МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
«САМАРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

МДК.02.02.Технология газовой сварки

МДК.02.04.Технология электродуговой сварки

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ - ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ, СЛУЖАЩИХ

по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки)

Самара 2016 г.

Аннотация

В методических указаниях приведены расчеты режимов сварки:
- ручной дуговой покрытыми электродами;
- в среде углекислого газа;
- механизированной и автоматической под слоем флюса;
- электрошлаковой пластинчатыми и проволочными электродами.

Методические указания содержат подробную последовательность определения параметров режимов сварки, сопровождающихся указанием необходимых формул, таблиц, графиков и номограмм, что позволит студентам самостоятельно рассчитать режимы сварки для различных толщин свариваемых металлов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Общие положения 5
2. Расчет режимов ручной дуговой сварки 6
2.1. Расчет режима сварки швов стыковых соединений 6
2.2. Расчет режима сварки угловых швов 12
3. Расчет режимов сварки в среде углекислого газа 15
3.1. Расчет режима сварки в среде углекислого газа швов стыковых соединений 15
3.2. Расчет режима сварки в среде углекислого газа угловых швов сварных соединений 19
4. Расчет режимов механизированной (полуавтоматической) и автоматической сварки под слоем флюса 22
4.1. Расчет режима сварки швов стыковых соединений 22
4.2. Расчет режима сварки угловых швов сварных соединений 25
5. Расчет режимов электрошлаковой сварки 29
5.1. Расчет режима электрошлаковой сварки проволочными электродами 31
5.2. Расчет режима электрошлаковой сварки пластинчатыми электродами 35
Заключение 40
Приложение А. Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки 41
Приложение Б. Ориентировочные режимы полуавтоматической (механизированной) и автоматической сварки в среде углекислого газа 43
Приложение В. Ориентировочные режимы сварки под флюсом 51
Приложение Г. Ориентировочные режимы электрошлаковой сварки 53
6. Список используемой литературы 55

Введение

Методические указания по проведению практических занятий адресовано студентам очной формы обучения по профессии 150709.02. Сварщик (электросварочные и газовые работы)

, специализация Технологии в сварочном производстве и предназначено для выполнения практических занятий и раздела «Расчет режимов сварки».

В данном пособии приводятся расчеты режимов:

- ручной дуговой покрытыми электродами;
- механизированной и автоматической в среде углекислого газа;
- автоматической и полуавтоматической под флюсом;
- электрошлаковой сварки стыковых и угловых швов сварных соединений.

4

1. Общие положения

1. При описании раздела «Расчет режимов сварки» следует:

а) дать определение режима, принятого для изготовления сварной конструкции вида сварки;

б) перечислить основные и дополнительные параметры режима выбранного вида сварки;

в) для примера привести расчет режима сварки стыкового или углового шва сварной конструкции, для чего сделать эскиз этого соединения в соответствии с типом соединения по ГОСТу на выбранный вид сварки.

2. Основные типы соединений, выполняемых под флюсом, регламентированы **ГОСТ 8713-79** – «Сварка под флюсом, соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».

3. Основные типы соединений, выполняемых в среде защитных газов также регламентированы **ГОСТ 14771-76** – «Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах. Основные типы и конструктивные элементы».

4. Основные типы соединений, выполняемых электрошлаковой сваркой регламентированы **ГОСТ 15164-78** – «Электрошлаковая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».

5. Основные типы соединений, выполняемых ручной дуговой сваркой регламентированы **ГОСТ 5264-80** – «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы и конструктивные элементы».

6. Результаты расчетов режимов сварки следует занести в таблицу.

2. Расчет режимов ручной дуговой сварки

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающую получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

При ручной дуговой сварке основными параметрами режима являются

1. Диаметр электрода, $d_{эл}$, мм.
2. Сила сварочного тока, $I_{св}$, А.
3. Напряжение на дуге, $U_{д}$, В.
4. Скорость сварки, $V_{св}$, м/ч.

Дополнительными параметрами режима являются:

5. Род тока.
6. Полярность тока (при постоянном токе).

2.1. Расчет режима сварки швов стыковых соединений

Швы стыковых соединений могут выполнятся с разделкой и без разделки кромок по ГОСТ 5264-80.

Диаметр электрода при сварке швов стыковых соединений выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей.

При выборе диаметра электрода при сварке стыковых швов в нижнем положении следует руководствоваться данными таблицы 1.

Таблица 1 - *Рекомендуемые диаметры электродов при сварке стыковых швов в нижнем положении, мм*

Толщина свариваемых деталей	Рекомендуемый диаметр электрода
1,5	1,6
2,0	2,0

6

3,0	3,0
4 - 5	3 - 4
6 - 8	4,0
9 - 12	4 - 5
13 - 15	5,0
16 - 20	5 - 6
21 - 24	6 – 10

При сварке многослойных швов на металле толщиной 10 – 12 мм и более первый слой должен свариваться электродами на 1 мм меньше, чем указано в таблице 1, но не более 5 мм (чаще всего 4 мм), так как применение электродов больших диаметров не позволяет проникнуть в глубину разделки для провара корня шва.

При определении числа проходов следует учитывать, что сечение первого прохода не должно превышать 30-35 мм^2 и может быть определено по формуле:

$$F_1 = (6 – 8) \cdot d_{эл}, \text{ мм}^2, \qquad (1)$$

а последующих проходов – по формуле:

$$F_c = (8 – 12) \cdot d_{эл}, \text{ мм}^2, \qquad (2)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения первого прохода, мм^2;

F_c – площадь поперечного сечения последующих проходов, мм^2;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Для определения числа проходов и массы наплавленного металла требуется знать площадь сечения швов.

Площадь сечения швов представляет собой сумму площадей элементарных геометрических фигур, их составляющих. Тогда площадь сечения одностороннего стыкового шва выполненного без зазора можно определить по формуле:

$$F_1 = 0{,}75\ e \cdot g, \text{ мм}^2, \qquad (3)$$

а при наличии зазора в соединении – по формуле:

$$(F_1 + F_2) = 0{,}75\ e \cdot g + S \cdot в,\ мм^2, \qquad (4)$$

где e – ширина шва, мм; g – высота усиления шва, мм; S – толщина свариваемого металла, мм; в – величина зазора в стыке, мм.

Площадь сечения стыкового шва с V–образной разделкой и с подваркой корня шва (см. рис. 1) определяется как сумма геометрических фигур:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + 2F_4, \qquad (5)$$

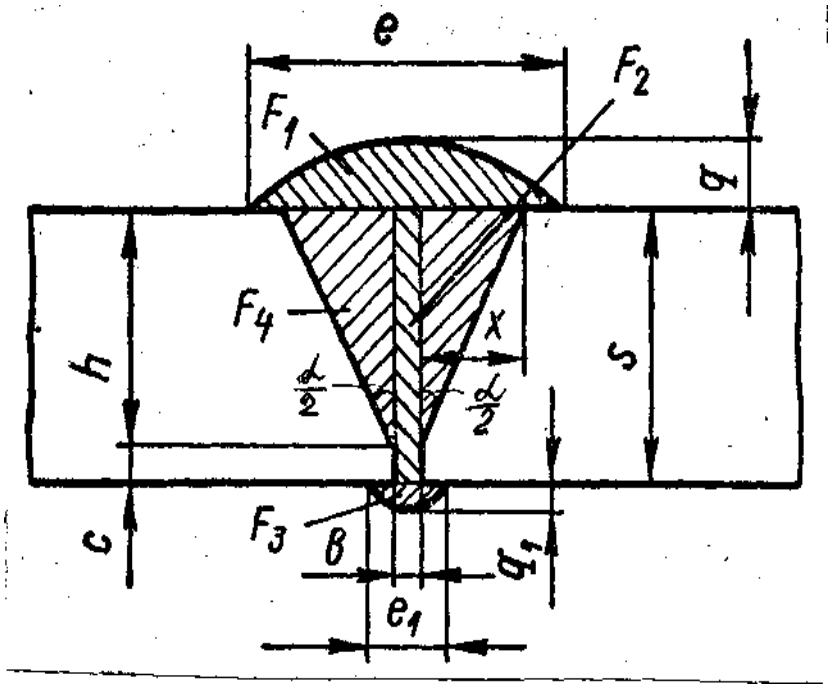

Рисунок.1. Геометрические элементы площади сечения стыкового шва:

где S – толщина металла, мм; h – глубина проплавления, мм; c – величина притупления, мм; e – ширина шва, мм; e_1 – ширина подварки корня шва, мм; в – величина зазора, мм; g – высота усиления шва, мм; g_1 – высота усиления подварки корня шва, мм; α – угол разделки кромок.

