

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ
НА ДОЛЮ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛЕ ШВА
И НА ЕГО РАЗМЕРЫ**

Методические указания к лабораторной работе



Волгоград
2014

УДК 621.79 (075)

Рецензент

В. И. Кузьмин

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Влияние параметров режима ручной дуговой сварки на долю основного металла в металле шва и на его размеры : метод. указания к лабораторной работе / сост. : О. П. Бондарева, И. Л. Гоник ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 12 с.

Предназначены для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения, выполняющих лабораторные работы по курсам: «Основы сварочного производства», «Технология конструкционных материалов».

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. : 4. назв.

© Волгоградский государственный
технический университет, 2014

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является определение влияния параметров режима ручной дуговой сварки на долю основного металла в металле шва и на его размеры, а также на погонную энергию сварки.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Экспериментально подобрать электрод и определить режим дуговой сварки. Изучить влияние марки электрода на геометрические параметры сварного шва.

2.2. По предложенной методике определить долю основного металла в металле сварного шва и погонную энергию при ручной дуговой сварке.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для получения качественного сварного шва необходимо правильно выбрать режим сварки. Под режимом сварки понимают совокупность контролируемых параметров, определяющих условия сварки. Параметры режима сварки подразделяют на основные и дополнительные. К основным параметрам режима ручной дуговой сварки относят диаметр электрода, величину, род и полярность тока, напряжение на дуге, скорость сварки, число проходов. К дополнительным параметрам относят состав и толщину покрытия электрода, положение электрода и изделия при сварке. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла, катета шва и положения шва в пространстве. При этом можно использовать следующие данные при сварке в нижнем положении:

Толщина металла, мм.	0,5	1 — 2	2 — 5	5 — 10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм.	1,5	2 — 2,5	2,5 — 4,0	4 — 6	4 — 8

Величина сварочного тока зависит от диаметра электрода, типа соединения, положения шва в пространстве, толщины и вида обмазки электрода, его рабочей длины. Практически величину сварочного тока $I_{св}$, А, определяют в зависимости от диаметра электрода по формуле

$$I = kd, \quad (3.1)$$

где d — диаметр электрода, мм;

k — коэффициент пропорциональности, равный 45—60 А/мм, при ручной сварке стальными электродами; 18—22 А/мм при сварке графитовыми электродами; 5—8 А/мм при сварке угольными электродами.

Длина дуги оказывает существенное влияние на качество шва: чем короче дуга, тем выше качество наплавленного металла. Длину дуги l , мм, определяют по формуле

$$l = 0,5d + 1, \quad (3.2)$$

где d — диаметр электрода, мм.

Ручная дуговая сварка обычно осуществляется при токе свыше 50 А, в этом случае напряжение горения дуги U , В зависит только от длины дуги и определяется по формуле

$$U = \alpha + \beta l, \quad (3.3)$$

где l — длина дуги, мм;

α — коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах,

β — коэффициент, характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги.

Для стальных электродов $\alpha = 10 - 12$ В, для угольных $\alpha = 35 - 38$ В; $\beta = 2,0 - 2,5$ В/мм.

Производительность сварки зависит от продолжительности сварки и диаметра электрода, и определяется количеством расплавленного металла в единицу времени. Продолжительность сварки T , ч определяют по формуле

$$T = \frac{t_o}{k}, \quad (3.4)$$

где t_o — продолжительность горения дуги, ч;

k — коэффициент загрузки сварщика, равный 0,4 - 0,3, в зависимости от характера выполняемой работы.

Продолжительность горения дуги t_o , ч, определяют по формуле

$$t_o = \frac{G_i}{I\alpha_i}, \quad (3.5)$$

где G_i — количество наплавленного металла, г,

I — сварочный ток, А;

α_i — коэффициент наплавки, т. е. количество наплавленного электродного металла в граммах в течение 1 ч, приходящееся на 1 А сварочного тока, с учетом марки электрода, потери металла на угар и разбрызгивание. Для электродов с тонким покрытием $\alpha_i = 7 - 8$ г/А·ч, для электродов с толстым покрытием $\alpha_i = 10 - 12$ г/А·ч и более.

Количество наплавленного металла G_n , г, определяют по формуле

$$G_i = F\gamma l, \quad (3.6)$$

где F - поперечное сечение наплавленного металла, см^2 ;

γ - плотность наплавленного металла, г/см^3 ;

l - длина шва, см .

