кислотного вида в Германии практически не используются. Их место занял рутилово-кислый тип покрытия (RA), то есть тип, являющийся смесью кислого и рутилового покрытия. Такой электрод обладает соответствующими сварочными характеристиками.

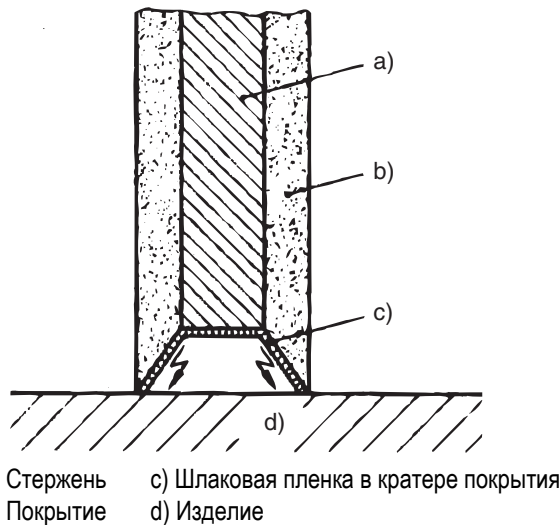
Покрытие рутилового типа (R/RR) большей частью состоит из диоксида титана в форме минерального рутила (TiO_2) или ильменита ($TiO_2 \cdot FeO$) либо из искусственного диоксида титана. Электроды этого типа также характеризуются переходом материала в форме мелких или средних капель, спокойным расплавлением с малым количеством брызг, очень тонким рисунком шва, хорошей удаляемостью шлака и легким повторным

зажиганием. Последнее качество есть только у тех электродов с рутиловым покрытием, которые содержат большие доли TiO_2 . Это означает, что повторное зажигание уже оплавленного электрода возможно без удаления кратера покрытия (Рис. 5) [2].

Образованная в кратере пленка шлака обладает - при достаточно высоком содержании TiO_2 - практически проводимостью полупроводника, так что при установке кромки кратера на изделие возникает достаточно тока, чтобы зажигание дуги произошло и без соприкосновения стержня и изделия. Подобное спонтанное повторное зажигание всегда важно в тех случаях, когда процесс сваривания часто прерывается, например, при сваривании коротких швов.

Помимо чисто рутилового типа в эту группу покрытий входят и некоторые смешанные типы. Среди них следует упомянуть рутилово-целлюлозный тип (RC), в котором часть рутила заменяется целлюлозой. Так как при сварке целлюлоза сгорает, образуется меньше шлака. Поэтому этот тип может использоваться и при сваривании вертикальных швов, свариваемых сверху вниз (поз. PG). Но он обладает хорошими сварочными характеристиками и в других положениях. Другой смешанный тип - это рутилово-основной Тур (RB). Это покрытие несколько тоньше, чем покрытие типа RR. Это, а также особая шлаковая характеристика делают его особенно подходящим для сварки в вертикальном положении снизу вверх (PF).

Существует еще основной тип (B). В этом случае покрытие большей частью состоит из



a) Стержень c) Шлаковая пленка в кратере покрытия
b) Покрытие d) Изделие

Рис. 5 Повторное зажигание на кратере покрытия

основных оксидов кальция (CaO) и магния (MgO), к которым в качестве разбавителя шлака примешивается плавиковый шпат (CaF_2). Плавиковый шпат в больших долях ухудшает свариваемость при переменном токе. Поэтому чисто основные электроды нельзя сваривать при синусоидальном переменном токе, однако существуют и смешанные типы с меньшим содержанием плавикового шпата в покрытии, которые можно использовать при таком роде тока. Переход материала основных электродов характеризуется средними и крупными каплями, а сварочная ванна получается вязкотекучей. Электрод используется для сварки в любых положениях. Но вследствие повышенной вязкости металла шва наплавленные валики получаются несколько более выпуклыми и грубыми. Металл шва обладает очень хорошими свойствами вязкости. Основные покрытия гигроскопичны. Поэтому следует тщательно обеспечивать сухость атмосферы при хранении таких электродов. Влажные электроды следует просушить. Однако, при сваривании сухих электродов металл шва обладает очень низким содержанием водорода.

Кроме электродов с нормальным выводом ($\leq 105\%$) существуют и такие, которые благодаря железному порошку, добавляемому поверх покрытия, обладают большим выводом, большей частью $>160\%$. Такие электроды называются электродами с железным порошком в покрытии или высокопроизводительными электродами. Благодаря высокой производительности при расплавлении их применение в большинстве случаев более экономически оправданно, чем применение нормальных электродов, тем не менее область их использования, как правило, ограничена вертикальным (PA) и горизонтальным (PB) позициями.

3 Какой электрод для какой цели

При выборе стержневых электродов следует учитывать свойства материала и технические сварочные параметры.

3.1 Выбор по техническим сварочным параметрам

Каждый тип электродов обладает специфическими сварочными характеристиками и, следовательно,

используется для решения конкретных сварочных задач.

Целлюлозные электроды (С) используют для сваривания труб больших диаметров кольцевыми швами, так как эти электроды хорошо подходят для сварки вертикальных швов сверху вниз (поз. PG). Предпочтительной областью применения этих электродов является прокладка трубопроводов, Рис. 6.

По сравнению со сваркой в вертикальном положении снизу вверх (поз. PF) здесь уже можно использовать относительно толстые электроды (4 мм) для корневого слоя. Это дает экономические преимущества.

Особым преимуществом рутилово-кислого типа (RA) является шлакоудаление в узких соединениях, в которых компактный шлак схватывается и плохо растворяется. Шлак электродов типа RA имеет пористую структуру, поэтому он разбивается специальным молотком на мелкие кусочки, которые потом можно легко удалить.

Особенные свойства рутиловых электродов (R, RR), а именно легкое повторное зажигание, хорошая удаляемость шлака и красивый внешний вид шва также определяют области их применения. Это сварка прихватками, а также сваривание угловых швов и верхних слоев, которое требует полного удаления шлака и хорошего внешнего вида шва.

Рутилово-целлюлозный тип (RC) хорошо сваривается в любых позициях, включая вертикальный шов, свариваемый сверху вниз.