Глубина проплавления определяется по формуле:

$$h = (S - c),\ мм. \qquad (6)$$

8

Площадь сечения геометрических фигур ($F_1 + F_2$) определяют по формуле 4, F_3 – по формуле 3, а площадь прямоугольных треугольников F_4 определяют по формуле:

$$F_4 = h \cdot x/2, \text{ мм}^2, \qquad (7)$$

где $x = h \cdot tg\ \alpha/2$;

тогда:

$$F_4 = (h^2 \cdot tg\ \alpha/2)\ /2, \text{ мм}^2, \qquad (8)$$

Но рассматриваемая нами площадь V–образного шва состоит из двух прямоугольных треугольников, поэтому:

$$2F_4 = h^2 \cdot tg\ \alpha/2, \text{ мм}^2. \qquad (9)$$

Подставляя значения элементарных площадей в формулу (5), получим:

$$F_н = 0{,}75 \cdot e \cdot g + в \cdot S + 0{,}75\ e_1 \cdot g_1 + h^2 \cdot tg\ \alpha/2, \text{ мм}^2. \qquad (10)$$

При X–образной разделке площадь наплавленного металла подсчитывают отдельно для каждой стороны разделки.

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла ($F_н$), а также площадь поперечного сечения первого (F_1) и каждого из последующих проходов шва (F_c), находят общее число проходов «n» по формуле:

$$n = (F_n - F_1/F_c) + 1. \qquad (11)$$

Полученное число округляют до ближайшего целого.

Расчет сварочного тока при ручной дуговой сварке производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока по формуле:

$$I_{св} = F_{эл} \cdot j = (\pi \cdot d_{эл}^2 / 4) \cdot j, \text{ А}, \qquad (12)$$

где π – 3,14;

j – допустимая плотность тока, А/мм^2;

$F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, мм^2;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Сварочный ток определяется для сварки первого прохода и последующих проходов только при сварке многопроходных швов.

Допустимая плотность тока зависит от диаметра электрода и вида покрытия: чем больше диаметр электрода, тем меньше допустимая плотность тока, так как ухудшаются условия охлаждения (см. табл. 2).

Таблица 2 - *Допустимая плотность тока в электроде при ручной дуговой сварке*

Вид покрытия	Диаметр стержня электрода, мм				
	2	3	4	5	6 и более
Основное	15,0-20,0	13,0-18,5	10,0-14,5	9,0-12,5	8,5-12,0
Кислое, рутиловое	14,0-20,0	13,5-19,0	11,5-15,0	10,0-13,5	9,5-12,5

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в пределах 20-36 В и при проектировании технологических процессов ручной дуговой сварки не регламентируется.

Поэтому напряжение на дуге следует принять какое – то конкретное.

Скорость перемещения дуги (скорость сварки) следует определять по формуле:

$$V_{св} = L_н \cdot I_{св} / \gamma \cdot F_н \cdot 100, \text{ м/ч}, \qquad (13)$$

где $L_н$ – коэффициент наплавки, г/А час; (см. табл. 3)

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см^3 (7,8 г/см^3 – для стали);

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм^2.

10

Скорость перемещения дуги (скорость сварки) определяют для первого прохода и последующих проходов только при сварке многопроходных швов. Результаты расчета режима сварки стыкового шва следует занести в табл. 3.

Таблица 3 - *Режимы сварки стыкового шва и его размеры*

Сварка	Режимы сварки			
	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, В	$V_{св,}$ м/ч
Первого прохода				
Последующих проходов				

Расчет режима сварки угловых швов

При сварке угловых швов **диаметр электрода** выбирается в зависимости от катета шва.

Примерное соотношение между диаметром электрода и катетом шва при сварке угловых швов приведено в табл. 4.

Таблица 4 - *Рекомендации по выбору диаметра электрода при сварке угловых швов*

Катет шва, К, мм	2	3	4	5	6-8	9-12	12-20
Рекомендуемый диаметр электрода, $d_{эл}$, мм	1,6-2	2,5-3	3-4	4,0	4-5	5,0	5,0

При ручной дуговой сварке за один проход могут свариваться швы катетом не более 8 мм.

При больших катетах швов сварка производится за два и более проходов Максимальное сечение металла, наплавленного за один проход, не должно превышать 30 – 40 мм^2 (Fmax = 30÷40 мм^2).

Площадь поперечного сечения углового шва, которую необходимо знать при определении числа проходов, рассчитывают по формуле:

$$F_н = K_у \cdot K^2 / 2 \text{ мм}^2 , \qquad (14)$$

где $F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм^2;

К – катет шва, мм;

$K_у$ – коэффициент увеличения, который учитывает выпуклость шва и зазоры.

Для наиболее часто встречающихся угловых швов с катетом 2 – 20 мм, коэффициент $K_у$ выбирают по табл. 5.

Таблица 5 - *Рекомендации по выбору коэффициента увеличения, учитывающий выпуклость шва и зазоры*

Катет шва, К, мм	2	3-4	4-5	6-8	9-12	12-20
Коэффициент увеличения ($K_у$)	1,8	1,5	1,35	1,25	1,15	1,10

Определив примерную площадь сечения углового шва и зная максимально возможную площадь сечения, получаемую за один проход, находят число проходов «n» по формуле:

$$n = F_n / (30\text{-}40). \qquad (15)$$

Полученное дробное число округляют до ближайшего целого.

Силу сварочного тока определяют по формуле:

$$I_{св} = (\pi \cdot d^2_{эл} /4) \cdot j, \qquad (16)$$

где π – 3,14;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм;

j – допустимая плотность тока, А/мм^2.

Плотность тока выбирается в пределах, рекомендуемых табл. 2.

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в пределах 20 – 38 В. Следует принять какое - то конкретное.

Скорость сварки определяют по формуле:

12

$$V_{св} = L_н \cdot I_{св} / \gamma \cdot F_н \cdot 100, \text{ м/ч}, \qquad (17)$$

где $L_н$ – коэффициент наплавки, г/А час;

γ – плотность наплавленного металла, г/см^3 (7,8 г/см^3 – для стали);

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла углового шва, см^2;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

Значения коэффициентов наплавки для различных марок электродов приведены в табл. 6.

Таблица 6 - *Коэффициенты наплавки для различных марок электродов*

Марка электрода	Ток и полярность	Напряжение на дуге, В	Коэффициент наплавки, г/А·ч
УОНИИ 13/45	Постоянный прямой полярности	20 – 25	8,0
УОНИИ 13/55		22 – 26	7,0 – 8,0
ЦМ - 7		27 – 30	10,0
АНО – 4С	Переменный	32 - 34	8,0 – 8,3

Результаты расчетов режима сварки угловых швов следует занести в табл. 7.

Таблица 7 - *Режимы сварки угловых швов*

Сварка	Режимы сварки			
	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, В	$V_{св}$, м/ч
Первого прохода				
Последующих проходов				

Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки приведены в приложении А.