Скорость сварки $V_{св}$, м/ч , определяют по формуле

$$V_{св} = \frac{L}{t_o}, \quad (3.7)$$

где L — длина шва, м ;

t_o — продолжительность горения дуги, ч .

Рабочим местом для ручной дуговой сварки служит сварочный пост оснащенный источником питания, токоподводом, необходимыми инструментами (электрододержатель, стальные щетки, молоток, чертилка, шаблоны, мел, стальное клеймо, щитки и маски) и приспособления. Стационарный пост сварщика находится в изолированной кабине, куда подводится ток. Возбудить сварочную дугу можно двумя способами:

- 1) прикосновением торца электрода к изделию и отводом от него на расстояние 3—4 мм;
- 2) быстрым боковым движением электрода по изделию и отводом от него (по методу зажигания спички).

Прикосновение электрода должно быть кратковременным, чтобы, избежать приваривания его к изделию. Длина дуги значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и обеспечивает получение высококачественного сварного шва, так как расплавленный металл быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Для правильного формирования шва при сварке плавящимся электродом необходимо электрод держать наклонно, под углом 15 - 20° от вертикальной плоскости. Изменяя угол наклона электрода, можно регулировать глубину проплавления (провара) основного металла и влиять на скорость охлаждения сварочной ванны. При сварке тонких листов наплавливают узкий валик (шириной 0,8 — 1,5 диаметра электрода) без поперечных колебаний электрода. В других случаях, при сварке толстых листов, применяют уширенные валики с поперечными колебаниями электрода (рис. 3.1). Для широких швов, получаемых с поперечными колебаниями ширина шва равна $b = (1,5 - 5,0) d_e$.

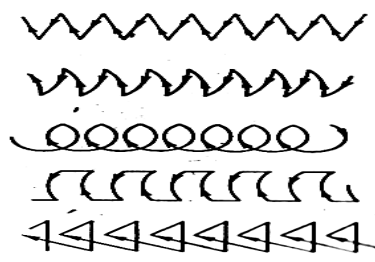


Рисунок 3.1. - Схемы движения электрода при ручной электродуговой сварке.

Наиболее удобными для сварки является выполнение сварных швов в нижнем положении. Основная трудность при сварке в нижнем положении – обеспечить равномерное проплавление с обратной стороны стыка. При недостаточном токе или увеличении длины дуги возникает непровар, а при чрезмерном токе прожог. Поэтому при сварке ответственных изделий проваривают стык с обратной стороны шва или сваривают его на подкладке, устанавливаемой под кромки деталей. При сварке горизонтальных швов верхний лист подвергается разделке. Дугу возбуждают на кромке нижнего листа, а затем постепенно переходят на скошенную верхнюю кромку. Вертикальные швы сваривать труднее вследствие стекания расплавленного металла. Для уменьшения стекания металла сварку осуществляют короткой дугой и в направлении снизу вверх, за исключением листов толщиной до 1,5 мм. Сварку потолочных швов осуществляют очень короткой дугой электродами с тугоплавкой обмазкой, которая образует вокруг электрода коронку, удерживающую электродный металл.

Повышение производительности ручной дуговой сварки достигается применением скоростных методов сварки. Важнейшими технологическими приемами скоростной сварки являются сварка с глубоким проплавлением, сварка спаренным электродом, пучком электродов, многоэлектродная сварка трехфазной дугой, сварка лежащим электродом и т. д.

