

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 1-36 01 04
«Оборудование и технологии высокоэффективных
процессов обработки материалов»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 621.9.07
ББК 30.606
Т79

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «10» сентября 2020 г., протокол № 2

Составитель канд. техн. наук, доц. А. О. Коротеев

Рецензент И. Д. Камчицкая

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Технология сварочного производства» предназначены для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2020

Содержание

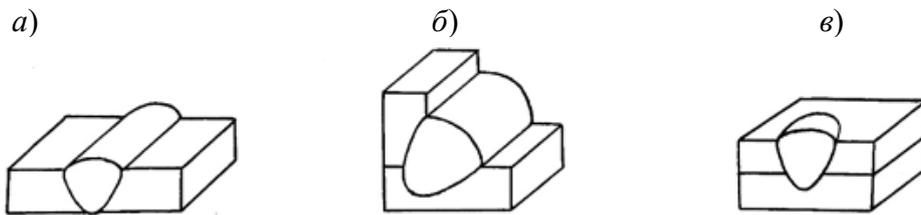
1 Практическое занятие № 1. Типы сварных швов и соединений. Обозначения сварных соединений на чертежах.....	4
2 Практическое занятие № 2. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки.....	8
3 Практическое занятие № 3. Расчет параметров режима дуговой сварки в защитных газах и под слоем флюса.....	12
4 Практическое занятие № 4. Определение химического состава и структуры наплавленного металла шва.....	15
5 Практическое занятие № 5. Выбор оборудования для сварки.....	20
6 Практическое занятие № 6. Выбор сварочных материалов.....	25
7 Практическое занятие № 7. Расчет количества оборудования и рабочих по чертежу сварного узла.....	26
8 Практическое занятие № 8. Разработка чертежа разреза цеха.....	30
Список литературы.....	34

1 Практическое занятие № 1. Типы сварных швов и соединений. Обозначения сварных соединений на чертежах

Цель занятия: изучить существующие в Республике Беларусь стандарты в системе обозначения сварных соединений на чертежах.

Общие теоретические сведения

Сварным швом называют закристаллизовавшийся металл, который в процессе сварки находился в расплавленном состоянии. Сварные швы подразделяют по форме сечения (рисунок 1.1) на стыковые, угловые, прорезные.

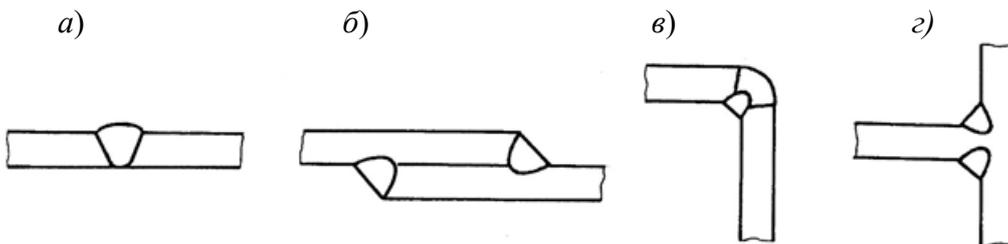


а – стыковой; б – угловой; в – прорезной

Рисунок 1.1 – Типы сварных швов

Сварным соединением называют ограниченный участок конструкции, содержащий один или несколько сварных швов.

Сварные соединения в зависимости от характера сопряжения свариваемых деталей могут быть стыковыми (рисунок 1.2, а), нахлесточными (рисунок 1.2, б), угловыми (рисунок 1.2, в), тавровыми (рисунок 1.2, г).



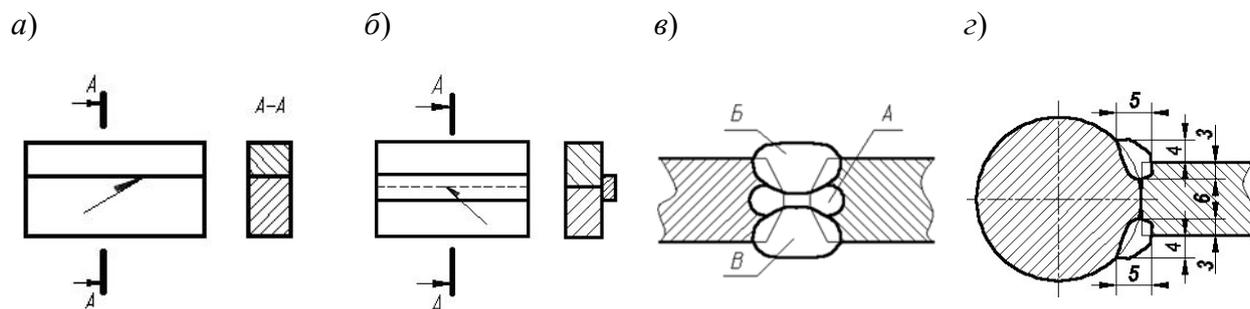
а – стыковое; б – нахлесточное; в – угловое; г – тавровое

Рисунок 1.2 – Типы сварных соединений

Шов сварного соединения, независимо от способа сварки, условно изображают сплошной основной линией – видимый шов (рисунок 1.3, а), штриховой линией – невидимый шов (рисунок 1.3, б). От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой.

На изображение сечения многопроходного шва допускается наносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначить прописными буквами русского алфавита (рисунок 1.3, в). Шов, размеры конструктивных

элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображается с указанием размеров, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (рисунок 1.3, з).



а – видимый; б – невидимый; в – многопроходной; г – нестандартный

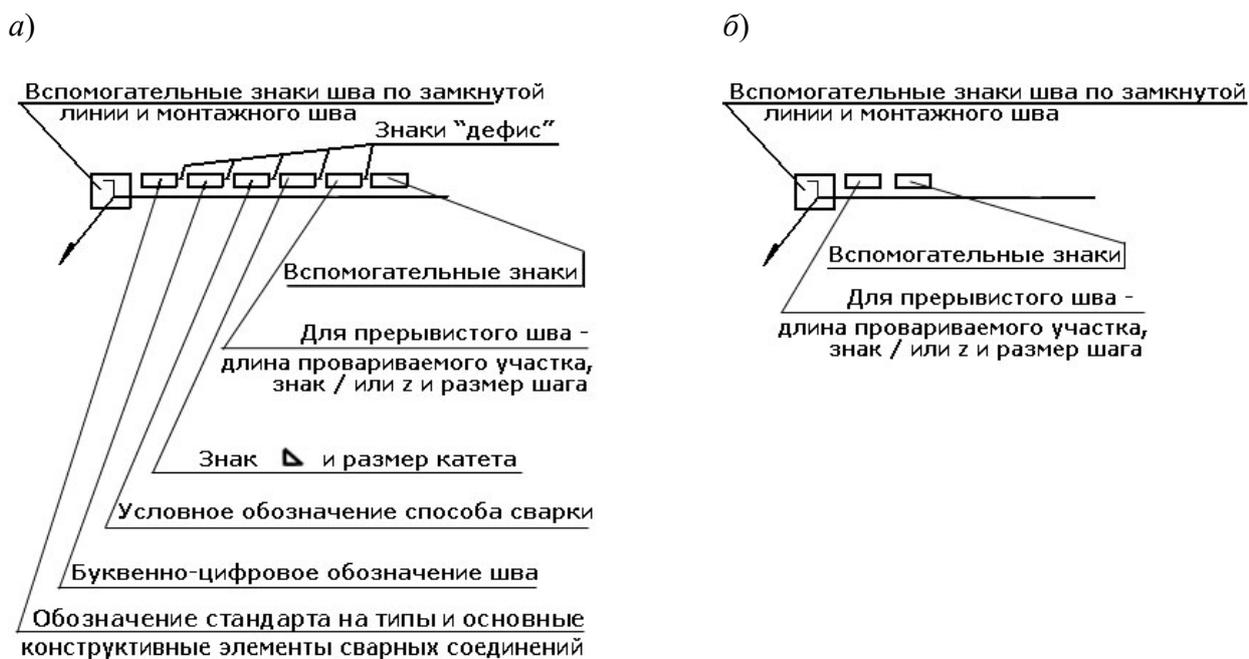
Рисунок 1.3 – Условное изображение сварных швов

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов по ЕСКД ГОСТ 2.312–72 приведены в таблице 1.1.