13

3. Расчет режимов сварки в среде углекислого газа

Сварка в среде углекислого газа широко применяется при изготовлении конструкций из углеродистых, низколегированных, теплоустойчивых сталей, среднелегированных, хромоникелевых и аустенитных сталей.

Основные типы соединений, выполняемые в среде углекислого газа, регламентированы ГОСТ 14771-76.

Основными параметрами режима сварки в среде углекислого газа являются:

1. Диаметр электродной проволоки, $d_{эл,}$ мм.
2. Сила сварочного тока, $I_{св,}$ А.
3. Напряжение на дуге, $U_д$, В.
4. Скорость сварки, $V_{св}$, м/ч.
5. Расход защитного газа, $q_г$.

Дополнительными параметрами режима являются:

6. Род тока.
7. Полярность при постоянном токе.

3.1. Расчет режима сварки в среде углекислого газа швов стыковых соединений

Швы стыковых соединений могут выполняться как с разделкой, так и без разделки кромок.

Диаметр электродной проволоки ($d_{эл}$) выбирается в зависимости от толщины свариваемых деталей. При выборе диаметра электродной проволоки при сварке швов в нижнем положении следует руководствоваться данными таблицы 8

14

Таблица 8 - *Выбор диаметра электродной проволоки для сварки швов стыковых соединений*

Толщина металла, мм	Форма подготовки кромок	Зазор в стыке, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Число проходов
1	2	3	4	5
0,8-1,0	Встык, без разделки кромок	0-1,0	0,8	1
1,5-2,0		0-1,0	1,0	1
2,5-3,0		0-1,5	1,2	1
3,5-4,0		0-1,5	1,2	2
			0,6	1
4,5-6,0		0-1,5	2,0	1
		0,5-2,0	2,0	2
7,0-8,0		0,5-2,0	2,0	2
9,0-10,0		0,5-2,5	2,0	2
11,0-12,0		1,0-3,0	2,0	2
13,0-14,0	V – образная односторонняя	1,0-2,5	2,0	2
15,0-16,0		1,0-2,5	2,0	3
17,0-18,0	V – образная двусторонняя	1,0-2,5	2,0	4
19,0-20,0		1,5-2,5	2,0	4
21,0-22,0		1,5-2,5	2,0	5
23,0-24,0		1,5-2,5	3,0	5
25,0-28,0		1,5-2,5	3,0	6

Сила сварочного тока, ($I_{св}$) выбирается в зависимости от глубины провара (h) и определяется по табл. 9.

Таблица 9 - *Определение сварочного тока в зависимости от глубины провара*

Толщина свариваемых деталей, мм	Формула определения сварочного тока
Меньше или равна 2	$I_{св} = (90\text{-}100)\cdot h$
Меньше и равна 5	$I_{св}=(80\text{-}90)\cdot h$
Больше 5	$I_{св}=(70\text{-}80)\cdot h$

Глубина провара (h) при сварке с первой стороны определяется по формуле:

$$h = S / 2 \pm 1 \text{ мм}, \qquad (18)$$

15

где S – толщина свариваемых деталей, мм.

Напряжение на дуге ($U_д$) выбирается по табл. 10.

Таблица 10 - *Напряжение на дуге в зависимости от силы сварочного тока*

Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В
50-100	17-20
120-150	21-23
160-200	24-27
210-250	25-30
260-300	30-34
310-450	32-34
460-500	32-34

Скорость сварки ($V_{св}$) определяют по табл. 11.

Таблица 11 - *Определение скорости сварки в зависимости от диаметра электродной проволоки*

Диаметр электродной проволоки, мм	Формула для определения скорости сварки, м/ч
0,8-1,6	$V_{св} = \frac{5000 - 6000}{I}$
1,8-2,6	$V_{св} = \frac{8000 - 12000}{I}$
3,0-4,0	$V_{св} = \frac{20000 - 25000}{I}$

Расход углекислого газа ($q_г$) выбирают по данным табл.12 в зависимости от марки свариваемого металла и толщины металла.

Таблица 12 - *Расход углекислого газа в зависимости от толщины свариваемого металла стыкового соединения*

16

Толщина металла, мм	Расход углекислого газа, л/мин
1,0-3,0	8-10
4,0-8,0	15-16
9,0-12,0	18-20
13,0-28,0	24-25

Результаты расчета режима сварки стыкового шва следует занести в табл. 13.

Таблица 13 - *Режимы сварки стыкового шва в среде углекислого газа*

Толщина металла, мм	Эскиз соединения	Параметры режима					Расход газа, л/мин
		$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, м/ч	$V_{св}$, м/ч	Число проходов “n”	

3.2. Расчет режима сварки в среде углекислого газа угловых швов сварных соединений

При сварке угловых швов **диаметр электродной проволоки** выбирается в зависимости от толщины металла по табл. 14.

Таблица 14 - *Выбор диаметра электродной проволоки для сварки угловых швов*

Толщина металла, мм	Форма подготовки кромок	Катет шва, мм	Зазор в стыке,	Диаметр электрод. проволоки, мм	Число проходов «n»
0,8-1,0	Угловое без	1	1	0,5-1,0	1
1,5-2,0		2-3	1	0,8-1,2	1
3,0-4,0		3-6	1	1,2	1
4,0-5,0		5-6	1	1,2	2
				1,6	1
5,0-6,0		5-6	1	2,0	1

17

7,0-8,0 9,0-10,0 11,0-13,0	разделки кромок	6-9 9-11 11-14	1 1 1	2,0 2,0 2,0	2 2 3
14,0-16,0		13-16	1 1	2,0 2,5	5 4
17,0-20,		20-22	1,5	2,0 2,5	9 8
21,0-28,0		24-27	1,5	2,0 3,0	12 9

Напряжение на дуге ($U_д$), силу тока ($I_{св}$), скорость сварки ($V_{св}$) определяют по номограмме (рис. 2).