Рис. 6 Сварка целлюлозными электродами в строительстве трубопроводов

Поэтому он может использоваться во всех областях, в особенности при монтаже. Прежде всего поэтому вариант с толстым покрытием, соответствующий также и высоким требованиям к внешнему виду шва, является универсальным вариантом на небольших предприятиях.

Электрод с рутилово-основным покрытием (RB) благодаря несколько менее толстому покрытию и его особым характеристикам особенно хорошо подходит для сварки корневых слоев и сварки в поз. PF. Предпочтительной областью применения является прокладка трубопроводов малого и среднего диаметра.

Основной электрод (В) подходит для сварки во всех положениях. Специальные типы подходят даже для вертикальной сварки сверху вниз. В любом случае внешний вид шва получается несколько хуже, чем при сварке другими типами. Однако при этом металл шва имеет "внутреннюю стоимость". Из всех типов электродов основные обладают лучшими характеристиками вязкости и наименьшей опасностью образования трещин металла шва. Поэтому их используют в тех случаях, когда основные материалы не имеют идеальных свойств свариваемости, например, для сталей с ограниченной свариваемостью или для большой толщины стенок. Кроме того, если требуется большая вязкость соединения, например, в конструкциях, которые при последующей эксплуатации будут подвергнуты воздействию низких температур. Низкое содержание водорода делает этот тип особенно подходящим для сваривания высокопрочных сталей.

3.2 Выбор по свойствам материала

Характеристики прочности и вязкости основного материала должны, как правило, достигаться и в металле шва. Для облегчения выбора электродов по этим параметрам в полном обозначении электрода согласно DIN EN 499 существуют и указания относительно минимальных значений предела текучести, прочности при растяжении и вязкости металла шва и относительно сварочных характеристик. На Таблица 3 показан пример такого обозначения.

Короткое условное обозначение E 46 3 В 42 Н5 содержит следующую информацию:

Стержневой электрод для ручной сварки (E) обладает пределом текучести мин. 460 Н/мм², прочностью при растяжении 530-680 Н/мм² и минимальным удлинением 20 % (46). Работа развития трещины, равная 47 джоулям, достигается при температуре -30 °С (3). Покрытие электрода основное (В). Кроме того, есть необязательные указания на вывод и предпочтительный вид тока. Приведенный в качестве примера электрод обладает выводом от 105 до 125 % и сваривается только при постоянном токе (4) в любых положениях кроме вертикального сверху вниз (2). Содержание водорода в металле шва составляет менее 5 мл/100г металла шва (Н5). Если металл шва кроме марганца содержит и другие легирующие

элементы, указание на них содержится перед показателем типа покрытия с обозначением химического элемента и, возможно, с указанием на процентное содержание (например, 1Ni).

Низкое содержание водорода важно при сваривании сталей, имеющих склонность к образованию трещин, вызванному воздействием водорода, например, высокопрочных сталей. В этом случае необходимую информацию дает показатель содержания водорода.

Похожие системы обозначений существуют для высокопрочных электродов (DIN EN 757), жаропрочных электродов (DIN EN 1599) и нержавеющей электродов (DIN EN 1600). У жаропрочных и нержавеющей электродов с основным материалом помимо характеристик прочности должны совпадать и характеристики жаропрочности и антикоррозионные свойства металла шва. Поэтому в этих случаях действует правило, согласно которому металл шва должно быть как можно ближе к легированию основного материала либо несколько выше.

Показатели работы развития трещины металла шва

Условное обозначение типа покрытия

Показатель	Показатели работы развития трещины металла шва		Показатель	Температура минимальной работы развития трещины, равной 47 Дж, °C
	Минимальный предел текучести Н/мм ²	Предел прочности при растяжении Н/мм ²		
35	355	от 440 до 570	Z	нет требований
38	380	от 470 до 600	A	+20
42	420	от 500 до 640	0	0
46	460	от 530 до 680	2	-20
50	500	от 560 до 720	3	-30
			4	-40
			5	-50
			6	-60

Тип	Покрытие
A	кислое
C	целлюлозное
R	рутиловое
RR	толстое
	рутиловое
RC	рутилово-целлюлозное
RA	рутилово-кислое
RB	рутиловое
	основное
B	основное

E 46 3 B 42 H5

Показатель	Вывод, %	Род сварочного тока
1	≤105	Переменный и постоянный ток
2		Постоянный ток
3	>105 ≤125	Переменный и постоянный ток
4		Постоянный ток
5	>125 ≤160	Переменный и постоянный ток
6		Постоянный ток
7		Переменный и постоянный ток
8	>160	Постоянный ток

1. все положения
2. все положения кроме вертикального шва, свариваемого сверху вниз
3. стыковое соединение в поз. RA, угловой шов в поз. RA- и RB
4. стыковое соединение в поз. RA, угловой шов в поз. RA
5. положения, как в пункте 3 плюс поз. PG

Показатель	Содержание водорода в металл шва, макс.
H5	5
H10	10
H15	15

Показатель содержания водорода в металле шва

Таблица 3 Условные обозначения электродов согласно DIN EN 499

4 Разделка свариваемых кромок

4.1 Типы сварных соединений

На Рис. 7 показаны важнейшие типы сварных соединений, используемых при ручной сварке стержневым электродом.

При стыковом шве в верхнем диапазоне толщины листа должна быть проведена подготовка корня шва с обратной стороны. Это рекомендуется и для предотвращения возникновения дефектов и при всех случаях сваривания подварочных слоев и при

Тип соединения	Толщина изделия (мм)	Рисунок
Стыковой шов	с одной стороны 3-8 с двух сторон <8	
V-образный шов	с одной стороны 3-10 с подварочным швом 3-40	
Y-образный шов	с одной стороны 5-40 с подварочным швом >10	
X-образный шов	с двух сторон >10	
U-образный шов	с одной стороны >12 с подварочным швом >12	
V-образный шов	с одной стороны 3-10 с подварочным швом 3-30	
T-образ. соединение угловым швом	с одной стороны >2	
Угловое соединение угловым швом	с одной стороны >2 с двух сторон >3	
Соединение внахлестку угловым швом	с одной стороны >2	
Двустороннее соединение угловым швом	с двух сторон >2	

Рис. 7 Типы сварных соединений согласно DIN EN 29692-ISO 9692

двустороннем сваривании X-образных и двойных Y-образных швов в верхнем диапазоне толщины листа. У V-образных швов и швов HV фаза корня может быть несколько ломаной, высота притупления Y-образного шва зависит от используемой силы тока. U-образные швы и двусторонние U-образные швы по экономическим соображениям используются прежде всего при сваривании листов большой толщины, так как из-за небольшого угла раскрытия заполняемый объем шва меньше, чем при V-образных, Y-образных, X-образных и двойных Y-образных швах.