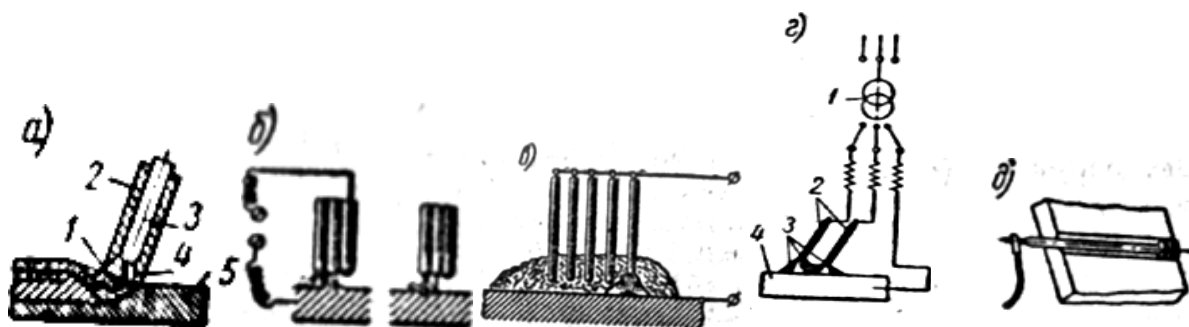


Рисунок 3.2. Скоростные методы ручной сварки

При сварке с глубоким проплавлением (рис. 3.2,а) производительность сварки повышается на 150—200 %. Электроды покрывают качественной обмазкой 2, которая имеет более высокую температуру плавления, чем металл электродного стержня 3. Расплавившийся металл 1 находится внутри обмазки 4, имеющей вид конусного чехла, соприкасающегося с поверхностью свариваемых изделий 5. Этот чехол предохраняет дугу от короткого замыкания, позволяет лучше использовать тепло дуги и обеспечивает более глубокий провар. При сварке спаренным электродом два электрода соединяют так, чтобы один стержень был длиннее другого на 30 — 40 мм. Эти электроды имеют общий слой обмазки. Дуга образуется между длинным стержнем и изделием, а короткий стержень расплавляется за счет избыточного тепла дуги. Разновидностью сварки спаренным электродом является сварка пучком электродов (3 — 4 штуки). При определении силы тока по формуле (3.1) принимают суммарный диаметр электродов в пучке и $k = 20 - 30$. Электроды изолированы друг от друга, так как каждый из них имеет отдельную обмазку. Схема сварки пучком электродов показана на рис. 3.2, б. При возбуждении дуги ток сначала проходит через первый электрод, затем через второй, третий и т. д. Во время горения дуги между первым электродом и изделием второй электрод подогревается. Разновидностью этого способа является многоэлектродная наплавка блуждающей дугой (рис. 3.2, в). Несколько электродов собирают в один ряд в виде гребенки, с небольшим расстоянием друг от друга. Ток подводится одним полюсом к изделию, а другим — ко всем электродам. Дуга под слоем флюса перемещается от одного электрода к другому или одновременно горит от нескольких электродов. В процессе сварки автоматически подаются электроды и флюсы.

При сварке трехфазной дугой (рис. 3.2, г) по сравнению со сваркой однофазной дугой повышается производительность труда в 2 — 3 раза, получается экономия электроэнергии (25 %) и более глубокий провар сварного соединения. Каждая фаза источника тока 1 подключается отдельно к двум параллельным электродам 2; имеющим толстую обмазку, а третья фаза подключена к изделию 4. При замыкании цепи образуются три дуги 3: между каждым электродом и изделием и третья между электродами. Дуги обеспечивают стабильность процесса, так как при обрыве дуги две другие будут гореть.

К скоростным методам относят также сварку лежащим электродом (рис.3.2, д). Электрод с качественной обмазкой или пучок электродов укладывают между кромка-

ми при стыковом соединении или в угол при тавровом соединении. Сварку осуществляют на постоянном или переменном токе. Ток подводят к электроду и изделию. Лучшие результаты получаются при сварке на постоянном токе прямой полярности.

Независимо от типа и способа выполнения сварной шов состоит из определенной доли основного и электродного металла. Увеличение силы сварочного тока приводит к увеличению эффективной тепловой мощности дуги $Q_{эф}$, вследствие чего увеличиваются глубина проплавления, выпуклость, ширина валика и скорость плавления электрода. В результате этого доля основного металла в металле шва повышается. Для определения доли основного металла в металле шва (а в данном случае наплавленного валика) γ_o требуется знать площадь сечения наплавленного валика F_n , мм², определяемую по формуле (3.8) и площадь сечения проплавленного металла, которая с некоторой погрешностью может быть определена по формуле (3.9)