Структура условного обозначения швов представлена на рисунке 1.4.

Таблица 1.1 – Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Выпуклость шва снять		
	Наплывы и неровности обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии		
	Шов по незамкнутой линии		
<p><i>Примечание</i> – За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку. За лицевую сторону двухстороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва. За лицевую сторону двухстороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона</p>			



а – стандартный шов; б – нестандартный шов

Рисунок 1.4 – Структура условного обозначения шва

Характер сварного соединения, его размеры, подготовка кромок регламентируются соответствующими стандартами. В сварочном производстве наиболее распространенными являются следующие стандарты.

СТБ 1016–96 *Соединения сварные. Общие технические условия.*

ГОСТ 5264–80 *Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.*

ГОСТ 8713–79 *Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.*

ГОСТ 14771–76 *Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.*

ГОСТ 11534–75 *Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острым и тупым углом.*

ГОСТ 11533–75 *Сварка под флюсом. Соединения сварные под острым и тупым углом.*

ГОСТ 23518–79 *Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острым и тупым углом.*

ГОСТ 14806–80 *Дуговая сварка алюминия в инертных газах.*

ГОСТ 15164–78 *Электрошлаковая сварка. Соединения сварные.*

ГОСТ 16037–80 *Соединения сварные стальных трубопроводов.*

ГОСТ 16098–80 *Соединения сварные из двухслойных коррозионно-стойких сталей.*

ГОСТ 14098–91 *Сварка арматуры и закладных деталей.*

Система обозначения, основанная на международном стандарте СТБ ISO 2553–2004 *Соединения сварные и паяные. Условные изображения и обозначения на чертежах.*

Тип сварного соединения обозначается буквами: *С* – стыковое; *Н* – нахлесточное; *У* – угловое; *Т* – тавровое. Цифра после этой буквы уточняет тип подготовки кромок.

После типа сварного соединения на чертеже даются пояснения, касающиеся применяемого способа сварки. Для ГОСТ 5264–80 и ГОСТ 11534–75 они, как правило, не требуются, т. к. ручная дуговая сварка выполняется покрытыми электродами.

Для ГОСТ 14771–76 и ГОСТ 23518–79 необходимы пояснения, касающиеся рода защитного газа, вида электрода, а также степени механизации процесса: *А* – автоматическая сварка; *П* – механизированная сварка. Поэтому в этом стандарте предусмотрены следующие буквенные символы: *УП* – сварка в углекислом газе и его смеси с кислородом плавящимся электродом; *ИП* – сварка в инертных газах и их смесях с CO_2 плавящимся электродом; *ИН* – сварка в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного металла; *ИНП* – сварка в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом.

Для сварки под флюсом (ГОСТ 8713–79) даются пояснения, каким способом обеспечивается удержание сварочной ванны: *АФ* – автоматическая на весу; *АФ_ф* – автоматическая на флюсовой подушке; *АФ_о* – автоматическая на остающейся подкладке; *МФ* – механизированная на весу; *МФ_о* – механизированная на остающейся подкладке и т. д.

Для ГОСТ 16037–80 приняты следующие обозначения способа сварки: *ЗП* – дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом; *ЗН* – дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом; *Р* – ручная дуговая сварка; *Ф* – дуговая сварка под флюсом; *Г* – газовая сварка.

Задание 1

Расшифруйте обозначения сварных швов.

Задание 2

Замените предложенное литое изделие на сварную конструкцию, разбив его на составные части с учетом обеспечения технологичности сварных соединений. Проведите необходимые расчеты. Обозначьте сварные швы на разработанной сборочной единице.

2 Практическое занятие № 2. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки

Расчет параметров режима сварки ведется в зависимости от заданного способа сварки. Основными параметрами режима являются диаметр электрода или проволоки $d_{\text{э}}$, сила сварочного тока $I_{\text{СВ}}$, напряжение на дуге $U_{\text{д}}$, скорость сварки $V_{\text{СВ}}$, скорость подачи сварочной проволоки $V_{\text{ПП}}$.

2.1 Расчет параметров режима ручной дуговой сварки

Рассчитываем параметры режима ручной дуговой сварки стыкового соединения типа С8 по ГОСТ 5264–80 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Эскиз сварного соединения

Первоначально задается диаметр электрода $d_{\text{э}}$. Его значение зависит от требуемой глубины проплавления $H_{\text{ПР}}$ и принимается по рекомендациям, представленным в таблице 2.1. Глубина проплавления, в свою очередь, зависит от толщины металла и условий сварки:

- для стыковых односторонних швов глубина проплавления равна толщине свариваемого металла: $H_{\text{ПР}} = \delta$;
- для стыковых двухсторонних швов $H_{\text{ПР}} = 0,6\delta$;
- для стыковых швов, выполняемых на остающейся подкладке, $H_{\text{ПР}} = \delta + 1$ мм;
- для угловых швов $H_{\text{ПР}} = 0,6\delta$.

При наличии усилий, действующих на свариваемые детали, катет шва необходимо рассчитать по формуле

$$K = \frac{N}{\beta[\tau]L_{\text{ш}}}, \quad (2.1)$$

где N – усилие, действующее на деталь, Н;
 $[\tau]$ – допускаемое напряжение, $[\tau] = 80 \dots 90$ МПа;

β – коэффициент формы шва, $\beta = 0,7$ для РДС; $\beta = 0,8$ для механизированной сварки; $\beta = 0,9$ для автоматической сварки;

$L_{ш}$ – длина шва, м.

Таблица 2.1 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Вид сварки	Диаметр сварочной проволоки при диаметре электродов			
	Ручная сварка покрытыми электродами	2,5	3,0; 4,0	4,0; 5,0
Механизированная в CO ₂	0,8; 1,0	1,2	1,2; 1,6	1,6
Автоматическая в CO ₂	1,0	1,2; 1,6; 2,0	1,6; 2,0	3,0; 4,0
Автоматическая под флюсом	–	2,0; 3,0	3,0; 4,0	4,0; 5,0

После расчета катета угловых швов необходимо уточнить диаметр электрода исходя из следующих рекомендаций: при катете 3 мм $d_{э} = 3$ мм; при катетах 4...5 мм $d_{э} = 4$ мм; при катетах 6...9 мм $d_{э} = 5$ мм.

В рассматриваемом примере глубина проплавления стыкового шва $H_{пр} = \delta = 6$ мм, следовательно, принимаем $d_{э} = 4$ мм.

Для сварных швов, выполняемых с разделкой кромок, необходимо определить требуемое число проходов с целью обеспечения оптимального формирования сварного шва. Определение числа проходов осуществляется по следующей зависимости:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_{II}} + 1, \quad (2.2)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

F_1 – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход при проварке корня шва (первый проход), мм²; $F_1 = (6...8)d_{э}$;

F_{II} – площадь поперечного сечения металла последующих проходов, мм²; $F_{II} = (8...12)d_{э}$.

Площадь наплавленного металла F_H зависит от типа сварного соединения. Для угловых швов (рисунок 2.2, а) она определяется как площадь треугольника, умноженная на коэффициент a , учитывающий форму шва (для выпуклых швов $a = 1,2$; для вогнутых $a = 0,9$):

$$F_H = \frac{K^2}{2} a \sin \alpha, \quad (2.3)$$

где α – угол, под которым свариваются детали.

Площадь наплавленного металла стыкового шва определяется площадями геометрических фигур, которые заполняются электродным металлом при сварке. Для шва, выполненного без разделки кромок, площадь наплавленного металла состоит из площади зазора между деталями F_3 и площади валика шва $F_в$ (рисунок 2.2, б):

$$F_H = F_3 + F_B = b \cdot H_{\text{ПП}} + \frac{3}{4} eg, \quad (2.4)$$

где b – зазор между деталями, мм;

e – ширина шва, мм;

g – выпуклость шва, мм.