У угловых швов зазор между кромками должен быть как можно меньшим, чтобы в него не мог попасть шлак. Это касается в первую очередь T-образных соединений, соединений внахлестку и угловых швов.

4.2 Подготовка кромок сварных соединений

Разделка сварных кромок у нелегированных и низколегированных сталей производится, как правило, газовыми автогенными резаками. Высоколегированные стали и металлы, подвергаемые ручной сварке, могут разрезаться плазменной струей. Удаление возникающей при термической резке оксидной пленки требуется, как правило, только в исключительных случаях.

При наличии особенных требований в отношении соблюдения небольших допусков рекомендуется механическая доработка кромок. В особенности это относится к кольцевым швам. Современные технологии резки электронным или лазерным лучом чаще используются в механизированном производстве и являются скорее исключением при ручной сварке стержневым электродом.

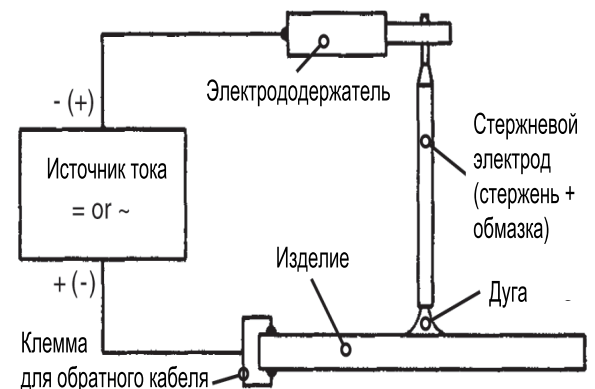


Рис. 8 Сварочный контур [2]

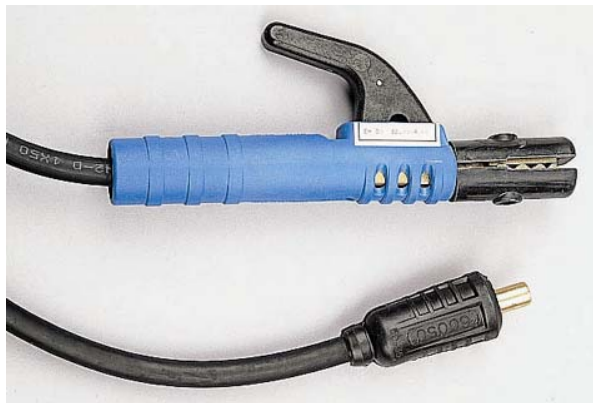


Рис. 9 Пример держателя электрода

5 Держатели электрода и сварочные кабели

На Рис. 8 показана токовая характеристика в сварочном контуре.

Электрод соединяется с одним из полюсов источника питания через держатель электрода (Рис. 9) и сварочные кабели. Другой полюс соединяется с изделием при помощи кабеля массы и зажима кабеля массы.

В зависимости от используемых диаметра электрода и силы тока выпускаются держатели различных размеров.

Ранее в Германии они были регламентированы в стандарте DIN 8569, Часть 1 и разделены на 5 классов по размеру. В Европе они описаны в стандарте DIN EN 60974, Часть 11.

Сечение и длина кабелей должны быть рассчитаны таким образом, чтобы падение напряжения, вызванное их сопротивлением, не превышало определенных значений. Согласно стандарту VDE эти значения составляют до 200 ампер 2 вольт и до 500 ампер 5 вольт. При определении необходимого сечения кабеля



Рис. 10 Сварочный источник питания EWM PICO 140

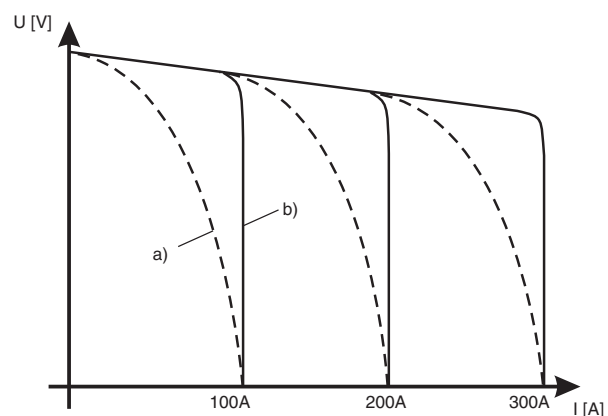
следует сложить длины сварочного кабеля и кабеля массы. Обычными сечениями кабеля при ручной сварке стержневым электродом в зависимости от используемой силы тока являются 25, 35, 50 и 70 мм².

6 Источники сварочного тока

Источник сварочного тока преобразует высокое сетевое напряжение в существенно более низкое сварочное напряжение и обеспечивает требуемые для сварки высокие значения силы тока, которые отсутствуют в сети. Кроме того, он способен поддерживать и регулировать необходимые значения тока. Для сварки может использоваться как переменный, так и постоянный ток.

Источники постоянного тока имеют универсальное применение, поскольку не все типы стержневых электродов пригодны для сварки синусообразным переменным током – см. также раздел Род сварочного тока. Источники сварочного тока для ручной сварки стержневыми электродами имеют одну падающую статическую характеристику, а именно - на большинстве стандартных источников тока (например, PICO 140, Рис. 10) в основном равномерно снижающуюся или (на электронных источниках тока в рабочей области) вертикально падающую (Рис. 11).

Таким образом, гарантируется, что при изменении длины дуги, неизбежной при ручной сварке стержневыми электродами, важнейший для качества сварного соединения параметр, сила тока, изменяется незначительно или совсем не изменяется.



- а) постоянно падающая характеристика
- б) вертикально падающая характеристика (характеристика стабилизированного тока)

Рис. 11 Характеристики для ручной сварки стержневыми электродами

6.1 Разновидности источников тока

Простейшим видом преобразования сетевого тока в сварочный ток является сварочный трансформатор. Он преобразует ток только с точки зрения силы тока и напряжения (трансформатор напряжения) и выдает синусообразный переменный ток для сварки. Принцип работы трансформатора показан на Рис. 12 [2].