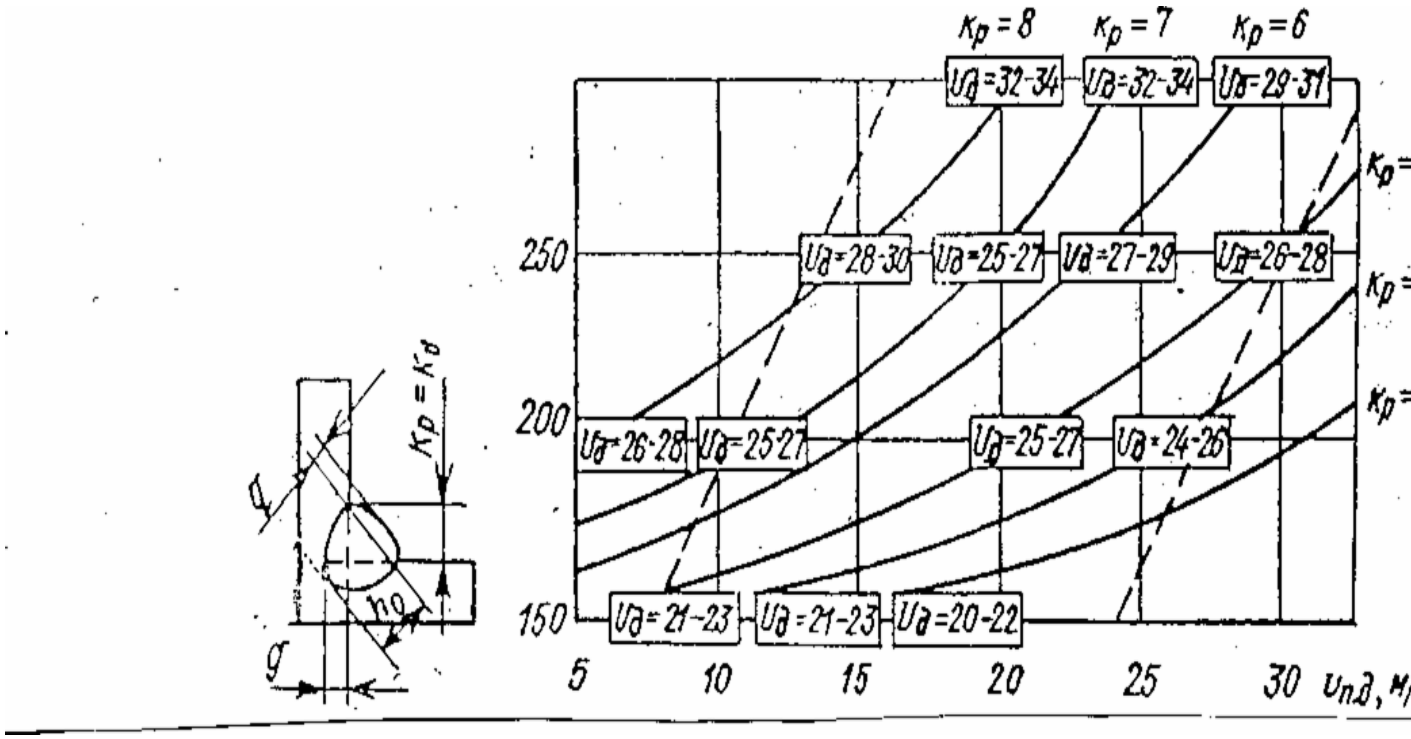

Рисунок. 2. Номограмма для определения режимов полуавтоматической сварки в среде углекислого газа угловых швов диаметром электродной проволоки 1,6 мм

18

Чтобы определить режим сварки, обеспечивающий необходимый катет шва, выбирают точку, лежащую на линии заданного катета (Кр), в области, ограниченной штриховыми линиями, в зависимости от того, какой шов требуется получить: вогнутый, плоский или выпуклый.

Из этой точки провести линии на ось ординат, где получим значение сварочного тока, и ось абсцисс, где получим значение скорости сварки.

Напряжении на дуге берется в ближайшем прямоугольнике.

Расход углекислого газа выбирается по табл. 15.

Таблица 15 - *Расход углекислого газа в зависимости от толщины свариваемого углового соединения*

Толщина металла, мм	Расход углекислого газа, л/мин
0,8-4,0	9-10
5,0-8,0	12-18
9,0-16,0	18-20
17,0-20,0	20-22
21,0-28,0	22-24

Результаты определения режимов сварки угловых швов следует занести в табл. 16.

Таблица 16 - *Режимы сварки углового шва в среде углекислого газа*

Толщина металла, мм	Эскиз соединения	Параметры режима						Расход газа, л/мин
		Катет шва, мм	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, м/ч	$V_{св}$, м/ч	Число проходов	

Ориентировочные режимы механизированной (полуавтоматической) и автоматической сварки приведены в приложении Б

19

4. **Расчет режимов механизированной (полуавтоматической) и автоматической сварки под слоем флюса**

Конструктивные элементы подготовки кромок и виды сварных соединений (стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные) для автоматической и механизированной сварки под слоем флюса регламентированы ГОСТ 8713-79.

Основными параметрами режима автоматической и механизированной сварки под слоем флюса, оказывающим влияние на размеры и форму шва, являются:

1. Диаметр электродной (сварочной) проволоки, $d_{эл}$, мм.
2. Сила сварочного тока, $I_{св}$, А.
3. Напряжение на дуге, $U_д$, В.
4. Скорость подачи электродной проволоки, $V_{п.п.}$, м/ч.
5. Скорость сварки, $V_{св}$, м/ч.

Дополнительными параметрами режима являются:

6. Род тока.
7. Полярность (при постоянном токе).
8. Марка флюса.

Расчет режима сварки швов стыковых соединений

Расчет режима сварки начинают с того, что задают требуемую **глубину провара** при сварке с первой стороны, которая устанавливается равной:

$$h = S/2 \pm (1\text{-}3), \text{ мм}, \qquad (19)$$

где S – толщина металла, мм.

Силу сварочного тока, необходимую для получения заданной глубины проплавления основного металла, рассчитывают по формуле:

$$I_{св} = (80\text{-}100)\cdot h, \text{ А}. \qquad (20)$$

Диаметр сварочной проволоки рассчитывают по формуле:

$$d_{эл} = 2\sqrt{I_{св} / j \cdot \pi}\ , мм, \qquad (21)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А; π – 3,14;

j – плотность тока, приближенные значения которой приведены в табл. 17.

Таблица 17 - *Допускаемая плотность тока в электродной проволоке при автоматической сварке стыковых швов*

Диаметр электродной проволоки, мм	6	5	4	3	2	1
Допускаемая плотность тока, А/мм^2	25-45	30-50	35-60	45-90	65-200	90-400

Напряжение на дуге принимают для стыковых соединений в пределах 32-40 В. Большему току и диаметру электрода соответствует большее напряжение на дуге. Выбрать конкретное напряжение.

Определяют коэффициент наплавки (L_H), который при сварке постоянным током обратной полярности L_H = 11,6±0,4 г/А ч, а при сварке на постоянном токе прямой полярности и переменном токе по формуле:

$$L = A + B \cdot I_{св}/d_{эл}\ , г/А \cdot ч, \qquad (22)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$d_{эл}$ - диаметр электродной проволоки, мм;

A, B – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 18.

Таблица 18 - *Значения коэффициентов А и В*

Марка флюса	Коэффициент А		Коэффициент В	
	Постоянный ток прямой полярности	Переменный ток	Постоянный ток прямой полярности	Переменный ток
АН-348А	2,3	7,0	0,065	0,040

21

АН-348 АН-348Ш	2,8 1,4	7,3 6,0	0,095-0,120 0,081	0,048-0,058 0,038

Скорость сварки электродной проволокой диаметром 4-6 мм определяют по формуле:

$$V = (20\text{-}30) \cdot 10^3 / I_{св}, \text{ м/ч ;} \qquad (23)$$

а электродной проволокой диаметром 2 мм по формуле

$$V = (8\text{-}12) \cdot 10^3 / I_{св}, \text{ м/ч .} \qquad (24)$$

Скорость подачи сварочной проволоки ($V_{п.п.}$) определяют по формуле:

$$V_{п.п.} = 4 \cdot L_H \cdot I_{св} / \pi \cdot d_{эл}^{\,2}, \text{ м/ч,} \qquad (25)$$

где L_H – коэффициент наплавки, г/А·ч; π – 3,14;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм;

γ – удельный вес наплавленного металла, г/см^3 (7,8 г/см^3 – для стали);

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

Результаты, расчетов режима сварки стыковых соединений следует занести в табл. 19.

Таблица 19 - *Режимы сварки стыкового шва*

Зазор в стыке, мм	Режимы сварки				
	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{g,}$,В	$V_{св}$,м/ч	$V_{п.п.}$м/ч

4.2. Расчет режима сварки угловых швов сварных соединений

Расчет режима сварки ведется в следующей последовательности:

Зная катет шва (К), определяют **площадь поперечного сечения** наплавленного металла, которая для шва без выпуклости высоты усиления определяется по формуле:

$$F_H = \frac{K^2}{2}, \text{ мм}^2, \qquad (26)$$

22

где К – катет шва, мм;

а для шва с выпуклостью (с высотой усиления) – по формуле:

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1{,}05K \bullet g \text{, мм}^2 \text{,} \qquad (27)$$

где g – выпуклость углового шва величины усиления, мм.

Выбирают **диаметр электродной проволоки**. Следует иметь в виду, что угловые швы с малым катетом (К=3-4мм) можно получить при использовании проволоки диаметром 2 мм; швы с катетом (К=5-6мм), получают при сварке проволокой диаметром 4-5 мм. Сварка диаметром более 5 мм не обеспечивает необходимого провара вершины углового шва и поэтому практического применения не находит, максимальный катет углового шва, который можно получить за один проход, независимо от диаметра электродной проволоки, равен 10 мм.

