

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Повторите теоретический материал по ранее изученной теме.
2. Ознакомьтесь с порядком проведения практической работы.
3. Оформите письменный отчет по практической работе.
4. Письменный отчет по практической работе в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по выполнению практической работы обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Расчет режимов при электрошлаковой сварке

Цель: Ознакомиться с основными параметрами электрошлаковой сварки и приобрести навыки по их расчету

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. Ознакомиться с примером расчета режимов сварки
3. Определить режимы электрошлаковой сварки при использовании проволочного и пластинчатого электрода.
4. Ответить на контрольные вопросы

Теоретические сведения

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.

Основные параметры режима электрошлаковой сварки:

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.

Дополнительные параметры режима являются:

1. Сухой вылет электрода, l_c , сек.
2. Время выдержки у ползуна при сварке с поперечными колебаниями, b_B , с.
3. Число сварочных проволок - электродов, $n_{эл.}$
4. Величина зазора в стыке, B , мм.
5. Глубина шлаковой ванны, $h_{шл.}$, мм.
6. Недоход электрода до ползуна.
7. Марка флюса.
8. Расстояние между электродами, $l_э$, мм.

Расчет режима электрошлаковой сварки проволочными электродами

1. Диаметр проволочного электрода выбирают по толщине металла.

Наиболее рациональное применение проволоки диаметрами 2 и 3 мм, так как увеличение диаметра проволоки приводит к росту ширины провара и уменьшению глубины шлаковой ванны.

2. Зазор в стыке определяют по толщине металла, пользуясь рекомендациями ГОСТ 15164-79 или таблицей 1

Таблица 1

Расчетные зазоры при электрошлаковой сварке углеродистых сталей проволокой диаметром 3мм

	Толщина листа, мм					
	50..70	70...100	100...200	200...500	500...1000	1000...2000
Зазор, мм	18	20	22	25	30	30

3. Число проволочных электродов ($n_{эл.}$) выбирают по таблице 2.

Таблица 2

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

4. Расстояние между электродами $l_э$.

- при сварке без поперечных колебаний принимают равным 30-50 мм,
- при сварке с поперечными колебаниями – 50-180 мм.

При числе электродов более трех, количество электродов $n_{эл.}$ определяют по формуле:

$$n_{эл} = \frac{S}{l_э},$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$l_э$ – расстояние между электродами, мм.

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

6. Сила сварочного тока на одну сварочную проволоку:

$$I_{св} = A + B + \frac{S}{n_{эл}}$$

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: $I_{св}^п = I_{св} \cdot n_{эл}$.

7. Напряжение шлаковой ванны: $U_{ш.в.} = 12 + \sqrt{\frac{25+S}{0,075 \cdot n_{эл}}}$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$n_{эл}$ – количество проволочных электродов.

8. Скорость подачи проволочных электродов:

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

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

9. Скорость сварки: $V_{св} = \frac{n_{эл} \cdot L_H \cdot I_{св}}{\gamma \cdot B \cdot S \cdot K_y}$

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

L_H – коэффициент наплавки, г/А ч ($L_H = 30 \div 35$ г/А ч);

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³ (7,8 см³ – для стали);

B – величина зазора в стыке, мм;

S – толщина свариваемого металла, мм;

K_y – коэффициент, учитывающий выпуклость шва ($K_y = 1,05-1,1$)

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

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

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

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

11. Скорость поперечных перемещений электрода. м/ч

$$U_{п.п.} = \frac{66 - 0,22 \cdot S}{n_{эл}}$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$n_{эл}$ – количество проволочных электродов.

12. Время выдержки у ползуна, с

$$t_B = \frac{0,0375 \cdot S}{n_{эл}} + 0,75$$

13. Недоход электрода до ползунков принимают равным 5-7 мм.

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.

1. Число пластинчатых электродов:

$$n_{эл} = \frac{S}{70 \dots 100}$$

где S – толщина свариваемого металла, мм.

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

2. Ширина каждого из электродов:

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

где S – толщина свариваемого металла, мм.