Трансформатор подключается к осветительной электросети однофазно между первой фазой и внешним проводом либо между двумя фазами сети трехфазного тока. Регулировка разных значений силы тока становится возможной благодаря перемещению сердечника рассеяния, отведением обмоток на первичной стороне либо с помощью трансдуктора.

На сварочном выпрямителе ток после трансформации выпрямляется диодами или тиристорами, т.е. для сварки выдается постоянный ток. На простых сварочных выпрямителях трансформатор подключается одно- или двухфазно, на более мощных аппаратах - трехфазно ко всем трем фазам сети трехфазного тока. Последние выдают очень равномерный ток без большой пульсации. Однородность тока особенно важна при сварке основными электродами и сварке металлических сплавов, например, никелевых.

Регулировка сварочного выпрямителя на простых аппаратах производится на трансформаторе – см. Настройка сварочного трансформатора. Современные сварочные выпрямители регулируются тиристорами, т.е. управляемыми выпрямителями, путем управления фазовой отсечкой.

Все большую популярность в практическом использовании получают электронные

Железный сердечник (пакет из изолированных металлических пластинок)

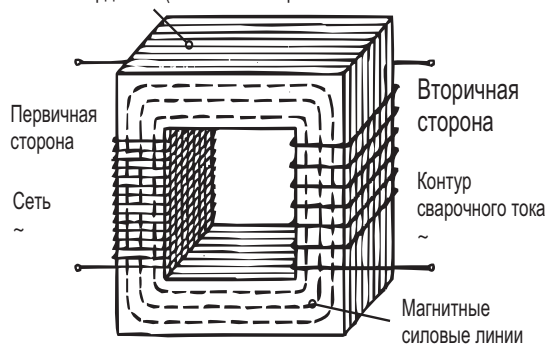


Рис. 12 Принцип работы трансформатора [2]



Рис. 13 Источник сварочного тока STICK 350 компании EWM

источники сварочного тока (инверторы) также для ручной сварки стержневыми электродами, Рис. 13.

Рис. 14 представляет блок-схему инвертора 3-го поколения с тактовой частотой до 100 кГц.

Эти источники тока имеют конструкцию, во многом отличную от традиционных источников тока. Ток, поступающий из сети, сначала выпрямляется, а затем снова разбивается путем включения и выключения за счет транзисторов с тактовой частотой до 100 кГц на короткие отрезки. Эта разбивка необходима для того, чтобы создать возможность трансформировать ток. Затем прерывистый ток переменным образом разряжается в трансформатор. Таким образом, на вторичной стороне возникает прямоугольно импульсный переменный ток с соответствующей частотой. Затем ток выпрямляется и выравнивается дросселем. Высокая частота трансформируемого тока дает возможность использовать трансформаторы меньшей массы. Таким образом, становится возможным создание сварочных аппаратов, которые при

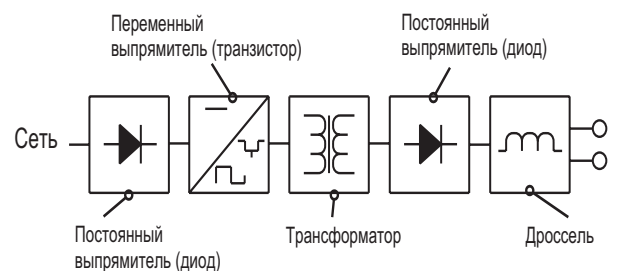


Рис. 14 Блок-схема инвертора 3-го поколения – тактовая частота до 100 кГц



Рис. 15 Инвертер TRITON 220 перем./пост. тока компании EWM для сварки ВИГ и ручной сварки стержневыми электродами

высокой мощности имеют очень незначительный вес. Благодаря этому они отлично подходят для использования на строительных площадках. Рис. 15 представляет инвертер Triton 220 перем./пост. тока компании EWM, применяемый для ручной сварки стержневыми электродами с силой тока до 180 ампер, массой всего 17,9 кг.

На инверторах уклон статической характеристики может изменяться в широких пределах. Поэтому они могут применяться в качестве многозадачных установок для нескольких сварочных процессов. При ручной сварке стержневыми электродами в большинстве случаев характеристика в рабочей области вертикально снижается (характеристика стабилизированного тока).

На электронных источниках тока многие задачи, решаемые на традиционных источниках тока с помощью таких компонентов, как сопротивления, дроссели и конденсаторы, решаются с помощью электронного управления. Поэтому устройство управления такими источниками тока настолько же важно, как и силовая часть. Регулирование тока производится, например, на тактируемых источниках путем изменения соотношения между временем включения/выключения тока. Изменение тактовой частоты также может использоваться для регулировки силы тока. А благодаря новой технике стало возможным также создание регулируемого источника тока, который уже давно требовался для сварочной техники. Контрольное устройство измеряет сварочный ток и напряжение и сравнивает их с заданными значениями. Если фактические

сварочные параметры отклоняются от заданных, например, из-за возникновения нежелательных сопротивлений в цепи сварочного тока, устройство управления выполняет подрегулировку. Это происходит очень быстро - в пределах микросекунд. Аналогичным образом возможно также ограничение тока короткого замыкания и улучшение $\cos\phi$ [3]. Гораздо лучший КПД и меньшие потери при холостом ходе инверторных источников тока получены также благодаря меньшей массе трансформатора.

На сегодняшний день современные инверторы выдают наряду с постоянным током также переменный ток с синусообразными и прямоугольными импульсами. Electrodes, например, с исключительно основным покрытием, которые не позволяют вести сварку синусообразным переменным током, успешно расплавляются при подаче прямоугольного переменного тока. Такая необходимость может возникнуть при наличии неблагоприятных условий дутья.

6.2 Специальные функции на инверторах для ручной сварки стержневыми электродами

Современные инверторные источники тока предлагают целый ряд специальных функций, облегчающих сварку и повышающих ее надежность [4]. Таким образом, можно отрегулировать силу дуги (форсаж), Рис. 17.

Если, например, напряжение электрической дуги из-за большой капли, образовавшейся на электроде, становится слишком коротким и падает ниже 8 вольт, сила тока автоматически повышается, Рис. 18.