При наличии разделки кромок площадь наплавленного металла (рисунок 2.2, в)

$$F_H = F_3 + F_B + F_P. \quad (2.5)$$

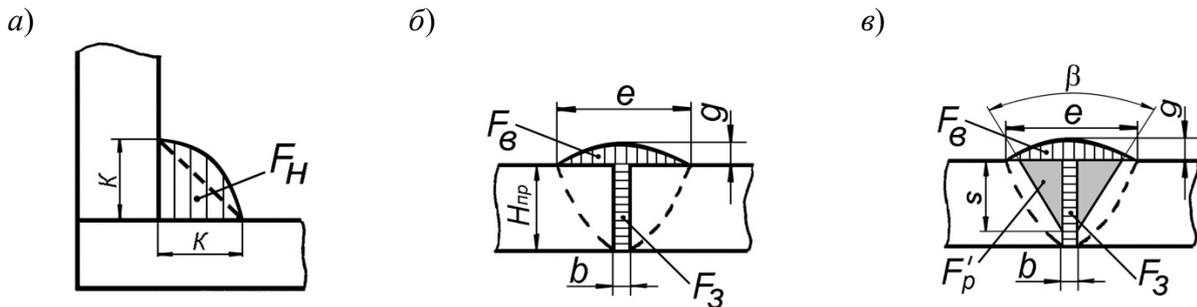


Рисунок 2.2 – Определение площади наплавленного металла

При V-образной разделке F_P состоит из площади двух прямоугольных треугольников:

$$F_P = 2F'_P = S^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (2.6)$$

где β – угол разделки кромок (см. рисунок 2.2, в).

Для данного примера площадь наплавленного металла

$$\begin{aligned} F_H &= F_3 + F_B + F'_P = bH_{\text{ПП}} + \frac{3}{4} eg + 0,5 S^2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \\ &= 2 \cdot 6 + \frac{3}{4} \cdot 12 \cdot 0,5 + 5^2 \operatorname{tg} 45 = 41,5 \text{ мм}^2 = 0,42 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

С учетом найденной площади наплавленного металла определяется необходимое количество проходов для рассматриваемого сварного соединения:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_{\text{II}}} + 1 = \frac{41,5 - 7 \cdot 4}{10 \cdot 4} + 1 = 1,34.$$

Следовательно, для получения качественного шва сварку необходимо осуществлять в два прохода.

Для ручной дуговой сварки сила сварочного тока выбирается в зависимости от диаметра электрода по формуле

$$I_{CB} = \frac{\pi d_{\text{Э}}^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 13 = 163, \quad (2.7)$$

где j – допустимая плотность тока в электроде, А/мм².

Плотность тока определяем по таблице 2.2.

Сварка корневого шва (первый проход) осуществляется на следующих параметрах режима сварки: $d_{\text{Э}} = 3$ мм; $I_{CB} = 100 \dots 110$ А; $U_{\text{Д}} = 22 \dots 24$ В; $V_{CB} = 8 \dots 9$ м/ч.

Таблица 2.2 – Значения плотностей тока при ручной сварке

Вид покрытия электрода	Допускаемая плотность тока в электроде, А/мм ² , при $d_{\text{Э}}$, мм			
	3	4	5	6
Кислое, рутиловое	14...20	11,5...16	10...13,5	9,5...12,5
Основное	13...18,5	10...14,5	9...12,5	8,5...12,0

Напряжение на дуге устанавливают в зависимости от способа сварки, а также от марки и диаметра электрода. Для ручной дуговой сварки (ГОСТ 95–77) напряжение на дуге рассчитывается по следующей зависимости:

$$U_{\text{Д}} = 20 + 0,04 I_{CB} = 20 + 0,04 \cdot 163 = 26,5. \quad (2.8)$$

Скорость сварки V_{CB} , м/ч, вычисляется по формуле

$$V_{CB} = \frac{\alpha_{\text{Н}} \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_{\text{Н1}} \cdot 100} = \frac{9 \cdot 163}{7,8 \cdot \frac{0,42}{2} \cdot 100} = 9, \quad (2.9)$$

где $\alpha_{\text{Н}}$ – коэффициент наплавки, для РДС $\alpha_{\text{Н}} = 8 \dots 10$ г/(А · ч);

γ – плотность металла, $\gamma = 7,8$ г/см³;

$F_{\text{Н1}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см².

Задание

Выполните расчет параметров режима ручной дуговой сварки по чертежу, выданному преподавателем.

3 Практическое занятие № 3. Расчет параметров режима дуговой сварки в защитных газах и под слоем флюса

3.1 Расчет параметров режима механизированной сварки в среде защитных газов

Рассчитываем параметры режима автоматической сварки в среде защитных газов таврового соединения типа Т1 по ГОСТ 14771–76 (рисунок 3.1).

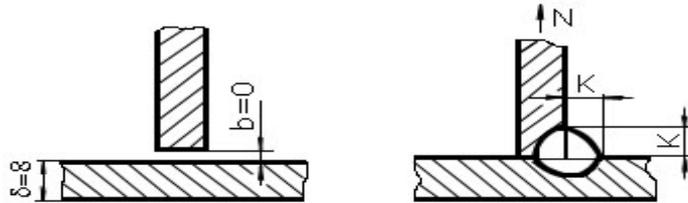


Рисунок 3.1 – Эскиз сварного соединения

При наличии действующего усилия $N = 32$ кН и длине шва $L_{ш} = 100$ мм необходимо рассчитать катет шва по формуле

$$K = \frac{N}{0,8[\tau]L_{ш}} = \frac{32000}{0,8 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 0,1} = 5.$$

Принимается $K = 5$ мм. Тогда при толщине металла $\delta = 8$ мм, согласно рекомендациям таблицы 2.1, $d_{\text{э}} = 1,6$ мм.

Для сварки в среде углекислого газа силу сварочного тока можно определить по формуле

$$I_{CB} = \frac{H_{ПР}}{k_{П}} \cdot 100 = \frac{4,8}{1,55} \cdot 100 = 310, \quad (3.1)$$

где $k_{П}$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки. Его значение определяется по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения коэффициента $k_{П}$

Способ сварки	Диаметр электродной проволоки, мм	Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
В среде углекислого газа	1,2	—	—	1,75
	1,6	—	—	1,55
	2,0	—	—	1,45
	3,0	—	—	1,35
	4,0	—	—	1,20

После вычисления силы сварочного тока уточняется диаметр проволоки по формуле

$$d_{\text{э}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{CB}}}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{310}{170}} = 1,52, \quad (3.2)$$

где j – допустимая плотность тока, А/мм² (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Значение плотностей тока при автоматической и механизированной сварке

Диаметр электрода, мм	< 2	2	3	4	5
j , А/мм ²	90...200	60...120	45...90	35...60	30...50

Напряжение на дуге для сварки в CO₂

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{\text{э}}^{0,5}} I_{\text{CB}} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} 310 \pm 1 = 32. \quad (3.3)$$

Скорость сварки V_{CB} , м/ч, вычисляется по формуле (3.4).

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла рассмотрено в подразд. 2.1 (см. рисунок 2.2, а):

$$F_{\text{H}} = \frac{4^2}{2} 1,2 \cdot \sin 90 = 9,6 \text{ мм}^2 = 0,096 \text{ см}^2.$$

Тогда скорость сварки

$$V_{\text{CB}} = \frac{\alpha_{\text{H}} I_{\text{CB}}}{\gamma F_{\text{H}} \cdot 100} = \frac{12 \cdot 310}{7,8 \cdot 0,096 \cdot 100} = 49 \text{ м/ч}. \quad (3.4)$$

Коэффициент наплавки для сварки в CO₂ $\alpha_{\text{H}} = (12-14)$ г/(А · ч).

Скорость подачи $V_{\text{П.ПР}}$ сварочной проволоки вычисляется по формуле

$$V_{\text{П.ПР}} = \frac{\alpha_{\text{H}} I_{\text{CB}}}{\gamma F_{\text{э}} 100} = \frac{12 \cdot 310}{7,8 \cdot 0,02 \cdot 100} = 238 \text{ м/ч}, \quad (3.5)$$

где $F_{\text{э}}$ – площадь сечения электрода, $F_{\text{э}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4}$, см².

3.2 Расчет параметров режима сварки под флюсом

Рассчитываем параметры режима автоматической сварки под флюсом двухстороннего стыкового шва на флюсовой подушке типа С4 по ГОСТ 8713–79 (рисунок 2.4).