Для принятого диаметра электрода подбирают **плотность тока** по таблице 21, а затем определяют **силу сварочного тока** по формуле:

$$I_{св} = \pi \cdot d_{эл}^2 / 4 \cdot j, \text{ А}, \qquad (28)$$

где j – допускаемая плотность тока в электродной проволоке при сварке угловых швов (табл. 20); π – 3,14;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

Таблица 20 - *Допускаемая плотность тока в электродной проволоке при сварке угловых швов*

Диаметр электродной проволоки, мм	5	4	3	2
Допускаемая плотность тока, А/мм^2	30-40	35-50	50-85	60-150

23

Затем по рис. 3, зная величину сварочного тока и диаметр электродной проволоки, устанавливают оптимальное **напряжение на дуге** ($U_Д$).

При этом следует выбирать значения напряжения на дуге ближе к нижнему пределу диапазона оптимальных напряжений.

Рисунок. 3. Зависимость $\Psi_{пр}$ ст величины сварочного тока и напряжения на дуге. Ток переменный. Флюс марки ОСЦ-45:а – $d_{эл}$ = 2мм; б – $d_{эл}$ =4 мм; в – $d_{эл}$ = 5 мм; г – $d_{эл}$ = 6 мм.

Зная площадь сечения наплавленного металла за один проход определяют **скорость сварки** по формуле:

$$V = L_Н \cdot I_{св} / F_Н \cdot \gamma, \text{ м/ч}, \qquad (29)$$

где $L_Н$ - коэффициент наплавки электродной проволоки, г/А·час;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$F_Н$ – площадь наплавленного металла, см^2;

Y – удельный вес наплавленного металла, г/см^3 (7,8 г/см^3 – для стали).

Скорость подачи электродной проволоки ($V_{п.п.}$) определяется по формуле:

$$V_{п.п.} = 4 \cdot L_Н \cdot I_{св} / F_Н \cdot \gamma, \text{ м/ч}, \qquad (30)$$

24

где L_H-коэффициент наплавки, г/А час;

$I_{св}$- сила сварочного тока, А;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм;

γ – удельный вес наплавленного металла, г/см^3

(7,8 г/см^3 – для стали).

Результаты расчета режима сварки и размеров угловых швов следует свести в табл. 21.

Таблица 21 - *Режимы сварки углового шва*

Зазор в стыке, мм	Режимы сварки				
	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{g,}$,В	$V_{св}$,м/ч	$V_{п.п.}$м/ч

25

Расчет режимов электрошлаковой сварки

При электрошлаковой сварке электродом может служить не только проволока, но и электроды в виде пластин, стержней.

Пластинчатые электроды применяются главным образом при большой толщине свариваемых деталей и небольшой высоте швов жидкого металла и перегретого шлака. Электрошлаковая сварка может быть осуществлена одним проволочным электродом диаметром 2 или 3 мм без поперечных колебаний и с постоянной скоростью подачи проволоки в шлаковую ванну при сварке металла толщиной до 50 мм. При сварке больших толщин применяют двух-, трех- и многоэлектродную сварку проволочными электродами без поперечных или с поперечными колебаниями.

Электрошлаковой сваркой можно выполнить любой тип соединений, регламентированных ГОСТ 15164-79.

Основными параметрами режима электрошлаковой сварки являются:

1. Диаметр электродной проволоки, $d_{эл.}$
2. Сила сварочного тока, $I_{св}$, А.
3. Напряжение на шлаковой ванне, $U_{ш.в.}$, В.
4. Скорость сварки, $V_{св}$, м/ч.
5. Скорость подачи электрода, $V_{п.э.}$, м/ч.
6. Скорость поперечных перемещений электрода, $V_{п.п.}$, м/ч.

Дополнительными параметрами режима являются:

7. Сухой вылет электрода, l_c, сек.
8. Время выдержки у ползуна при сварке с поперечными колебаниями, $b_в$, сек.
9. Число сварочных проволок-электродов, $n_{эл}$.

10.Величина зазора в стыке, B, мм.

11.Глубина шлаковой ванны, $h_{шл}$, мм.

12.Недоход электрода до ползуна.

13.Марка флюса.

14.Расстояние между электродами, $l_э$, мм.

Электрошлаковую сварку можно выполнить проволочными и пластинчатыми электродами в зависимости от толщины свариваемых деталей.

5.1. Расчет режима электрошлаковой сварки проволочными электродами

По толщине металла устанавливаются **зазор в стыке**, пользуясь рекомендациями таблицы 1, а затем выбирают **диаметр проволочного электрода**. Наиболее рациональное применение проволоки диаметрами 2 и 3 мм, так как увеличение диаметра проволоки приводит к росту ширины провара и уменьшению глубины шлаковой ванны.

Число проволочных электродов ($n_{эл}$) выбирают по таблице 22.

Таблица 22 - *Рекомендации по выбору числа электродов*

Число проволочных электродов	Толщина свариваемых листов	
	без поперечных колебаний, мм	с поперечными колебаниями, мм
1	40-60	60-150
2	60-100	100-300
3	100-150	150-500

Расстояние между электродами $l_э$ при сварке без поперечных колебаний принимают равным 30-50 мм, при сварке с поперечными колебаниями – 50-180 мм. Выбрать конкретную величину. При числе электродов более трех, количество электродов $n_{эл}$ определяют по формуле:

$$n_{эл} = S / l_э , \qquad (31)$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$l_э$ – расстояние между электродами, мм.

Сухой вылет электрода – расстояние от нижней точки мундштука до поверхности шлаковой ванны (l_c), находится в пределах 60-70 мм. Выбрать конкретную величину.

Силу сварочного тока ($I_{св}$) на одну сварочную проволоку выбирают в зависимости от отношения толщины свариваемого металла к числу электродных проволок по формуле:

$$I_{св} = A + B \cdot S/n_{эл} , \qquad (32)$$

где S – толщина металла, мм;

$n_{эл}$ – число проволочных электродов;

A – коэффициент, равный 220-280;

B – коэффициент, равный 3,2-4,0.

Сварочный ток с учетом количества проволок определяется по формуле:

$$I_{св}^{п} = I_{св} \cdot n_{эл}. \qquad (33)$$

Напряжение шлаковой ванны ($U_{ш.в.}$) определяется по формуле:

$$U_{ш.в.} = 12 + \sqrt{125+S/(0,075 \cdot n_{эл.})} \quad (34)$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$n_{эл}$ – количество проволочных электродов.

Скорость подачи проволочных электродов ($V_{п.э.}$) определяют по формуле:

$$V_{н.э.} = I_{св} / (1,6\text{-}2,2), \text{ (м/ч)} \qquad (35)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

Скорость сварки ($V_{св}$) определяют по формуле:

$$V_{св} = n_{эл} \cdot L_H \cdot I_{св}^{n} / \gamma \cdot B \cdot S \cdot K_у, \qquad (36)$$

где $n_{эл}$ – количество проволочных электродов;

$L_н$ – коэффициент наплавки, г/А ч ($L_н$ = 30 ÷ 35 г/А ч);

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см (7,8 см^3 – для стали);

в – величина зазора в стыке, мм;

S – толщина свариваемого металла, мм;

$К_у$ – коэффициент увеличения, учитывающий выпуклость шва;

($К_у$ = 1,05 – 1,10)

Глубина шлаковой ванны ($h_{шл}$), от которой зависит устойчивость процесса и ширина провара, определяется по формуле:

$$h_{шл} = I^n_{св} \cdot (0{,}0000375 \cdot I_{св} - 0{,}0025) + 30 \text{ (мм)}, \qquad (37)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$I^n_{св}$ – сила сварочного тока с учетом количества проволок, А.