$n_{эл}$ – число пластинчатых электродов.

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

4. Допустимый удельный ток, А/мм

$$i_{доп} = \frac{I_{ф} n_{эл}}{S n_{ф}}$$

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.

5. Зазор между кромками свариваемых деталей, мм

$$a = (S + 14) \pm 2$$

6. Минимальная толщина пластинчатого электрода. Находят исходя из условий заполнения разделки.

$$S_{\min} = \frac{a \cdot S \cdot L}{B \cdot n_{эл} \cdot H}$$

H – рабочий ход суппорта сварочного аппарата, мм

(для аппарата А-480 $H = 2300$ мм);

7. Величина сварочного тока $I_{св}$ на каждой фазе

$$I_{св} = n_{ф} \cdot B \cdot i_{доп} (\text{А}),$$

где $n_{ф}$ – число фаз;

B – ширина электрода, мм;

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

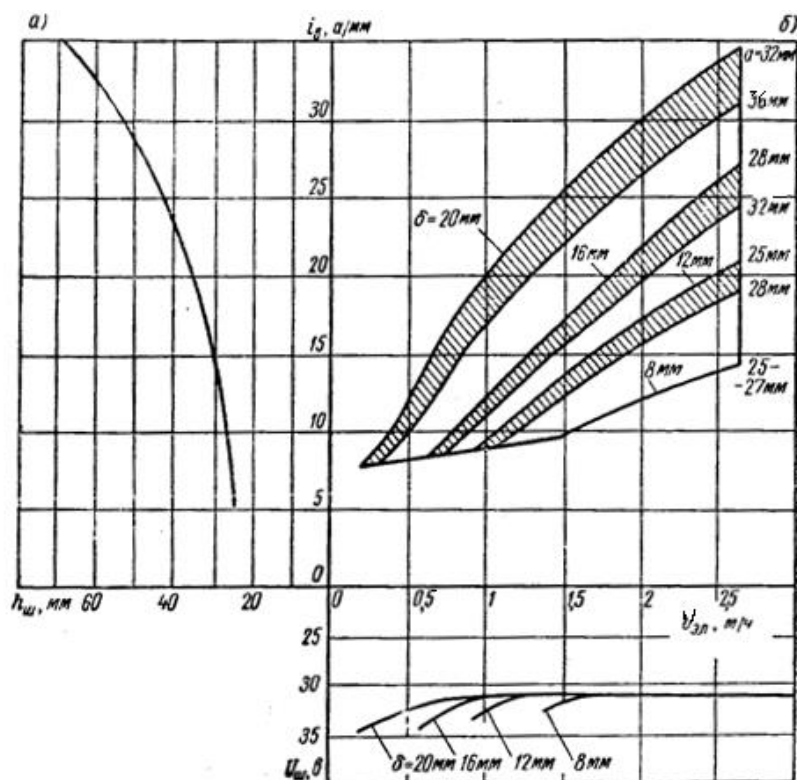


Рисунок 1 -График для определения режима электрошлаковой сварки пластинчатыми электродами ($V_{эл}$, $h_{шл}$, $U_{шв}$)

8. Глубину шлаковой ванны ($h_{шл}$) в соответствии с удельным допустимым сварочным током, ($i_{доп}$) находят по рисунку 1. В процессе сварки допустимы отклонения от найденного значения не более ± 3 мм.

9. Напряжение на шлаковой ванне ($U_{ш.в.}$) определяют по графику рисунка 1 по толщине пластинчатого электрода и скорости подачи электрода. Для аппарата А-480 скорость подачи электрода, $V_{п.э.} = 1,03$ м/ч. В процессе сварки допустимы отклонения от найденного значения не более ± 1 В.

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

При применении трансформатора ТШС – 3000- 3 следует принимать:

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

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

11. Полная длина электрода

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

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).