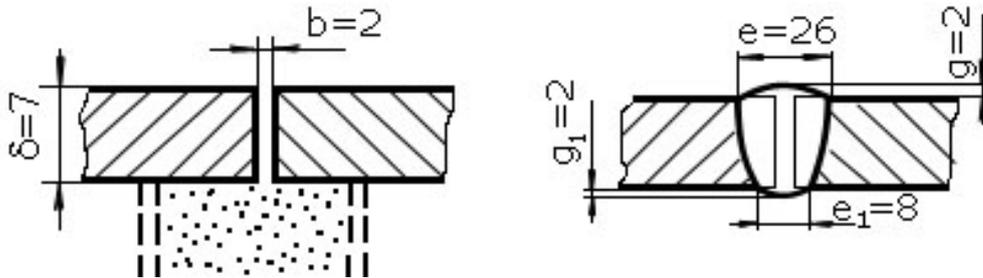


Рисунок 3.2 – Эскиз сварного соединения

Первоначально задается диаметр сварочной проволоки $d_э$. Его значение принимается по рекомендациям, представленным в таблице 2.1: $d_э = 4$ мм.

Площадь наплавленного металла F_H определяется следующим образом:

$$F_H = F_3 + F_B + F_P = bH_{ПР} + \frac{3}{4}eg + \frac{3}{4}e_1g_1 = 27 + \frac{3}{4} \cdot 26 \cdot 2 + \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot 2 = 65 \text{ мм}^2.$$

Величина сварочного тока

$$I_{СВ} = \frac{H_{ПР}}{k_{П}} \cdot 100 = \frac{7}{1,1} \cdot 100 = 640 \text{ А.}$$

Коэффициент пропорциональности $k_{П}$, зависящий от условий сварки, представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Значения коэффициента $k_{П}$

Способ сварки	Диаметр электродной проволоки, мм	Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
Под флюсом	2	1,25	1,15	1,40
	3	1,10	0,95	1,25
	4	1,00	0,90	1,10
	5	0,95	0,85	1,05
	6	0,90	–	–

Для сварки под флюсом на токах до 1000 А напряжение на дуге, согласно ГОСТ 7012–77,

$$U_{д} = 19 + 0,037I_{СВ} = 19 + 0,037 \cdot 640 = 43 \text{ В.} \quad (3.6)$$

Скорость сварки V_{CB} вычисляем следующим образом:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_H \cdot 100} = \frac{14 \cdot 640}{7,8 \cdot 0,65 \cdot 100} = 17,7 \text{ м/ч.}$$

Коэффициент наплавки для сварки под флюсом $\alpha_H = (13...16) \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$.

Задание 1

Выполните расчет параметров режимов сварки в защитных газах по чертежу, выданному преподавателем.

Задание 2

Выполните расчет параметров режимов сварки под слоем флюса по чертежу, выданному преподавателем.

4 Практическое занятие № 4. Определение структуры основного металла и сварного шва по химическому составу

Цель занятия: приобрести навыки для определения структуры основного металла и сварного шва по химическому составу.

Общие теоретические сведения

К высоколегированным относятся стали, содержащие более 10 % легирующих элементов. Углерода они содержат, как правило, небольшое количество – до 0,25 %.

В зависимости от основных свойств высоколегированные стали делятся на следующие группы: коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали – обладают высокой стойкостью против химической и электрохимической коррозии; жаростойкие (окалиностойкие) стали – обладают стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550 °С; жаропрочные стали – способны работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени.

Основными легирующими элементами высоколегированных сталей являются хром и никель. Рассмотрим их влияние на свойства и структуру сталей.

Хром является основным химическим элементом, обеспечивающим коррозионную стойкость стали. При введении в сталь 12 % Cr ее электрохимический потенциал становится положительным и она резко увеличивает свою коррозионную стойкость – становится нержавеющей (рисунок 5.1). При содержании Cr \approx 25 % наблюдается повторный скачок коррозионной стойкости, что позволяет поддерживать ее на высоком уровне при повышенных температурах. Сталь становится жаростойкой.

Влияние Cr на структуру стали выражается в том, что он сужает область существования γ -фазы и стабилизирует α -фазу. При содержании хрома более 12 % сталь во всем температурном интервале – от температур кристаллизации до комнатных – сохраняет однофазную ферритную структуру. Поэтому говорят, что хром является ферритизатором.

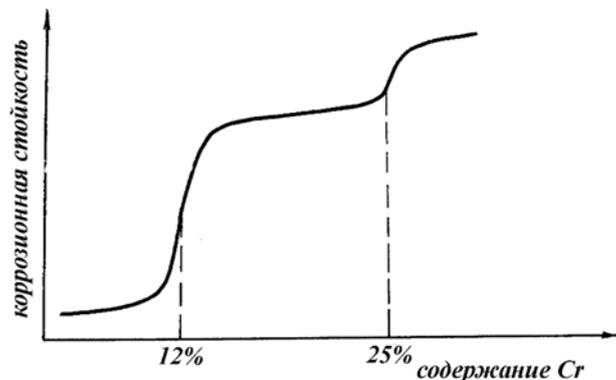


Рисунок 4.1 – Зависимость коррозионной стойкости стали от содержания хрома

Введение в сталь никеля, наоборот, расширяет γ -область и понижает температуру γ - α -превращения. При введении в сталь более 20 % Ni температура начала распада аустенита становится ниже 20 °С и сталь в обычных условиях сохраняет чисто аустенитную структуру. Поэтому Ni называют аустенизатором. Никель также увеличивает коррозионную стойкость стали и ее жаропрочность, т. к. γ -фаза обладает большей жаропрочностью, чем α -фаза.

Комбинируя различным содержанием в стали Cr, Ni и других легирующих элементов, можно получить стали различной структуры. Определить структуру стали в зависимости от ее химического состава позволяет диаграмма Шеффлера (рисунок 4.2). По оси X в диаграмме отложен химический эквивалент хрома – Экв Cr, по оси Y – химический эквивалент никеля – Экв Ni.

В химическом Экв Cr объединены все легирующие элементы, которые аналогично Cr расширяют область феррита при их введении в сталь. Влияние легирующих элементов приведено к влиянию Cr через соответствующие коэффициенты. В Экв Ni объединены элементы-аустенизаторы. Значения коэффициентов в формулах Экв Cr и Экв Ni определяются эмпирическим путем, поэтому несколько отличаются друг от друга в различных литературных источниках.

Приводим наиболее распространенные формулы:

$$\text{Экв Cr} = \text{Cr} + \text{Mo} + 2\text{Ti} + 2\text{Al} + \text{Nb} + \text{W} + 0,5\text{Ta} + 1,5\text{Si};$$

$$\text{Экв Ni} = 30\text{C} + 30\text{N} + \text{Co} + 0,5\text{Mn}.$$

Из диаграммы Шеффлера видно, что все высоколегированные стали делятся на следующие структурные классы: аустенитные (А); ферритные (Ф);

аустенитно-ферритные (А + Ф); мартенситные (М); мартенситно-ферритные (М + Ф); мартенситно-аустенитные (М + А).

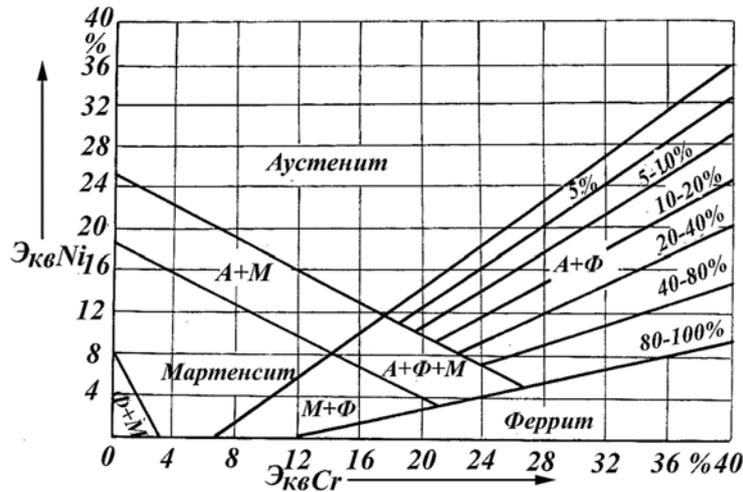


Рисунок 4.2 – Зависимость между химическим составом и структурой высоколегированных сталей (диаграмма Шеффлера)

Порядок проведения занятия

1 Определение структуры основного металла и сварного шва по химическому составу.