Скорость поперечных перемещений электрода, $U_{п.п.}$ определяют по формуле:

$$U_{п.п.} = 66 - 0{,}22 \cdot S/n_{эл}, \text{ (м/ч)} \qquad (38)$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$n_{эл}$ – количество проволочных электродов.

Время выдержки у ползуна ($t_в$) определяют по формуле:

$$t_в = 0{,}0375 \cdot S/n_{эл.} + 0{,}75 \text{ (сек)} \qquad (39)$$

Недоход электрода до ползунов принимают равным 5-7 мм.

Результаты расчетов режима электрошлаковой сварки проволочным электродом следует занести в табл. 23.

Таблица 23 - *Режимы электрошлаковой сварки проволочным электродом*

Параметры режима	При сварке			
	Одним электродом	Двумя электродами	Тремя электродами	Четырьмя электродами
Зазор в стыке, мм Диаметр электрода, мм Сухой вылет электрода, мм Сила сварочного тока, А Напряжение шлаковой ванны, В Скорость подачи электрода, м/ч Скорость сварки, м/ч Глубина шлаковой ванны, мм Скорость поперечных перемещений электродов, м/ч Время выдержки у ползуна сек. Недоход электрода до ползунов				

5.2. Расчет режимов электрошлаковой сварки пластинчатыми электродами.

Электрошлаковая сварка пластинчатыми электродами применяется для соединения массивных изделий с длиной швов до 1 – 1,5 м. При сварке пластинчатыми электродами сечение деталей в месте стыка должно иметь прямоугольную форму.

Число пластинчатых электродов ($n_{эл}$) определяют по формуле:

$$n_{эл} = S/(70\text{-}100), \qquad (40)$$

где S – толщина свариваемого металла, мм.

При толщине деталей до 150 мм допускается сварка одним пластинчатым электродом.

Ширину каждого из электродов (*B*) определяют по формуле:

$$B = \left[\frac{S - 11 \cdot (n_{эл} - 1)}{n_{эл}} \right] \pm 2(мм), \qquad (41)$$

где S – толщина свариваемого металла, мм.

$n_{эл}$ – число пластинчатых электродов.

Число фаз ($n_ф$) выбирают исходя из расчета более равномерной загрузки фаз. При трех и более электродах число фаз, $n_ф = 3$.

Допустимый удельный ток ($i_{доп}$) определяют по формуле:

$$i_{доп} = (I_ф \cdot n_{эл})/(S \cdot n_ф), \text{ (А/мм)} \qquad (42)$$

где $I_ф$ – допустимый сварочный ток на каждую фазу, А;

$n_{эл}$ - количество пластинчатых электродов;

S – толщина свариваемого сечения, мм;

$n_ф$ – число фаз.

Допустимый сварочный ток на каждую фазу $I_ф$ принимается равным номинальному току сварочного трансформатора. При сварке аппаратом А-480 с трансформатором ТШС – 3000-3, $I_ф = 3000$А.

Минимальную толщину (S_{min}) пластинчатого электрода находят исходя из условий заполнения разделки. Минимальную толщину электрода в зависимости от отношения H/L определяют по графику, приведенному на рис. 4.

Рисунок. 4. Зависимость между H/L и минимальной толщиной электрода:

где H – рабочий ход суппорта сварочного аппарата, мм (для аппарата А-480 Н = 2300мм);

L – высота свариваемого сечения (длина шва), включая высоту кармана и выводных планок, которые находятся в пределах 150-200мм.

Найдя по графику минимальную толщину электрода, округляют до ближайшего целого и принимают толщину электрода, δ.

Зазор между кромками свариваемых деталей (в) определяют по формуле:

$$\hat{a} = (\delta + 14) \pm 2 \text{ (мм)}, \qquad (43)$$

где δ – толщина пластинчатого электрода, мм.

Величину сварочного тока $I_{св}$ на каждой фазе определяют по формуле:

$$I_{св} = n_ф \cdot B \cdot i_{доп} \text{ (А)}, \qquad (44)$$

где $n_ф$ – число фаз;

B – ширина электрода, мм;

$i_{доп}$ – удельный допустимый ток, (А/мм).

Глубину шлаковой ванны ($h_{шл}$) в соответствии с удельным допустимым сварочным током, ($i_{доп}$) находят по рис. 5.

Рисунок. 5. График для выбора S. ($V_{эл}$, $h_{шв}$, $U_{шв}$)

В процессе сварки допустимы отклонения от найденного значения не более ±3мм.

Напряжение на шлаковой ванне ($U_{ш.в.}$) определяют по графику рисунка 5 по толщине пластинчатого электрода и скорости подачи электрода.

Для аппарата А-480 скорость подачи электрода, $V_{п.э.}$ = 1,03м/ч. В процессе сварки допустимы отклонения от найденного значения не более ± 1В.

Напряжение холостого хода ($U_{х.х.}$) сварочного трансформатора зависит от степени жесткости характеристики источника питания.

При применении трансформатора ТШС – 3000- 3 следует принимать:

$$U_{х.х.} = (U_{шв} + 2) \cdot (В) \text{ при } I_{св} \leq 1500А \qquad (45)$$

$$U_{х.х.} = (U_{шв} + 4) \cdot (В) \text{ при } I_{св} > 1500А$$

Полную длину электрода (Z) определяют по формуле:

$$Z = 1{,}2 \cdot L\ (1 + B + 2 - \delta/\delta) + T\ (мм) \qquad (46)$$

где L – высота свариваемого сечения (длина шва), включая высоту кармана и выводных планок, мм;

B – зазор между свариваемыми кромками, мм;

δ – толщина пластинчатого электрода, мм;

T – технологический припуск для крепления электродов и токоподвода (T = 300 мм).

Результаты расчетов режима электрошлаковой сварки пластинчатым электродом следует внести в табл. 24.

Таблица 24 - *Режимы электрошлаковой сварки пластинчатым электродом*

Параметры режима	При сварке		
	Одним электродом	Двумя электродами	Тремя электродами
Ширина электрода, мм Число фаз Толщина электрода, мм Сила сварочного тока, А Зазор между кромками, мм Напряжение шлаковой ванны, В Напряжение холостого хода, В Полная длина электрода, мм			

Ориентировочные режимы электрошлаковой сварки низкоуглеродистых, углеродистых, низколегированных, теплоупрочненных сталей и поковок из титана приведены в приложении Г.

Заключение

Методические указания содержат подробную последовательность определения режимов различных видов сварки стыковых и угловых швов, с приведением необходимых формул, рисунков, графиков, номограмм.

В приложениях к указаниям приведены ориентировочные режимы сварки.

Полагаем, что данные указания будут успешно использованы при самостоятельной подготовке студентов к практическим работам или при выполнении раздела расчета режимов сварки.