Задание для практической работы

Определить режимы электрошлаковой сварки при использовании проволочного и пластинчатого электрода. Данные для своего варианта выбрать из таблицы

Исходные данные по вариантам

Вариант	Толщина, мм	Колебания электрода	Длина шва, мм
1	50	есть	1000
2	60	нет	1100
3	70	есть	1200
4	80	нет	1300
5	90	есть	1400
6	100	нет	1500
7	110	есть	1000
8	120	нет	1100
9	130	есть	1200
10	140	нет	1300
11	150	есть	1400
12	160	нет	1500
13	170	есть	1200
14	180	нет	1300
15	200	есть	1400

Пример выполнения практической работы

Задание:

Определить режимы электрошлаковой сварки при использовании проволочного и пластинчатого электрода.

Исходные данные:

Толщина металла - 100 мм,

Длина шва - 1500мм

Сварка без поперечных колебаний,

Решение:

Расчет режима электрошлаковой сварки проволочными электродами

1. Диаметр проволочного электрода

Принимаем $d_{эл} = 3$ мм

2. Зазор в стыке

$B = 22$ мм (по таблице 1 при $S=100$ мм)

3. Число проволочных электродов ($n_{эл}$) выбирают по таблице 2.
 $n_{эл} = 3$ (по таблице 2 при сварке без поперечных колебаний и $S=100\text{мм}$)

4. Расстояние между электродами

$l_3 = 50$ мм (при сварке без поперечных колебаний)

5. Сухой вылет электрода

$l_c = 60-70$ мм, принимаем 50 мм

6. Сила сварочного тока на одну сварочную проволоку:

$$I_{св} = A + \frac{BS}{n_{эл}} = 250 + \frac{3,5 \cdot 100}{3} = 367 \text{ А}$$

где S – толщина металла, мм;

$n_{эл}$ – число проволочных электродов;

A – коэффициент, равный 220-280, принимаем $A = 250$;

B – коэффициент, равный 3,2-4,0, принимаем $B=3,5$.

Сварочный ток с учетом количества проволок:

$$I_{св}^n = I_{св} \cdot n_{эл} = 367 \cdot 3 = 1100 \text{ А}$$

7. Напряжение шлаковой ванны:

$$U_{ш.в.} = 12 + \sqrt{\frac{25+S}{0,075 \cdot n_{эл}}} = 12 + \sqrt{\frac{25+100}{0,075 \cdot 3}} = 35,6 \approx 36 \text{ В}$$

где S – толщина свариваемого металла, мм;

$n_{эл}$ – количество проволочных электродов.

8. Скорость подачи проволочных электродов, м/ч:

$$V_{н.э.} = \frac{I_{св}}{1,6 \dots 2,2} = \frac{367}{2,2} = 167 \text{ м/ч}$$

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

9. Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{n_{эл} \cdot L_H \cdot I_{св}}{\gamma \cdot B \cdot S \cdot K_y} = \frac{3 \cdot 30 \cdot 367}{7,8 \cdot 2,2 \cdot 10 \cdot 1,1} = 175 \text{ см/ч} = 1,75 \text{ м/ч}$$

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

$L_H = 30 \div 35$ г/А ч – коэффициент наплавки, принимаем $L_H = 30$ г/А ч

$\gamma = 7,8$ г/см³ – плотность наплавленного металла, (для стали);

$B = 22$ мм – величина зазора в стыке, мм;

K_y -1,1 – коэффициент, учитывающий выпуклость шва ($K_y = 1,05-1,1$)

10. Глубина шлаковой ванны

$$h_{шл} = I_{св}^n \cdot (0,0000375 \cdot I_{св} - 0,0025) + 30 = \\ = 870(0,0000375 \cdot 290 - 0,0025) + 30 = 37,3, \text{ принимаем } 40 \text{ мм},$$

11. Время выдержки у ползуна, с

$$t_b = \frac{0,0375 \cdot S}{n_{эл}} + 0,75 = \frac{0,0375 \cdot 100}{3} = 1,25 \text{ с}$$

12. Недоход электрода до ползунков принимают равным 5-7 мм.

Расчет режимов электрошлаковой сварки пластинчатыми электродами

1. Число пластинчатых электродов:

$n_{эл} = 1$, т.к. при толщине деталей до 150 мм допускается сварка одним пластинчатым электродом.