$$F_n = 0,75bc, \quad (3.8)$$

$$F_{i\delta} = 0,75\tilde{n}h, \quad (3.9)$$

тогда

$$\gamma_i = \frac{F_{i\delta}}{F_{i\delta} + F_i}, \quad (3.10)$$

Повышение напряжения на дуге приводит к уменьшению глубины провара, так как увеличиваются потери тепла на лучеиспускание, угар и разбрызгивание. Вследствие увеличения длины дуги увеличивается площадь нагрева изделия, т. е. увеличивается ширина валика и, следовательно, уменьшается его выпуклость, так как на величину коэффициентов α_p и α_n напряжение влияет незначительно. Доля же основного металла в металле шва при ручной электродуговой сварке с увеличением напряжения практически не изменяется. Увеличение диаметра электрода (при силе сварочного тока той же величины) приводит к уменьшению плотности сварочного тока, понижению температуры дуги, что влечет за собой уменьшение глубины провара, увеличение ширины валика и уменьшение доли основного металла в металле шва.

Погонная энергия сварки — это отношение эффективной тепловой мощности дуги, расходуемой на нагрев изделия, к скорости сварки, она определяет количество тепла, приходящееся на один сантиметр однопроходного шва или валика, т. е.

$$q_i = \frac{Q_{эф}}{V_{\tilde{n}a}} \approx 14500F, \quad (3.11)$$

где F — сечение шва или валика, см².

Следовательно, увеличение погонной энергии сварки приводит к увеличению площади сечения шва, т.е. к изменению доли основного металла в металле шва и формы валика. Скорость перемещения дуги при однопроводной сварке равна скорости сварки.

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

4.1 Сварку следует выполнять в специальной брезентовой куртке и брюках с головным убором и закрытой обуви. За процессом сварки необходимо наблюдать через специальный светофильтр, встроенный в фибровый щиток или маску сварщика.

4.2 Наплавку валиков на пластину осуществляет учебный мастер.

4.3 В процессе наплавки валиков необходимо следить за тем, чтобы брызги жидкого металла и шлака не попали на одежду и обувь наблюдающих за процессом сварки.

5. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

5.1 Материалы для проведения лабораторной работы: электроды типа Э-46Т (АНО-4), Э-42АФ (УОНИ 13/45) или другие; пластины из низкоуглеродистой стали (100x100x10 мм).

5.2 Оборудование, приспособления и инструмент: пост для сварки на постоянном токе с электроизмерительными приборами; секундомер; переносные настольные тиски; трубка; бак для охлаждения проб; пресс для излома проб; чертилка, линейка, штангенциркуль.

6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, РАСЧЕТ РЕЖИМА СВАРКИ

6.1 Изучить влияние марки электрода на форму шва

6.1.1 Подготовить пост к работе.

6.1.2 Зачистить пластины, собрать их встык, пользуясь специальной трубкой, и прихватить по торцам.

6.1.3 Разметить на пробе мелом положение валиков.

6.1.4 Подобрать силу тока 140 — 150А при диаметре электрода 4 мм.

6.1.5 Наплавить валики перпендикулярно к стыку электродами различных марок при данном режиме, отмечая силу тока, напряжение на дуге и время ее горения.

6.1.6 Замаркировать каждый валик и измерить его длину.

6.1.7 Произвести излом пробы на ручном прессе, предварительно охладив ее до комнатной температуры

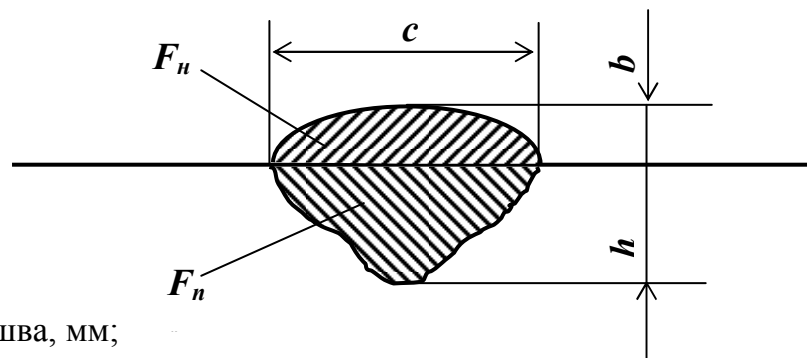
6.1.8 Измерить штангенциркулем ширину шва c , выпуклость b , глубину проплавления (провара) h . (рис.6.1) Пользуясь линейкой и чертилкой, провести линию раздела наплавленного и проплавленного металлов.

6.1.9 Рассчитать F_{np} , F_H , γ , $V_{св}$, q_n по соответствующим формулам.