Приложение А

Режимы ручной дуговой сварки стыковых швов без скоса кромок при односторонней и двусторонней сварке

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Зазор, мм	Сила сварочного тока при положении шва, А		
			в нижнем	верти-кальном	горизон-тальном
Односторонний тип шва					
1,0	2,0	0-1	25-35	-	-
1,5	2,0	0-1	30-50	-	-
2,0	2,5	0-1	45-70	-	-
3-4	4,0	1-2	160-200	140-180	130-170
Двусторонний тип шва					
5-6	4,0	1-2	200-240	180-220	160-200
7-8	5,0	1-2	240-300	230-250	170-210
9-10	6,0	1-2	280-340	250-270	190-220

Режимы ручной дуговой сварки V-образных стыковых швов

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм		Зазор, мм	Число слоев	Сила сварочного тока при положении шва, А		
	первый слой	после-дующие слои			в нижнем	верти-кальном	горизон-тальном
10	4,0	5,0	1,5-3,0	2-3	180-260	160-230	150-210
12	4,0	5,0	2,0-3,0	3-4	180-260	160-230	150-210
14	4,0	5,0-6,0	2,0-3,5	5-6	280-330	160-300	150-280
16-18	4,0-5,0	5,0-6,0-7,0	2,5-4,0	4-6	330-420	100-350	150-360

Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки стыковых швов стали марки 30ХГС

Толщина металла, мм	Число слоев или проходов	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
0,5	1	1,5-2,0	10-20
1,0	1	2,0-2,5	20-50
2,0	1	2,5-3,0	40-100
3,0	1	3,0-4,0	80-120

4,0 6,0-8,0 9,0-10,0 20,0	1 1-2 3 5х-6	3,0-4,0 4,0-5,0 4,0-5,0 4,0-5,0-6,0	90-120 120-160 140-180 140-220

Режимы ручной дуговой сварки стыковых и угловых соединений электродами ОММ-5

Толщина листа, мм	Величина зазора, мм	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Скорость сварки, м/ч
Стыковое соединение без разделки кромок				
4-5 6,0 8,0 10-12	1,0 1,5 2,0 2,5	5,0 6,0 6,0 6,0	200 250 350 425	24 24 24 24
Угловое соединение				
4-6 6-8 10-12	- - -	5,0 6,0 6,0	250-300 300-350 350-800	- - -

Приложение Б

Режимы полуавтоматической (механизированной) и автоматической сварки в углекислом газе низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Толщина металла, мм	Катет шва, мм	Зазор, мм	Число слоев	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа на один слой, л/мин
Стыковые швы								
1,2…2,0	-	0,8…1,0	1…2	0,8…1,0	70…100	18…20	18…24	10…12
3…5	-	1,6…2,0	1…2	1,6…2,0	180…200	28…30	20…22	14…16
6…8	-	1,8…2,2	1…2	2,0	250…300	28…30	18…22	16…18
8…12	-	1,8…2,2	2…3	2,0	250…300	28…30	16…20	18…20
Угловые швы								

1,5…2,0	1,2…2,0	-	1	08	60…75	18…20	16…18	6…8
3,0…4,0	3,0…4,0	-	1	1,2	120…150	20…22	16…18	8…10
5,0…6,0	5,0…6,0	-	1	2,0	260…300	28…30	29…31	16…18
6,0…8,0	6,0…7,0	-	1	2,0	280…300	28…30	29…31	16…18
8,0…10,0	7,0…9,0	-	1…2	2,0	300…320	28…30	30…32	17…19
10,0…12,0	7,0…9,0	-	1…2	2,0	310…340	30…32	30…32	17…19
12,0…14,0	9,0…11,0	-	1…2	2,0	320…350	30…32	30…32	17…19
14,0…16,0	11,0…14,0	-	3	2,0	330…350	30…32	30…32	18…20
16,0…18,0	13,0…16,0	-	3	2,0	340…360	30…32	30…32	18…20
18,0…20,0	16,0…18,0	-	3-4	2,0	340…360	30…32	30…32	18…20
22,0…24,0	22,0…24,0	-	4-5	2,0	340…370	30…32	30…32	18…20

Оптимальные режимы сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей порошковыми проволоками

(нижнее положение)

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Стыковой шов,			Угловой шов в лодочку,		
		Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч
ПП-1ДСК	1,8	200…350	22…30	…	200…300	26…31	-
ПП-2ДСК	2,3	400…450	25…31	382	340…380	29…32	382
ПП-АН3	3,2	450…525	26…32	265	450…560	27…31	265
ПП-АН4	2,3	500…600	28…29	382	440…475	30…34	382
ЭПС-15/2	2,2	320…360	29…32	337	320…330	29…32	337

Механические свойства швов при сварке низкоуглеродистых сталей порошковыми проволоками

Марка проволоки	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	Ударная вязкость (Дж/см^2) при температуре, ^{0}С			
				+20	-20	-40	-60

ПП-1ДСК	-	536	26,0	78	43	8	6
ПП-2ДСК	360	481	30,1	160	139	123	84
ПП-АН3	395	514	30,2	-	126	92	27
ПП-АН4	416	530	26,7	-	111	129	27
ПП-АН7	-	520	28,4	199	143	26	12
ЭПС-15/2	416	501	26,6	163	140	63	7

Примерные режимы аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом высоколегированных сталей

Толщина металла, мм	Тип соединения	Сила тока, А	Расход аргона, л/мин	Скорость сварки, м/ч
Ручная сварка				
1 2 3	С отбортовкой	35…60 75…120 100…140	3,5-4 5…6 6…7	- - -
1 2 3	Встык без разделки кромок с присадкой	40…70 80…130 120…160	3,5…4 5…6 6…7	- - -
Автоматическая сварка				
1 2 4	Встык с присадкой	80…140 140…240 200…280	4 6…7 7…8	30…60 20…30 15…30
1 2,5 4	Встык без присадки	60…120 110…200 130…250	4 6…7 7…8	35…60 25…30 25…30

Примечание: Диаметр присадочной проволоки 1,6…2мм; ток постоянный прямой полярности.

Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки встык плавящимся электродом высоколегированных сталей в нижнем положении

Толщина металла, мм	Подготовка кромок	Число слоев	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
Автоматическая сварка						
2	Без разделки	1	1	200…210	70	8…9
5	V-образная разделка	1	1	260…275	44	8…9

10	под углом 50^0 То же	2	2	330…440	15…30	12…17
Полуавтоматическая сварка						
4	Без разделки	1	1,0…1,6	160…300	-	6…8
8	V-образная разделка	2	1,6…2,0	240…360	-	11…15

Ориентировочные режимы дуговой сварки высоколегированных сталей без разделки кромок плавящимся электродом в углекислом газе

Толщина металла, мм	Шов	Диаметр сварочной проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход углекислого газа, л/мин
1	Односторонний	1	-	80	16	80	10…12
3	То же	2	15	230…240	24…28	45…50	12…15
6	Двусторонний	2	15	250…260	28…30	30	12…15
		3	15	350…360	30…32	-	-
		2	15…20	380…400	30…32	30	12…15
8	То же	3	20…25	430…450	33…35	-	-
		2	15…20	420…440	30…32	30	12…12
10	То же	3	25…30	530…560	34…36	-	-

Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки алюминия трехфазной дугой

Толщина металла, мм	Способ сварки	Диаметр, мм		$V_{св}$, м/ч ($V_{св} \cdot 10^3$, м/с)	$I_{св}$, А	Примечание
		Вольфрамового электрода	Присадочной проволоки			
2	Ручная	1,5…2	2…3	10…12 (2,8…3,3)	60	Сварка на весу
6	Ручная	3	3	8…12 (2,2…3,3)	150	
10	Механизированная	8	2	28…30 (7,8…8,4)	390…430	Сварка без разделки кромок на подкладке
20	Механизированная	10	2,5	7…8 (1,8…2,2)	520…550	
30	Механизированная	10	2,5	4…6 (1,1…1,7)	620…650	

Рекомендуемые режимы сварки плавящимся электродом в защитных газах алюминиевых сплавов типа АМг

Толщина металла, мм	Тип разделки	Число проходов	Диаметр электрода, мм	Первый проход			Последующие проходы		
				Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч
10	-	2	2	250…300	22…24	20…25	370…390	28…30	20
15	V-образная	4	2	250…300	24…26	20…25	370…390	28…30	20
25	То же	8	2,5	400…440	26…28	40…45	400…440	27…29	15…20
40	X –	20	2	280	25…27	35	370…390	27…29	27
50	образная	15	2,5	400	24…26	16	420…440	26…28	23
	То же								