Химический состав стали определяется по справочной литературе. Если не удастся найти в справочнике свою сталь, допускается определять ее химический состав по марке. Для обозначения легирующих элементов используются следующие буквы: Б – ниобий; В – вольфрам; Г – марганец; Д – медь; М – молибден; Н – никель; С – кремний; Т – титан; Ф – ванадий; Х – хром; Ц – цирконий; Ю – алюминий. Определение структуры стали осуществляется по диаграмме Шеффлера (рисунок 4.3). Для основного металла первоначально рассчитываются эквивалентные значения хрома и никеля по формулам

$$\text{Экв Cr} = \% \text{ Cr} + \% \text{ Mo} + 2 \% \text{ Ti} + 2 \% \text{ Al} + \% \text{ Nb} + 1,5 \% \text{ Si} + \% \text{ V};$$

$$\text{Экв Ni} = \% \text{ Ni} + 30 \% \text{ C} + 30 \% \text{ N} + 0,5 \% \text{ Mn}.$$

По значениям Экв Cr и Экв Ni на диаграмме Шеффлера наносится точка, соответствующая структуре стали. Если она попадает в зону А – сталь аустенитная, Ф – ферритная, М – мартенситная, А + Ф – аустенитно-ферритная.

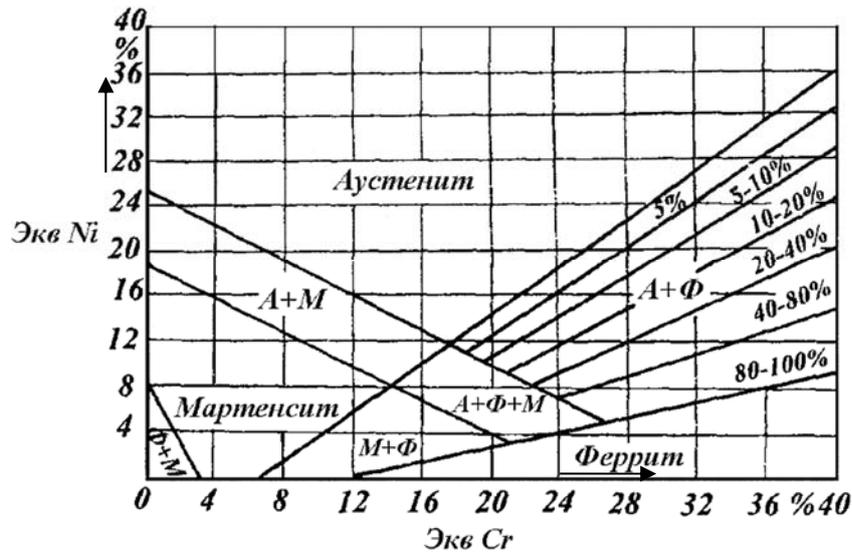


Рисунок 4.3 – Диаграмма Шеффлера

Сварной шов состоит из основного и наплавленного металлов, которые в процессе сварки перемешиваются, образуя общую сварочную ванну (рисунок 4.4). При этом в сварочную ванну попадают химические элементы из основного металла в количестве, пропорциональном доли основного металла в металле шва θ_0 , и из проволоки в количестве, пропорциональном доли наплавленного металла в металле шва θ_H :

$$\theta_0 = \frac{F_0}{F_{ш}}; \quad \theta_H = \frac{F_H}{F_{ш}}; \quad \theta_H + \theta_0 = 1; \quad F_H + F_0 = F_{ш}, \quad (5.1)$$

где F_0 – площадь основного металла в металле шва;

F_H – площадь наплавленного металла в металле шва;

$F_{ш}$ – площадь шва.

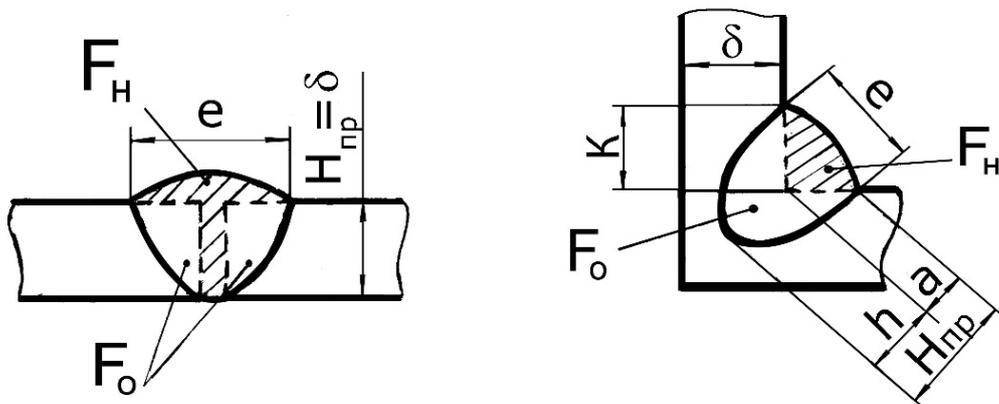


Рисунок 4.4 – Определение площади шва

Площадь шва определяется по формуле

$$F_{ш} = \frac{2}{3}eH + \frac{3}{4}e \cdot g, \quad (5.2)$$

где H – высота шва.

Высота стыкового шва равна глубине проплавления: $H = H_{ПР}$.

Высота углового шва $H = H_{ПР} + a$, где глубина проплавления $H_{ПР} = 0,6\delta$; $a = 0,7K$; ширина углового шва $e = 1,4K$.

После вычисления θ_O и θ_H необходимо рассчитать химический состав шва. Содержание каждого элемента вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_O \cdot \theta_O + \mathcal{E}_H \theta_H, \quad (5.3)$$

где \mathcal{E}_O – содержание элемента в основном металле;

\mathcal{E}_H – содержание элемента в электроде.

После расчета химсостава по диаграмме Шеффлера определяется его структура. При этом необходимо пользоваться формулами, несколько отличающимися от формул, используемых для основного металла:

$$\text{Экв Ni} = \% \text{ Ni} + 30 \% \text{ C} + 30 \% \text{ N} + 10 \% \text{ V} + 0,5 \% \text{ Mn}; \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Экв Cr} = \% \text{ Cr} + 2 \% \text{ Al} + \% \text{ V} + 5 \% \text{ Ti} + 1,5 \% \text{ Si} + \\ + 2 \% \text{ Nb} + 2 \% \text{ Mo} + 1,5 \% \text{ W}. \end{aligned} \quad (5.5)$$

Определив Экв Ni и Экв Cr, наносят на диаграмму Шеффлера точку, соответствующую структуре шва. Структура шва обычно отличается от структуры основного металла. Так, для аустенитных сталей структура шва должна быть аустенитно-ферритной. Для ферритной стали структура шва ферритно-аустенитная. Двухфазная структура обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики шва.

2 Определение структурного класса предложенной высоколегированной стали с помощью таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Номер п/п	$s = s_1$, мм	$L_{изд}$, м	Материал	e , мм, не более
1	4	5	10X17H13M3T	9
2	5	5	X12M	9
3	6	5	25XГНМ	9
4	4	2	08X18H9	8
5	4	2	12X13	8
6	4	2	17X18H9	8
7	5	3	12X18H18Ю4Д	9
8	5	3	10X18H18Ю4Д	9
9	5	3	2X18H10Ю4Д	9
10	6	4	03X24H6AM3	8
11	6	4	15X18A12CУТЮ	8
12	6	4	20X23H13	8
13	4	6	20X25H20C2	7
14	5	6	02X21H6M2T	8
15	6	6	УОХГНМА	9
16	4	1	03X16H15M3	9
17	4	1	3X16H22B6Б	8
18	4	1	3ОХГСА	7
19	5	3	08X16H9M2	8
20	5	3	У2X2ГСНМА	8
<i>Примечание</i> – Зазор между деталями $b_{ном} = 2$ мм; предельное отклонение для $b = \pm 1$ мм; высота валика шва $g = 1,5$ мм				

5 Практическое занятие № 5. Выбор оборудования для сварки

Цель занятия: научиться правильно выбирать необходимое сварочное оборудование в зависимости от свариваемых материалов и способов сварки.