Это может помочь электрической дуге освободиться и не погаснуть. Эта функция особенно важна при сварке электродами с целлюлозным, а также основным покрытием.

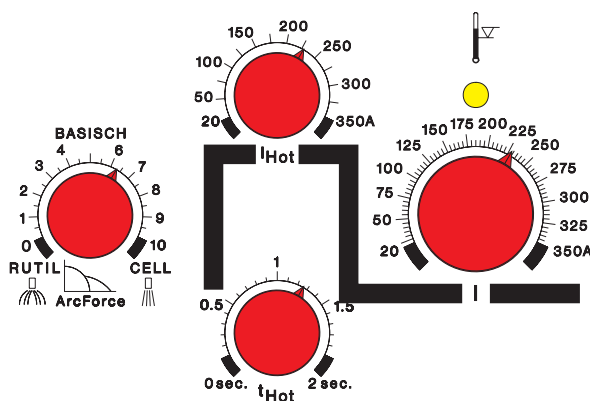


Рис. 17 Управление (обслуживание) современного источника тока STICK

Ширину электрической дуги, а значит и ее жесткость можно плавно изменять регулируемым дросселем. Более жесткая дуга требуется, например, при наличии неблагоприятных условий дутья.

За надежное зажигание дуги и достаточный прогрев на еще холодном основном материале в начале сварки следит функция Горячий пуск (Hotstart). Зажигание при этом производится с повышенной силой тока, Рис. 16.

Функция Antistick препятствует прокаливанию электрода, когда зажигание заканчивается неудачей, и электрод "прилипает" к изделию. Разогрев электрода, вызванный сопротивлением, может повредить покрытие вплоть до его отслаивания. На источниках тока, оборудованных соответствующей функцией, в случае, если после короткого замыкания зажигания нарастания напряжения не происходит, ток немедленно снижается до нескольких ампер. После этого электрод можно легко отделить от точки зажигания.

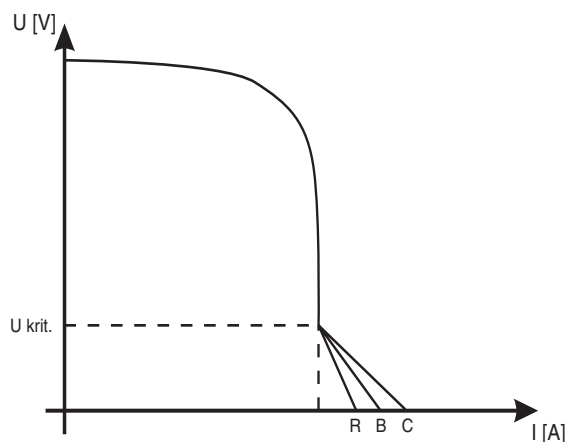


Рис. 18 Принцип регулировки силы дуги R= рутиловый электрод; B= основной электрод; C= целлюлозный электрод

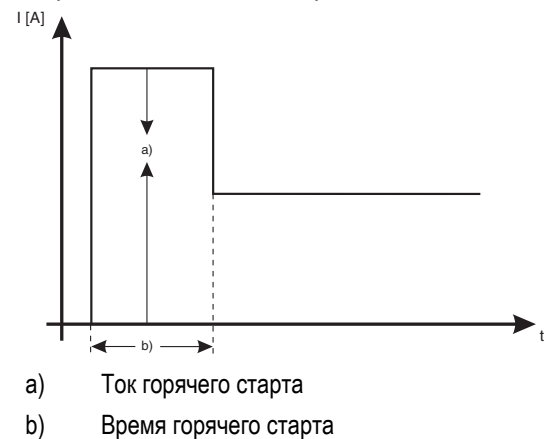
7 Выполнение сварки

Сварщику требуется хорошая подготовка, в частности, не только с точки зрения навыков, он должен также обладать соответствующими специальными знаниями, чтобы не допускать ошибок. Образовательные руководящие указания DVS (Немецкий союз сварки и смежных работ) признаны на международном уровне и в последнее время приняты также Международным союзом сварки (IIW).

Перед началом сварки, как правило, выполняется прихватка изделия. Точки прихватки должны иметь такую длину и толщину, чтобы при сварке не произошло недопустимого стягивания изделий и разрыва точек прихватки.

7.1 Зажигание электрической дуги

Процесс сварки при ручной сварке стержневыми электродами начинается



- a) Ток горячего старта
- b) Время горячего старта

Рис. 16 Принцип работы функции "Hotstart"

контактным зажиганием. Чтобы замкнуть электрическую цепь, необходимо сначала создать короткое замыкание между электродом и изделием, после чего слегка приподнять электрод – появляется электрическая дуга. Процесс зажигания не должен производиться за пределами шва, а только в тех местах, которые после горения дуги будут снова заплавлены. В точках, где зажигания так и не произошло, на соответствующих чувствительных материалах вследствие резкого нагрева могут возникнуть трещины.

На основных электродах, имеющих склонность к пористости, зажигание должно производиться за некоторое время до непосредственного

начала сварки. После этого дуга возвращается к начальной точке шва, и в ходе дальнейшей сварки первые капли, которые в большинстве случаев оказываются пористыми, снова заплавливаются.

7.2 Ведение электрода

Электрод подводится к поверхности металла вертикально или под небольшим углом. При выполнении движения он слегка наклоняется в направлении сварки. Видимая длина электрической дуги, т.е. расстояние между краем кратера и поверхностью изделия, должна примерно соответствовать диаметру центрального стержня. Основные электроды должны свариваться очень короткой дугой (расстояние = 0,5 x диаметра стержня). Для этого их следует вести под более крутым углом, чем рутиловые электроды.

В большинстве положений выполняется ниточный наплавленный валик, либо выполняется колебательное движение с увеличением высоты к кромкам шва. Только в положении PF выполняется широкий наплавленный валик по всей стороны шва. Как правило выполняется сварка опиранием, только в положении PF электрод прикасается колющим движением.

7.3 Магнитное дутье

Под дутьем понимается явление, при котором электрическая дуга удлиняется вследствие отклонения по центральной оси и издает при этом шипящий звук. Вследствие этого отклонения могут возникать непровары. Таким образом, провар может оказаться недостаточным, и при сварочном процессе с ведением шлака при опережающем движении шлака в шве могут возникать шлаковые включения.