Примечание. Расход аргона 15…20 л/мин

Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом магниевых сплавов

Объединение	Толщина листов, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А	Скорость сварки, м/ч	Присадочная проволока		Расход аргона, л/мин
				d, мм	$v_{под}$, м/ч	
Механизированная сварка						
В стык, без разделки, один проход	2	165…175	24	2,0	120	12…14
	3	180…200	20	2,5	95…100	14…16
	6	280…290	18	2,5	90…100	16…18
Ручная сварка						
Встык без разделки, один проход	2	100…105	-	2,5	-	12…14
	3	180…190	-	2,5	-	12…14
Встык, с разделкой, три прохода	6	200…220	-	4,0	-	16…18

Режимы аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, рекомендуемые для листов титана

Толщина металла, мм	Диаметр, мм		Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч
	Присадочного прутка	Электрода		
0,3…0,7	-	1,6	40	55
0,8…1,2	-	1,6	60…80	40…50
1,5…2,0	2,0…2,5	2,0	80…120	35…40
2,5…3,5	2,0…2,5	3,0	150…200	35…40

Режимы аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, рекомендуемые для листов титана

Толщина металла, мм	Диаметр, мм		Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч
	Присадочного прутка	Электрода		
0,3…0,7	-	1,6	40	55
0,8…1,2	-	1,6	60…80	40…50
1,5…2,0	2,0…2,5	2,0	80…120	35…40
2,5…3,5	2,0…2,5	3,0	150…20	35…40

Режимы сварки титана и его сплавов плавящимся электродом в защитных газах

Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Диапазон свариваемых встык листов (без разделки кромок), мм	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход аргона, л/мин
Сварка в аргоне						
0,6…0,8	150…250	4…8	22…24	30…40	10…14	20…30
1,0…1,2	280…320	5…10	24…28	30…40	17…20	25…35
1,6…2,0	340…520	8…12	30…34	20…25	20…25	35…45
3,0	480…750	14…34	32…34	18…22	30…35	40…50
4,0	680…980	16…36	32…34	16…18	35…40	50…60
5,0	780…1200	16…36	34…38	14…16	40…45	50…60
Сварка в гелии						
0,6…0,8	150…250	4…6	28…32	30…40	10…14	30…40
1,0…1,2	280…320	4…8	32…36	30…40	17…20	35…45
1,6…2,0	340…520	5…10	38…40	20…25	20…25	70…90
3,0	480…750	10…28	42…48	18…22	30…35	80…100
4,0	680…980	12…32	46…50	16…18	40…50	100…120
5,0	780…1200	12…32	46…52	14…16	45…55	100…120

Приложение В

Режимы сварки под флюсом низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Толщина металла или шва, мм	Подготовка кромок	Тип шва и способ сварки	Диаметр электропроводной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
А. Автоматическая сварка стыковых швов						
8	Без разделки, зазор 2…4 мм	Односторонний	4	550…600	26…30	48…50
12	То же	Двусторонний	5	650…700	30…34	30…32
свыше 16	V- образные	Односторонний	5	1й проход 750…800 2й проход	30…35	20…22
Б. Автоматическая сварка угловых швов						
5	Без разделки	Наклонным электродом	2	260…280	28…30	28…30
7	То же	То же		500…530	30…32	44…46
8	«	В лодочку	3	550…600	32…34	28…30
12	«	То же	3	600…650	32…34	18…20

Примечание. Ток постоянный обратной полярности

Режимы сварки титана плавящимся электродом под флюсом АНТ-1(скорость сварки 50м/ч)

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи, проволоки, м/ч
Односторонняя сварка на остающейся подкладке				
2…2,5	2	190…220	34…36	167…175
4…4,5	2	300…320	34…38	221…239
4…5	3	310…340	30…32	95…111
Двусторонняя сварка				
8	3	310…370	30…32	135…140
10	3	340…360	30…32	150…155
12	3	350…400	30…32	160…165
15	3	390…420	30…32	175…180

Режимы однопроходной сварки по слою флюса одиночным электродом на формирующей подкладке алюминия и его сплава

Толщина метла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Плотность тока, а/мм^2	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
4	1,0	130…150	27…30	24…26
8	1,5	100…120	29…32	20…22
12	2,0	100…110	35…37	18…19
16	2,5	75…90	38…40	16…17
20	3,0	70…75	39…41	14…15
25	3,5…4,0	30…40	40…42	12…13

Приложение Г

Режимы ЭШС углеродистых, низколегированных, теплоупрочненных сталей для прямолинейных стыков

Сталь	$V_{п.п.}$, м/ч	Сварочная проволока	Флюсы	Подогрев, ^{0}С
20, М16С, Ст3, 22К, 25Л, 09Г2, 25С, 25ГСЛ,	250	Св – 10Г2	АН-8М, АН-8	нет

10ХСНД, 10ХГСНД		Св-08ХГ2СМ	АН-22, ФЦ-1	нет
35, 35Л, Ст5, 20Х2МА	225	Св-08ХГ2СМ Св-08Х3Г2СМ	АН-8М, АН-8, АН-22	200 350
14Х2ГМР 14ХМНДФР	20	Св-10ХГН2МЮ	АН-8, АН-8М, АН-22	нет

Ориентировочные режимы электрошлаковой сварки низкоуглеродистых сталей

Толщина металла, мм	Сила тока на один электрод, А	Напряжение сварки, В	Число электродов	Диаметр (сечение) электро-дов, мм	Расстояние между электродами	Скорость, м/ч	
						подачи электродов	сварки
Проволочный электрод							
30	350…370	32…34	1	2,5	-	172	0,9…1,0
70	650	47			-	371…400	1,0…1,16
90 150 200 250	600…620 450…500 550 500…550	42…46 44…50 46…48 50…55	2	3,0	45…50 65 90 125	300 220…240 250 230…250	1,6 0,8…0,9 0,5 0,4…0,5
340	400…450	46…48	3		110	200…220	0,3

Технология сварки углеродистых сталей

Толщина металла, мм	Сила тока на один электрод, А	Напряжение сварки, В	Число электродов	Диаметр (сечение) электро-дов, мм	Расстояние между электродами	Скорость, м/ч	
						подачи электродов	сварки
Пластинчатый электрод							
100	1000… 1200	28…30	1	10х90	-	1,6	0,5

200	1000…1200	28…30	2	10x90	-	1,6	0,5
300	1500…1800	30…32	3	10x135	-	1,6	0,45

Режимы электрошлаковой сварки поковок из титана пластинчатым электродом

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Толщина пластинчатого электрода, мм	Сила тока, А
30…50	23…25	8…10	1200…1600
50…80	23…25	8…10	1600…2000
80…100	24…26	10…12	2000…2400
100…120	24…26	10…12	2400…2800

5. Список используемой литературы:

Основная:

1. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1987. - 347 с.
2. Думов С.И., «Технология электрошлаковой сварки плавлением». – М.: Машиностроение, - 1987г.
3. Маслов В.И. Сварочные работы. Изд-во М., 1999. - 246 с.

4. Окерблом Н.О., Демянцевич В.П., Байкова И.П., Проектирование технологии изготовления сварных конструкций. – Ленинград: 1983г.
5. Потапьевский А.Г., «Сварка в защитных газах плавящимся электродом». – М.: Машиностроение. – 1974.- 237 с.
6. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 1. Свариваемость материалов / Под. ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528с. Т.2 Технология и оборудование / Под. ред. В.М. Ямпольского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. – 574с.

Дополнительная:

1. ГОСТ 5264-80 – Ручная дуговая сварка соединения сварные. Основные типы и конструктивные элементы.
2. ГОСТ 8713-79 – Сварка под флюсом, соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
3. ГОСТ 14771 – 76 – Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах. Основные типы и конструктивные элементы.
4. ГОСТ 15164-78 – Электрошлаковая сварка соединения сварные. Основные типы, размеры конструктивных элементы и размеры.