Общие теоретические сведения

Ручная дуговая сварка. Одна из основных особенностей ручной сварки – частое изменение длины дуги. Оно связано с манипуляцией сварщиком электродом, его плавлением и необходимостью подачи электрода вниз, а также выполнением швов в неудобных и труднодоступных местах. Особенно часты колебания длины дуги при недостаточной квалификации сварщика. Для обеспечения стабильности процесса сварки, требуемой глубины проплавления и хорошего качества шва необходимо, чтобы сила тока при колебаниях длины дуги

изменялась минимально. Рассмотрим, как это обеспечивается выбором соответствующей характеристики источника питания. На рисунке 5.1 приведены характеристика дуги и две характеристики источников питания – крутопадающая (К) и пологопадающая (П). Точка пересечения характеристики дуги и источника питания является рабочей точкой и определяет напряжение на дуге U_d и ток дуги I_d . При увеличении длины дуги характеристика ее поднимается l_1 , т. к. увеличивается сопротивление и для поддержания тока необходимо большее напряжение. При этом рабочая точка перемещается для крутопадающей характеристики в точку O_1 , для пологопадающей – в точку O_1^1 . Вместе с тем сила тока уменьшается: для крутопадающей характеристики на величину $\Delta I_{1к}$, для пологопадающей – на величину $\Delta I_{1п}$. При уменьшении длины дуги l_2 ток увеличивается, соответственно, на $\Delta I_{2к}$ и $\Delta I_{2п}$.

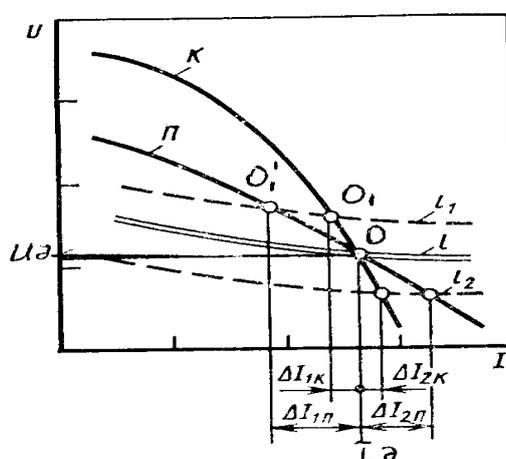


Рисунок 5.1 – Влияние крутизны внешней характеристики источника питания на изменение сварочного тока

Из графика видно, что при колебании длины дуги источник питания с крутопадающей характеристикой обеспечивает меньшие колебания силы тока, чем источник с пологопадающей характеристикой. Если использовать при ручной сварке источник с пологопадающей характеристикой, то при удлинении дуги возможен ее обрыв из-за малого тока, а при укорочении – прожог вследствие чрезмерно большой силы тока. Поэтому при ручной сварке используют источники питания с крутопадающей характеристикой, которая обеспечивает максимальную стабильность процесса сварки.

Полуавтоматическая и автоматическая сварка. Особенностью этих способов сварки является постоянная, независимая от сварщика скорость подачи сварочной проволоки. Для обеспечения устойчивого процесса сварки необходимо обеспечить постоянство длины дуги. В противном случае возможен обрыв дуги или короткое замыкание проволоки на изделие. Для обеспечения постоянства длины дуги необходимо, чтобы в процессе сварки соблюдалось соотношение

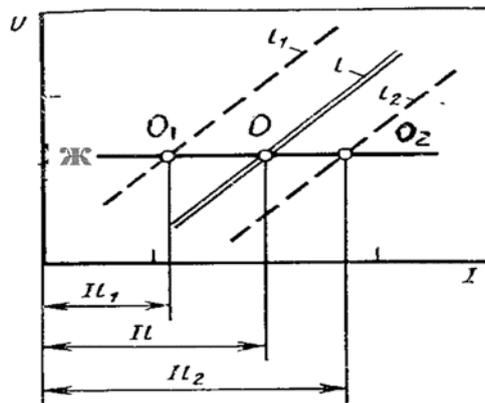
$$V_{под} = V_{пл},$$

где $V_{под}$ – скорость подачи сварочной проволоки;

$V_{пл}$ – скорость плавления сварочной проволоки.

Характеристика источника питания должна быть такой, чтобы при случайном нарушении этого соотношения она позволяла вернуться к его соблюдению в максимально короткие сроки.

Рассмотрим, что происходит при механизированной сварке при неожиданном увеличении или уменьшении длины дуги. На рисунке 5.2 изображена возрастающая характеристика дуги при различной ее длине l , l_1 , l_2 , а также жесткая характеристика источника питания. При увеличении длины дуги l_1 рабочая точка O перемещается в O_1 и сила тока уменьшается – I_1 . После уменьшения силы тока снижается количество теплоты, выделяемой в дуге, и скорость плавления проволоки уменьшается. В этот период времени скорость подачи проволоки становится больше скорости плавления ($V_{под} > V_{пл}$). Конец проволоки приближается к изделию и длина дуги самостоятельно восстанавливается. Этот процесс называется саморегулированием длины дуги.



Ж – жесткая характеристика источника питания

Рисунок 5.2 – Зависимость изменения тока от колебания длины дуги

Процесс сварки будет стабильным, если реакция по изменению скорости плавления проволоки после изменения длины дуги будет быстрой. В этом случае говорят, что процесс саморегулирования проходит активно.

Рассмотрим, как влияет на активность саморегулирования вид внешней характеристики источника питания. На рисунке 5.3 изображены три различные характеристики источников питания: пологопадающая (П), жесткая (Ж) и возрастающая (В).

Наиболее резкие колебания силы тока, обеспечивающие активное саморегулирование, будут при возрастающей характеристике источника питания. При жесткой характеристике саморегулирование будет происходить менее активно; еще менее активно оно будет происходить при пологопадающей характеристике. Поэтому если проволока при сварке подается относительно медленно, возможно использование пологопадающих или жестких характеристик. Это обычно бывает при сварке под флюсом, когда диаметры проволок

достаточно большие и скорости их подачи относительно невелики и колеблются в пределах 50...200 м/ч. При сварке в CO_2 диаметры проволок ниже, поэтому для обеспечения высокой производительности их скорости подачи выше (до 400 м/ч). В этом случае обязательно применение жестких характеристик. При сварке на форсированных режимах при очень высоких скоростях подачи проволоки возможно применение источников питания с возрастающими характеристиками.

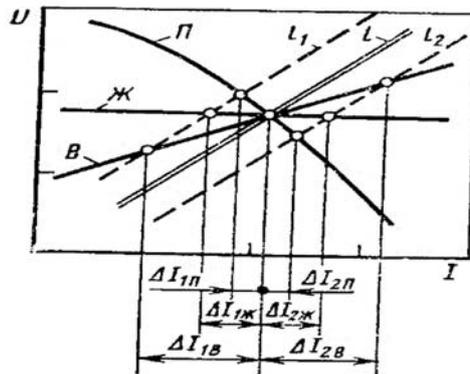


Рисунок 5.3 – Влияние формы внешней характеристики источника на изменение тока при колебаниях длины дуги

Источники питания с крутопадающими характеристиками, предназначенные для ручной сварки, для полуавтоматической и автоматической сварки применяться не могут, т. к. не обеспечивают саморегулирования длины дуги и стабильность процесса сварки.

Кроме принципа саморегулирования, в некоторых сварочных аппаратах используется принцип автоматического регулирования длины дуги. Он заключается в том, что в процессе сварки скорость подачи проволоки не постоянна, а изменяется в зависимости от длины дуги, следовательно, и напряжения на ней. Управление скоростью подачи проволоки осуществляется за счет обратной связи между дугой и двигателем подающего механизма.

Структура обозначения электросварочного оборудования. Единая структура обозначения была введена ранее для сварочного оборудования, выпускавшегося предприятиями, подведомственными министерству электротехнической промышленности СССР. Она сохранилась, в основном, до настоящего времени. Однако ряд предприятий-производителей сварочного оборудования не придерживается данной системы, поэтому полного единства в маркировке нет.

Первая буква в марке сварочного оборудования обозначает тип изделия (Т – трансформатор; В – выпрямитель; П – полуавтомат; У – установка; А – автомат или агрегат).

Вторая буква – способ сварки по источнику тепла (Д – дуговая; П – плазменная).