6.1.10 Размеры валиков (h , b , c) на образцах измерить штангенциркулем.

6.2 Изучить влияние силы сварочного тока на форму и размеры шва.

6.2.1 На пробе наплавить два валика перпендикулярно к стыку электродом Э-46Т (АНО-4) при силе сварочного тока 190 и 220 А, фиксируя силу тока, напряжение на дуге, время горения дуги.



c – ширина шва, мм;

b – выпуклость шва, мм;

h – глубина проплавления, мм;

F_n – площадь сечения наплавленного валика, мм²;

F_{np} – площадь сечения проплавленного металла, мм².

Рисунок 6.1. Схема для определения формы и размеров шва.

6.2.2 Замаркировать каждый валик и измерить его длину.

6.2.3 Произвести излом пробы на ручном прессе, предварительно охладив ее до комнатной температуры.

6.2.4 Измерить размеры валиков h , b , c и рассчитать F_{np} , F_H , γ , $V_{св}$, q_n

Данные всех измерений и результаты расчетов занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты экспериментов

Марка электрода	Результаты измерений							Результаты расчетов				
	Режим			Размеры валика, мм				Площадь, мм ²		Доля γ основного металла в металле шва	Скорость сварки, см/с,	Погонная энергия, Дж/см,
	сила тока, А	напряжение, В	время горения дуги, с	длина, L	ширина, c	выпуклость, b	глубина провара, h	проплавленного металла, F_{np}	наплавленного металла, F_H			

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 7.1. Отчет по лабораторной работе оформляется согласно ГОСТ 7.32-2001.
- 7.2. Указать тему и цель работы.
- 7.3. Кратко изложить теоретическую часть работы.
- 7.4. Кратко описать методику эксперимента.
- 7.5. Привести формулы, используемые в работе, с расшифровкой буквенных обозначений.
- 7.6. Результаты измерений и расчетов свести в таблицу.
- 7.7. Сформулировать выводы по полученным результатам

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 8.1. Что называют режимом ручной дуговой сварки?
- 8.2. Какие параметры определяют режим ручной дуговой сварки?
- 8.3. От чего зависит величина сварочного тока?
- 8.3. Что входит в состав сварочного поста ручной дуговой сварки?
- 8.4. Какие применяют приемы зажигания сварочной дуги?
- 8.5. Как влияет длина дуги на форму сварного шва?
- 8.6. Каковы особенности сварки нижних, горизонтальных, вертикальных и потолочных швов?
- 8.7. Как определяется скорость перемещения дуги при отсутствии специальных фиксирующих приборов?
- 8.8. В чем заключается преимущество сварки пучком электродов?
- 8.9. В чем состоит сущность сварки лежачим электродом?
- 8.10. В чем состоит сущность сварки трехфазной дугой?
- 8.11. В чем состоит сущность сварки наклонным электродом?
- 8.11. Какие элементы геометрической формы сварного шва Вы знаете?
- 8.12. Какие элементы геометрической формы подготовки кромок под сварку Вы знаете?
- 8.13. От чего зависит продолжительность горения дуги при ручной дуговой сварке?
- 8.14. Почему при увеличении эффективной тепловой мощности дуги увеличивается доля участия основного металла в металле шва?
- 8.15. Как определить долю участия основного металла в металле шва?
- 8.16. Что называют погонной энергией сварки и как ее определяли в лабораторной работе?
- 8.17. Изложите тему и цель работы, а также методику эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие/ М.Д. Баннов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; Под ред. Ю.В. Казакова.- М.: Издательский центр «Академия», 2000 – 400с.
2. Виноградов В.М. Основы сварочного производства. Учебное пособие/ В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин, Н.Ф. Шпунькин – М., Академия, 2008 - 269с
3. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. / Под ред. А.М. Дальского./ - М.: Машиностроение, 2005 — 592 с.
4. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1974 – 184 с.

Учебное издание

Составители:

Ольга Петровна **Бондарева**

Игорь Леонидович **Гоник**

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ
НА ДОЛЮ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛЕ ШВА
И НА ЕГО РАЗМЕРЫ**

Методические указания к лабораторной работе

Темплан 2014 г. (учебно-методическая литература). Поз. № 160.
Подписано в печать 28.07.2014. Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,69.
Тираж 10 экз. Заказ

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7.