Отклонение производится силами, возникающими в окружающем магнитном поле. Как любой проводник, по которому течет ток, электрод и электрическую дугу также окружает кольцеобразное магнитное поле, которое отклоняется в области дуги при переходе в основной материал. При этом магнитные силовые линии на внутренней стороне уплотняются, а на внешней расширяются – Рис. 19 (a) [2].

Дуга отклоняется в область с меньшей плотностью токовых линий. При этом она удлиняется и из-за повышения дугового напряжения издает шипящий звук. Противоположный полюс также оказывает отталкивающее воздействие на дугу.

Другая магнитная сила возникает из-за того, что магнитное поле лучше распространяется в ферромагнитном материале, чем в воздухе. Поэтому электрическая дуга притягивается большой массой стали – Рис. 19 (b). Это проявляется, например, в том, что при сварке на поддающемся намагничиванию материалу на кромках листа дуга отклоняется внутрь.

Отклонение дуги можно компенсировать путем соответствующего наклона электрода – Рис. 19 (c). Поскольку дутье при сварке постоянным

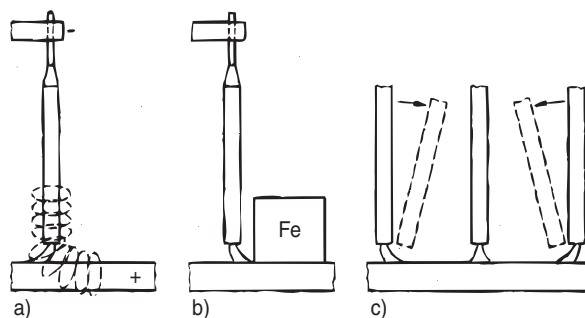


Рис. 19 Отклонение электрической дуги окружающими магнитными полями

токоом особенно сильно, его следует избегать или хотя бы существенно снизить выбром сварки переменным током, если это возможно.

Особенно сильным дутье может стать из-за окружающих масс стали при сварке корня. Здесь может помочь подход, когда магнитный поток поддерживается близко расположенными друг к другу, не слишком короткими прихватками.

7.4 Сварочные параметры

При ручной сварке стержневыми электродами регулируется только сила тока, напряжение дуги определяется длиной дуги, поддерживаемой сварщиком. При регулировке силы тока следует учитывать токонагрузочную способность используемого электрода данного диаметра. Таблица 5 дает ориентировочные данные токонагрузочной способности для электродов разного диаметра.

При этом применяется следующее правило: нижние границы применяются для сварки корня и положения PF, а верхние - для остальных положений, заполняющего и верхнего слоев. При возрастающей силе тока возрастает и мощность расплавления и связанная с ней скорость сварки. При возрастании тока провар также увеличивается. Указанные значения силы тока применяются только для нелегированных и низко легированных сталей. Для высоколегированных сталей и материалов на основе никеля ввиду высокого электрического сопротивления центрального стержня должны устанавливаться более низкие значения.

Регулируемые параметры для разных сварочных заданий приведены в Таблица 4, Таблица 6 и Таблица 7, [2], [5].

8 Техника безопасности

Диаметр (d, мм)	Длина (l, мм)	Сила тока (I, A)	Эмпирическое правило для силы тока, A
2,0	250/300	40... 80	20...40 x d
2,5	350	50...100	
3,2	350/400	90...150	30...50 x d
4,0	350/400	120...200	
5,0	450	180...270	
6,0	450	220...360	35...60 x d

Таблица 5 Значения силы тока в зависимости от диаметра электрода

При ручной сварке стержневыми электродами для сварщика существуют опасности, создаваемые дымом и газами, выделяющимися из оболочки стержневых электродов и испарении металла, излучения видимого спектра, а также ультрафиолетовым и инфракрасным излучением электрической дуги, а также опасность поражения электрическим током.

По действующим в настоящее время инструкциям по предотвращению несчастных случаев при ручной сварке стержневыми электродами на стационарных сварочных площадках должен быть предусмотрена отсасывающая вентиляция непосредственно на участке возникновения вредных газов. Только при кратковременной и нестационарной сварке при определенных условиях допускается свободный обдув или общая техническая вентиляция помещения.

Толщина листа, мм	Положение сварки	Тип шва	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, ампер	Примечание
4	PA	V	RA	2,5	75	-
				3,2	140	Корень
6	PA	V	RA	4,0	180	Верхний слой
				3,2	120	Корень
10	PF	V	RB	4,0	170	Верхний слой
				3,2	95	Корень
15	PA	V	B	4,0	160	Верхний слой
				3,2	130	Корень
15	PF	V	B	3,2	90	Корень
				4,0	140	Верхний слой
20	PA	V	B	4,0	160	Корень
				5,0	220	Заполняющий и верхний слой
20	PF	V	B	3,2	90	Корень
				4,0	140	Заполняющий и верхний слой

Таблица 4 Регулируемые параметры для стыковых швов на нелегированных и низколегированных листовых материалах. Значения из [2] и [5]

Толщина стенки, мм	Положение сварки	Тип шва	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, ампер	Примечание	
8	PG	V	С	4,0	125	Корень	
					170	Горячий проход	
					150	Средний слой	
					130	Верхний слой	
10				4,0	130	Корень	
					180	Горячий проход	
					5,0	190	Средний слой
						175	Верхний слой
12				4,0	130	Корень	
					180	Горячий проход	
					5,0	200	Средний слой
						175	Верхний слой

Таблица 6 Регулируемые параметры для стыковых швов на трубах из нелегированной и низколегированной стали Значения из [2]

а-размер, мм	Положение сварки	Тип шва	Тип электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, ампер	Примечание	
2	PG	T	RC	2,5	70	-	
3	PB		RR	3,2	130	-	
4			RR160	4,0	180	-	
			190		-		
5			RR	5,0	180	Корень	
			240		Верхний слой		
6			RR160	RR	4,0	290	-
			180			Корень	
			5,0		240	Верхний слой	
					255	-	
8			PF	B	3,2	110	Корень
	4,0				140	Верхний слой	

Таблица 7 Регулируемые параметры для угловых швов на нелегированной и низколегированной стали Значения из [2]

Излучение электрической дуги вызывает ослепление глаз и может привести к „выгоранию“ глаз, т.е. их воспалению. Однако излучение может также привести к ожогам кожи и явлениям, схожим с солнечным ожогом. Учитывая это, сварщик обязан защитить себя соответствующей защитной одеждой и щитком с соответствующими защитными фильтрами по стандартам EN 166 и EN 169. В качестве защитного фильтра следует использовать фильтры ступеней от 9 (для тонких электродов и низкой силы тока) до 14 (для толстых электродов и высокой силы тока). Прозрачное стекло перед защитным фильтром или прозрачные очки защищают от ожогов глаз при выбросах шлака.