Третья буква – способ сварки по виду защиты от воздуха (Г – в защитных газах; Ф – под флюсом; У – универсальный; С – специальные способы сварки).

В марке оборудования для ручной сварки покрытыми электродами способ сварки не обозначается.

Четвертая буква (для ручной сварки третья) – дальнейшие пояснения (М – многопостовое питание; И – для импульсной сварки; Э – электронное регулирование тока; Д – дизельный агрегат; Б – бензиновый агрегат; М (для ручной сварки) – механическое регулирование тока).

Далее идут три или четыре цифры, из которых первые соответственно одна или две указывают силу тока в сотнях ампер. Последние две цифры указывают порядковый номер разработки данной модели.

Например, ВД-306 – выпрямитель для ручной дуговой сварки на ток 300 А; ТДМ-401 – трансформатор для ручной дуговой сварки с механическим регулированием тока на 400 А; ПДГ-302 – полуавтомат для дуговой сварки в защитных газах на 300 А; АДФ-1002 – автомат для дуговой сварки под флюсом на 1000 А; ВДУ-506 – выпрямитель для дуговой сварки универсальный на 500 А; АДД-301 – агрегат для ручной сварки, работающий на дизельном топливе, на ток 300 А; УДГ-301 – установка для дуговой сварки на 300 А; ВДГМ-1601 – выпрямитель для дуговой сварки в защитных газах многопостовой на ток 1600 А.

Каждая единица оборудования даже при одинаковой марке может иметь различное исполнение, что также указывается в обозначении. Буквами указывается климатическое исполнение: У – умеренный климат; Х_л – холодный; Т – тропический. Цифрой указывается категория помещения, в котором может использоваться оборудование: 1 – открытый воздух; 2 – палатки, прицепы автомобилей; 3 – помещения с естественной вентиляцией; 4 – помещения с принудительной вентиляцией и отоплением; 5 – помещения с повышенной влажностью.

Таким образом, полное обозначение оборудования выглядит следующим образом: ВДГМ-1601У3.

Более подробно структура обозначения и требования к сварочному оборудованию приведены в соответствующих стандартах. Полуавтоматы – ГОСТ 18130–79; автоматы – ГОСТ 8213–75; агрегаты – ГОСТ 2402–82; трансформаторы для автоматической сварки под флюсом – ГОСТ 7012–77; трансформаторы для ручной сварки – ГОСТ 95–77; выпрямители для ручной, автоматической и полуавтоматической сварки – ГОСТ 13821–77; установки для сварки неплавящимся электродом – ТУ 539.073–78 и ТУ 739.302–82.

Порядок проведения занятия

1 Ознакомление с порядком выбора сварочного оборудования.

Сварочное оборудование выбирается в зависимости от заданного способа сварки по расчетным режимам сварки, основным из которых является сила сварочного тока. Подбирая источник питания, необходимо стремиться к выбору аппарата с диапазоном сварочного тока, наиболее близким к расчетному. Не следует отдавать предпочтение источникам питания с максимальным значением

силы тока, значительно превышающим расчетное, т. к. это приводит к увеличению расхода электроэнергии. Ориентировочно можно разбить источники питания по трем группам: 150...200 А, 300...500 А, а также свыше 500 А. Немаловажным фактором являются и условия проведения сварочных работ (в цеху, на монтаже). Данный фактор оказывает влияние на требования к габаритным размерам и массе выбираемого оборудования.

Для ручной сварки в качестве источника питания должен быть выбран выпрямитель. Трансформаторы использовать нельзя, т. к. сварка высоколегированных сталей производится на постоянном токе. Марка выпрямителя должна соответствовать рассчитанной силе сварочного тока. Обычно номинальный ток выпрямителя несколько превышает расчетное значение. Для механизированной сварки в CO_2 выбирается полуавтомат, который поставляется в комплекте с источником питания. Кроме силы сварочного тока, полуавтомат должен обеспечивать сварку проволокой выбранного диаметра, а также скорость подачи проволоки, полученную при расчете режима. При автоматической сварке при выборе оборудования используются те же критерии – I_{CB} , $d_{Э}$, $V_{П.ПР}$. Так как сварка производится на постоянном токе, должен быть выбран автомат, который комплектуется выпрямителем.

2 Осуществление выбора сварочного оборудования для реализации процесса сварки предложенной конструкции.

6 Практическое занятие № 6. Выбор сварочных материалов

Сварочные материалы выбирают в зависимости от структурного класса свариваемого материала, который определяется по химическому составу основного металла. Затем в зависимости от заданного способа сварки, пользуясь [1–9], подбирают необходимые электроды (сварочную проволоку), защитный газ или флюс. Как правило, в литературе для сварки одной стали рекомендуется несколько марок электродов или проволок. Поэтому должно быть обоснование выбора, например, из соображений повышенной коррозионной стойкости, стойкости против образования кристаллизационных трещин и т. д. Для сварочных электродов должны быть указаны тип электрода, тип покрытия, марка электрода, а также приведен химический состав стержня.

Для сварочных проволок и флюса должны быть указаны марка и химический состав. Для всех сварочных материалов необходимо также указывать ГОСТы, по которым они поставляются. Для ручной сварки приводится обозначение электрода и дается его расшифровка.

После выбора сварочных материалов требуется определить структурный класс металла сварного шва с целью обеспечения требуемых механических свойств сварного соединения.

Задание

Согласно [1–9] выберите сварочные материалы для реализации технологии сварки изделия.

7 Практическое занятие № 7. Расчёт количества оборудования и рабочих по чертежу сварного узла

Расчет участка состоит из следующих разделов: расчет количества оборудования; расчет количества рабочих, служащих, ИТР.

Количество станков определяется по формуле

$$C_p = \frac{t_{ум.i} \cdot A}{\Phi_D^O \cdot 60 \cdot K_n}, \quad (7.1)$$

где C_p – расчетное количество оборудования;

$t_{ум.i}$ – норма времени по i -й операции, мин;

A – программа выпуска, шт.;

Φ_D^O – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

при двухсменной работе $\Phi_D^O = 3935$ ч;

K_n – коэффициент выполнения нормы, $K_n = 1,05 \dots 1,10$.

При этом

$$\Phi_D^O = (8 \cdot D_{II} + 7 \cdot D_C) \cdot n \cdot K_n, \quad (7.2)$$

где D_{II}, D_C – количество рабочих дней в году с полной продолжительностью и сокращенных (предпраздничных);

n – количество рабочих смен в сутки;

K_n – коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, $K_n = 0,92 \dots 0,96$.

Нормы времени рассчитываются следующим образом.

Общее время на выполнение сварочной операции $t_{св}$ состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле

$$t_{св} = t_o + t_{н.з} + t_в + t_{обс} + t_n, \quad (7.3)$$

где $t_{н.з}$ – подготовительно-заключительное время;

t_o – основное время;

$t_в$ – вспомогательное время;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места;

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. При дуговой сварке оно определяется по формуле

$$t_o = \frac{M_{н.м}}{\alpha_n \cdot I_{св}} \quad (7.4)$$

где $M_{н.м}$ – масса наплавленного металла.

$$M_{н.м} = F_n \cdot L_{ш} \cdot \gamma, \quad (7.5)$$

где F_n – площадь наплавленного металла;

γ – плотность металла;

$L_{ш}$ – длина шва.

Если шов непрерывный односторонний, то длина шва $L_{ш}$ равна длине изделия L_u ; если шов непрерывный двухсторонний, то $L_{ш} = 2L_u$; если шов прерывистый, то

$$L_{ш} = \frac{L_u}{L_{шаг}} \cdot L_y, \quad (7.6)$$

где L_y – длина непрерывного участка шва;

$L_{шаг}$ – расстояние от начала одного участка шва до начала другого;

L_y и $L_{шаг}$ указаны в задании в обозначении сварного соединения, например 100/200.

При шахматном расположении прерывистых швов (например, 100Z200) полученное по формуле значение $L_{ш}$ умножается на два.

Расчитанное основное время сварки может быть проверено по формуле

$$t_{o_1} = \frac{L_{ш}}{V_{св}}, \quad (7.7)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки;

t_o и t_{o_1} могут отличаться в пределах погрешности вычислений. Иногда при определении основного времени сварки вводится поправочный коэффициент K_n , зависящий от положения шва в пространстве (для вертикальных швов $K_n = 1,25$; для потолочных $K_n = 1,3$; для неповоротных стыков труб $K_n = 1,35$ и т. д.).