2. Ширина каждого из электродов:

$$B = S = 100 \text{ мм}$$

3. Число фаз $n_{\phi} = 1$

4. Допустимый удельный ток

$$i_{\text{доп}} = \frac{I_{\phi} n_{\text{эл}}}{S n_{\phi}} = \frac{3000 \cdot 1}{100 \cdot 1} = 30 \text{ А/мм}$$

где $I_{\phi} = 3000 \text{ А}$ – допустимый сварочный ток на каждую фазу (при сварке аппаратом А-480 с трансформатором ТШС – 3000-3);

5. Зазор между кромками свариваемых деталей, мм

$$a = (S+14) \pm 2 = (100+14) \pm 2 = 115 \text{ мм}$$

6. Минимальная толщина пластинчатого электрода

$$S_{\text{min}} = \frac{a \cdot S \cdot L}{B \cdot n_{\text{с}} \cdot H} = \frac{115 \cdot 100 \cdot 1500}{100 \cdot 1 \cdot 2300} = 75 \text{ мм}$$

H – рабочий ход суппорта сварочного аппарата, мм
(для аппарата А-480 $H = 2300 \text{ мм}$);

7. Величина сварочного тока $I_{\text{св}}$ на каждой фазе

$$I_{\text{св}} = n_{\phi} \cdot B \cdot i_{\text{доп}} = 1 \cdot 100 \cdot 30 = 3000 \text{ А,}$$

где n_{ϕ} – число фаз;

$B = 100 \text{ мм}$ – ширина электрода, мм;

$i_{\text{доп}} = 30 \text{ А/мм}$ – удельный допустимый ток.

8. Глубина шлаковой ванны B процессе сварки допустимы отклонения от найденного значения не более $\pm 3 \text{ мм}$.

$$h_{\text{шл}} = 52 \text{ мм (по рисунку 1 при } i_{\text{доп}} = 30 \text{ А/мм)}$$

9. Напряжение на шлаковой ванне

$U_{\text{ш.в.}} = 32 \text{ В}$ (по рисунку 1 по толщине пластинчатого электрода и скорости подачи электрода. Для аппарата А-480 скорость подачи электрода, $V_{\text{п.э.}} = 1,03 \text{ м/ч.}$)

10. Напряжение холостого хода

При применении трансформатора ТШС – 3000- 3 принимаем:

$$U_{\text{х.х.}} = U_{\text{шв}} + 4 = 32 + 4 = 36 \text{ В - при } I_{\text{св}} = 3000 \text{ А} > 1500 \text{ А}$$

11. Полная длина электрода

$$Z = 1,2 \cdot L \left(1 + \frac{B+2-S_{\text{min}}}{S_{\text{min}}} \right) + T = 1,2 \cdot 1500 \left(1 + \frac{115+2-75}{75} \right) + 300 = 3108 \text{ мм}$$

где $L = 1500 \text{ мм}$ – высота свариваемого сечения (длина шва),

$B = 115 \text{ мм}$ – зазор между свариваемыми кромками, мм;

$S_{\text{min}} = 75 \text{ мм}$ – толщина пластинчатого электрода, мм;

T – технологический припуск для крепления электродов и токоподвода
($T = 300 \text{ мм}$).

Контрольные вопросы:

1. Что является источником тепла при ЭШС?
2. В чем особенности конструкции формирующих устройств для ЭШС?
3. Как крепятся и перемещаются формирующие ползуны?
4. Какие токоведущие мундштуки применяются при ЭШС?
5. Назовите формы электродов для ЭШС;

6. Какие источники питания применяются для ЭШС?
7. Каковы технологические особенности электрошлаковой сварки?
8. Какие параметры режима ЭШС относят к основным?
9. Для чего применяется выдержка электрода у ползунов?
10. С какой целью используют стержни и пластины при ЭШС?
11. Почему в режимах сварки пластинчатыми электродами отсутствует скорость сварки?