Опасность поражения электрическим током при электродуговой сварке возникает в основном из-за напряжения холостого хода, т.к. оно является самым высоким напряжением, присутствующим при включенном источнике тока между двумя полюсами при простое сварки. В отличие от него присутствующее во время сварки напряжение дуги значительно ниже и составляет в зависимости от диаметра электрода и длины дуги около 20-30 вольт. Поэтому значение напряжения холостого хода ограничивается правилами предупреждения несчастных случаев. С постоянным током оно не должно превышать пикового значения 113 вольт, а с переменным - 113 вольт и эффективным значением 80 вольт.

Особенно велика опасность поражения электрическим током для сварщика при сварке в тесных и влажных помещениях и на/внутри массивных стальных конструкциях. Здесь допускаются источники постоянного тока с пиковым значением до 113 вольт. При переменном токе значение напряжения холостого хода еще более ограничено. Его пиковое значение не должно превышать 68 вольт, а эффективное - 48 вольт. Источники сварочного тока, выполняющие это требование, имеют особую маркировку. Аппараты, изготовленные в последнее время, имеют знак „S“ (Безопасность), на более старых имеется маркировка „K“ на источниках постоянного тока и „42 V“ на источниках переменного тока.

Однако сварщик должен и сам следить за тем, чтобы не касаться токоведущих деталей и иметь на себе изолирующую одежду, обувь с

хорошими резиновыми подошвами и кожаные перчатки. При работе на металлоконструкциях дополнительно рекомендуется использовать изолирующий мат.

9 Особенности применения данного метода на разных материалах

Ручная сварка стержневыми электродами применяется сегодня в основном для сварки нелегированных и низколегированных сталей, а также строительных сталей, жаростойких, высокопрочных и холодновязких сталей, а также нержавеющей хром-никелевых сталей и никелевых сплавов. Еще одной областью применения стержневых электродов является наплавка.

В отличие от этого сварка алюминия и алюминиевых сплавов, а также меди и медных сплавов стержневыми электродами с покрытием была практически полностью замещена сваркой в защитном газе и в настоящее время используется лишь в качестве крайнего средства, когда, например, на строительных площадках организация сварки в атмосфере защитного газа невозможна.

Ниже излагаются некоторые особенности и возможности применения для разных материалов.

9.1 Нелегированные и низколегированные стали

Для нелегированных и низколегированных сталей ручная сварка стержневыми электродами вследствие незначительной потребности применяется лишь на малых предприятиях с низкой интенсивностью сварочных работ, где приобретение более крупных сварочных установок экономически невыгодно. Кроме того, стержневые электроды еще применяются на строительных площадках, например, при сварке на открытом воздухе, где сварка в защитном газе требует сложных приготовлений для защиты от ветра, Рис. 20.

Во всех других случаях этот метод должен доказать свою экономическую эффективность по сравнению с другими, механизированными методами дуговой сварки. Поэтому там, где это возможно, применяются электроды высокой мощности с выводом 160-180 %. Рутиловые электроды с высоким выводом благодаря высокой скорости сварки и хорошему внешнему



Рис. 20 Применение в качестве источника питания инвертора PICO 140 (4,6 кг/140 А) на строительной площадке

виду шва очень хорошо подходят для сварки угловых швов с а-размером 3-5 мм.

В изготовлении напорных резервуаров и котлов популярностью пользуются основные стержневые электроды из-за отличных свойств сварочного соединения, причем более высокое качество соединений оказывается иногда более важным фактором, чем экономические соображения.

Высокопрочные стали, к которым относится также строительная сталь S355, если используется материал со значительной толщиной (>20 мм), имеют склонность к растрескиванию при сварке, если друг на друга накладываются три фактора, а именно высокое содержание водорода, высокие напряжения и резкое охлаждение после сварки. Таких трещин, вызванных водородом, легче всего избежать, если содержание водорода в металле шва удерживается низким (<5 мл/100 г). Поскольку при ручной сварке стержневыми электродами в противоположность сварке в защитном газе водород передается прежде всего из покрытия, для этих целей должны использоваться только сухие основные электроды. Влажные электроды и электроды, в отношении которых существует подозрение, что они набрали влагу, перед сваркой

необходимо просушить. В качестве ориентировочного значения для сушки можно использовать температуру 250-350 °С и время выдержки 1-2 часа, однако у разных производителей оно может быть различным. Лучше всего следовать инструкциями производителя.

9.2 Высоколегированные стали и никелевые сплавы

Относительно широкое применение ручная сварка стержневыми электродами получила еще в сфере изготовления химического оборудования при сварке нержавеющей CrNi-сталей. В противоположность сварке в защитном газе при ручной сварке стержневыми электродами сварной шов при охлаждении дополнительно защищен от атмосферы шлаком. Поэтому швы окисляются меньше. Возникающую оксидную пленку перед вводом компонента в эксплуатацию следует удалить щеткой, шлифованием, пескоструйной обработкой либо травлением, т.к. она ухудшает его характеристики коррозионной стойкости. Из-за меньшего окисления поверхности требуются меньшие издержки на чистку швов. Это может компенсировать некоторые экономические преимущества, которыми обладает сварка МАГ по сравнению с ручной сваркой стержневыми электродами. Иногда при сварке коррозионноустойчивых сталей из опасения непроваров сварке МАГ предпочитают ручную сварку стержневыми электродами.

Так как аустенитные стали не становятся хрупкими и не проявляют склонности к растрескиванию даже под воздействием водорода, для этих сталей применяются в основном электроды с рутиловым покрытием, которые отличаются хорошим внешним видом шва. Это касается в первую очередь угловых швов и верхних слоев. Для этого предлагаются электроды высокой мощности с долей вывода 160 %.

Электроды для сталей с высокими антикоррозионными характеристиками и никелевых сплавов поставляются, напротив, чаще всего с основным покрытием. Этот тип покрытия может оказаться необходимым для двухслойных сталей, которые из-за своей двухфазовой структуры более чувствительны к водородному охрупчиванию.

При сварке высоколегированных материалов следует избегать перегрева, так как они

ухудшают вязкость и коррозионную стойкость сварного соединения, и повышают вероятность возникновения горячих трещин. Поэтому на тонких изделиях рекомендуется время от времени делать паузы для охлаждения либо ускорять охлаждение путем подкладывания медных брусков.

9.3 Наплавка

Стержневые электроды позволяют выполнять легирование через покрытие для твердых сплавов, которые невозможно изготовить в форме массивной проволоки по причине деформируемости, например, чугуновые сплавы с высоким содержанием хрома. Альтернативой здесь является порошковая проволока, которая может легироваться через стержень, однако в этой сфере еще достаточно активно используется ручная сварка стержневыми электродами.

10 Применение ручной сварки стержневыми электродами

Ручная сварка стержневыми электродами в принципе может применяться уже начиная с толщины стенки 1,5 мм, однако многие производители стержневых электродов в настоящее время производят их для толщины не менее 2,0 мм Ø, так как очень тонкие листы в большинстве случаев свариваются сваркой ВИГ. Таким образом, минимальная доступная для сварки толщина листа для ручной сварки стержневыми электродами увеличивается до 2 мм.

Доля ручной сварки стержневыми электродами за последние годы постоянно снизилась в пользу сварки МИГ/МАГ. По новейшей статистике ее доля, в отношении ко всем методам дуговой сварки, на сегодня составляет около 7,5 % [6].

Основными областями применения до сих пор является судостроение, где применяются преимущественно угловые швы, и металлоконструкции, где стержневые электроды применяются в основном на строительных площадках. По преимуществам ручной сварки стержневыми электродами в изготовлении котлов, аппаратов и трубопроводов уже говорилось в предшествующих разделах. Еще одной дополнительной областью применения являются предприятия, отвечающие за текущий



Рис. 21 Применение ручной сварки стержневыми электродами в изготовлении резервуаров

ремонт оборудования, в частности, как стыковой, так и наплавной сварки.

10.1 Варианты применения

В качестве иллюстрации по многим другим сферам применения ниже приведены два примера типичных возможностей применения ручной сварки стержневыми электродами.

Рис. 21 представляет применение в сфере изготовления резервуаров.

На резервуар, изготовленном способом машинной сварки, необходимо приварить навешиваемые детали. Для этого подходит ручная сварка стержневыми электродами. Применение инвертера малого веса в качестве источника тока оказывается в этой ситуации особенно целесообразным. Можно отказаться



Рис. 22 Применение ручной сварки стержневыми электродами в изготовлении перил

от длинных, а значит толстых и менее гибких сварочных проводов, поскольку инвертор может быть установлен рядом или на самом изделии.

Второй пример (Рис. 22) показывает применение ручной сварки стержневыми электродами в изготовлении перил.

Многие слесарные мастерские и мелкие заводы металлоконструкций производят решетки, балконы и перила, которые предварительно изготавливаются в мастерской и окончательно собираются на строительной площадке. При этом возникает необходимость выполнения многочисленных коротких сварочных швов, для которых ручная сварка стержневыми электродами идеально подходит.

11 Литература

- [1] Killing, R.: Kompendium Schweißtechnik Band 1 – Verfahren der Schweißtechnik Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 128/1, DVS-Verlag Düsseldorf 1997
- [2] Killing, R.: Handbuch der Lichtbogenschweißverfahren Band 1 – Lichtbogenschweißverfahren, Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 76/I, DVS-Verlag Düsseldorf 1999.
- [3] Killing, R. und H. Lorenz: Schweißgeräte für das Lichtnetz – Schein und Wirklichkeit Metallbau H. 3/2000, S. 62-64.
- [4] Susa, F. und R. Killing: Moderne Multifunktionsanlagen – Eigenschaften und Anwendung DVS-Jahrbuch Schweißtechnik 2002, S. 158-164, DVS-Verlag Düsseldorf 2001
- [5] G. Aichele: Leistungskennwerte für Schweißen und Schneiden, Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 72, DVS-Verlag Düsseldorf 1994.
- [6] Killing, R.: Metallschutzgasschweißen hat weiter zugenommen – Anwendungsumfang der Schmelzschweißverfahren, Praktiker H. 11/2001, S. 435-436.

12 Выходные данные

Справочное руководство по сварке МИГ/МАГ, 2 издание 2002

Издание серии справочной литературы компании EWM "Все о сварке"

Все права сохранены.

Перепечатка, даже в виде выдержек, запрещена. Запрещается воспроизведение либо обработка, размножение или распространение при помощи электронных систем каких-либо частей данной брошюры в любой форме (фотокопия, микрофильм или иной способ) без письменного разрешения компании EWM.

© EWM HIGHTEC WELDING GmbH

Dr.-Günter-Henle-Str. 8

D-56271 Mündersbach

Тел.: +49(0)2680.181-121

Факс: +49(0)2680.181-161

<mailto:info@ewm.de>

<http://www.ewm.de>

Набор:

EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

Печать:

Müller Digitaldruck GmbH, Montabaur

Мы предлагаем следующую информацию:

В серии справочной литературы «Вокруг сварки» можно найти пособия и разъяснительные плакаты по ручной сварке стержневыми электродами, сварке ВИГ, плазменной сварке и сварке МИГ/МАГ.



Кроме того, все эти сведения можно получить в Интернете по адресу. . .



www.ewm.de

Брошюры: изображения, темы, описание продуктов.



Специализированные статьи и другие материалы о высокопроизводительной сварке МАГ, плазменной сварке по алюминию или импульсной сварке ВИГ.



Продажа, консультации, обслуживание

EWM / HIGHTEC®
WELDING

SIMPLY MORE

EWM HIGHTEC WELDING GmbH

Dr.-Günter-Henle-Strasse 8 · D-56271 Mündersbach
Phone +49(0)26 80-18 10 · Fax +49(0)26 80-18 12 44

www.ewm.de · info@ewm.de