Подготовительно-заключительное время включает в себя такие операции, как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т. д. При его определении общий норматив времени $t_{н.з}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. В серийном производстве $t_{н.з} = 2...4$ % от t_o ; в единичном – $t_{н.з} = 10...20$ % от t_o . Можно принять $t_{н.з} = 10$ % от t_o .

Вспомогательное время включает в себя время на смену электродов $t_{\text{э}}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{\text{кр}}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{\text{бр}}$, клеймение швов $t_{\text{кл}}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{\text{изд}}$:

$$t_{\text{э}} = t_{\text{э}_1} \frac{F \cdot L_{\text{ш}}}{V_{\text{э}}}, \quad (7.8)$$

где $t_{\text{э}_1}$ – время на смену одного электрода, $t_{\text{э}_1} t_{\text{о}_1} = 5 \dots 10$ с;
 $F \cdot L_{\text{ш}}$ – объем наплавленного металла;
 $V_{\text{э}}$ – объем одного электрода.

$$V_{\text{э}} = \frac{\pi d^2}{4} L_{\text{э}}, \quad (7.9)$$

где $L_{\text{э}} = 350$ мм.

Время зачистки кромок или шва $t_{\text{кр}}(t_{\text{бр}})$ вычисляют по формуле

$$t_{\text{кр}}(t_{\text{бр}}) = L_{\text{ш}}(0,6 + 1,2(n_{\text{с}} - 1)), \quad (7.10)$$

где $n_{\text{с}}$ – количество слоев при сварке за несколько проходов;
 $L_{\text{ш}}$ – длина шва, м.

Время на установку клейма принимают 0,03 мин на один знак.

Время на установку, поворот и снятие изделия зависит от его массы. При массе изделия до 25 кг данные операции выполняются вручную. В проекте это время можно принять $t_{\text{изд}} = 3$ мин.

При автоматической и полуавтоматической сварке к вспомогательному времени относят время на заправку кассеты с электродной проволокой. Это время можно принять равным 5 мин.

Время на обслуживание рабочего места включает в себя время на установку режима сварки, наладку полуавтомата или автомата, уборку флюса, инструмента и т. д. Для ручной сварки $t_{\text{обс}} = 0,05t_{\text{о}}$; для полуавтоматической и автоматической сварки $t_{\text{обс}} = (0,06 \dots 0,08)t_{\text{о}}$.

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении $t_{\text{н}} = 0,07t_{\text{о}}$; в неудобном положении $t_{\text{н}} = 0,1t_{\text{о}}$; в напряженном положении при работе в закрытых сосудах $t_{\text{н}} = 0,16t_{\text{о}}$; при работе на высоте с использованием приставных лестниц $t_{\text{н}} = 0,2t_{\text{о}}$.

Стендов одного наименования может быть несколько, в зависимости от трудоемкости данной операции. Далее определяется количество рабочих на участке.

Численность основных рабочих, занятых непосредственно выполнением технологических операций, рассчитывается по формуле

$$C_{oi} = \frac{T_{Gi}}{\Phi_D^P \cdot K_B}, \quad (7.11)$$

где T_{Gi} – годовая трудоемкость на i -й операции, нормочас;

Φ_D^P – годовой действительный фонд времени работы одного рабочего, ч;

для сварщиков $\Phi_D^P = 1820$ ч при двух сменах;

K_B – коэффициент выполнения норм выработки, $K_B = 1,1-1,15$.

При этом

$$T_{Gi} = \frac{t_{um.i} \cdot A}{60}, \quad (7.12)$$

где $t_{um.i}$ – норма времени на i -й операции, мин;

A – программа выпуска, шт.

Годовой фонд времени работы рабочего определяется по формуле

$$\Phi_D^P = (8 \cdot D_{II} + 7 \cdot D_C) \cdot K_{HEB}, \quad (7.16)$$

где D_{II} , D_C – количество рабочих дней в году соответственно с полной продолжительностью и сокращенных (предпраздничных);

K_{HEB} – коэффициент невыходов по уважительным причинам ($\approx 0,88$).

Расчет численности основных рабочих сводится в таблицу 7.1. Принято численность основных рабочих определять с учетом совмещения профессий. При этом суммарное расчетное число и суммарное принятое число рабочих должны быть равны.

Таблица 7.1 — Численность основных рабочих

Операция по узлу	Годовая трудоемкость, ч	Количество станков на операции, шт.	Численность основных рабочих, чел.	
			расчетная	принятая
...				
Всего				

Численность вспомогательных рабочих принимается в размере: для единичного производства – 10...15 %; для серийного – 15...20 % от численности основных рабочих. Производится распределение их по профессиям на основании норм обслуживания (таблица 7.2).

Численность служащих принимается в процентном отношении от общего числа рабочих (7...8 %). Рассчитав численность служащих, распределяют их по профессиям в соответствии с нормами.

Таблица 7.2 – Расчет численности вспомогательных рабочих

Наименование профессии	Разряд рабочего	Норма обслуживания, ед.	Численность основных и вспомогательных рабочих, чел.			
			расчетная		принятая	
...						
Итого по участку						

8 Практическое занятие № 8. Разработка чертежа разреза цеха

Основной задачей при выполнении чертежа промышленного здания является определение основных размеров по высоте.

Высота пролетов сборочно-сварочного проектируемого цеха обусловлена размерами подлежащих изготовлению в них сборочных единиц и изделий в целом, габаритными размерами запроектированного к установке в рассчитываемых пролетах производственного оборудования большой высоты и предусмотренным применением (либо отказом от применения) верхнего транспорта (мостовых кранов, кран-балок, однорельсовых подвесных тележек и т. п.).

В случае отсутствия верхнего транспорта высоту пролета H_{II} от уровня пола до выступающих конструктивных частей перекрытия определяют следующим образом:

$$H_{II} \geq h_1 + h_2 \geq 4,5 \text{ м,}$$

где h_1 – наибольшая в рассматриваемом пролете высота производственного оборудования либо стеллажей и стендов с обрабатываемыми на них сборочными единицами и изделиями, но не менее 2,3 м;

h_2 – расстояние между наивысшей точкой указанного оборудования либо стеллажей с изготавливаемыми на них сборочными единицами (изделиями) и наиболее низкой точкой выступающих конструктивных частей перекрытия; значение этого размера обычно 0,4...1 м.

Согласно нормам технологического проектирования высота производственных помещений от пола до потолка должна составлять не менее 4,5 м.

При наличии верхнего транспорта высота пролета может быть определена из следующих выражений:

$$H_{II} \geq h_1 + h_2 + h_4 + h_6 + h_6;$$

$$H_{III} \geq H_n + h_7 + h_8.$$

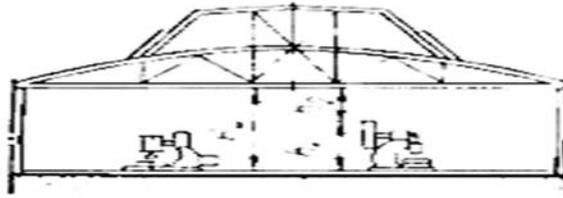


Рисунок 8.1 – Схема промышленного здания, не имеющего верхнего транспорта

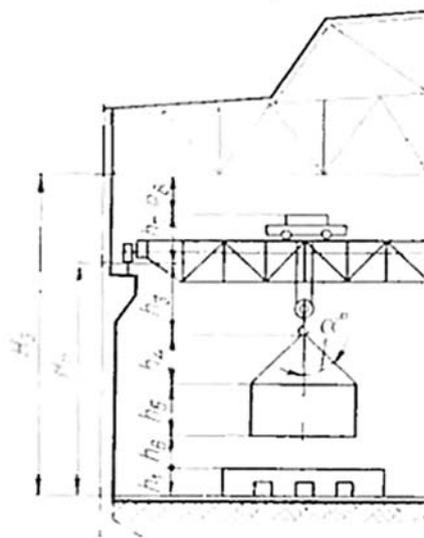


Рисунок 8.2 – Основные размеры промышленного здания, снабженного верхним транспортом

На рисунке 8.2 указаны следующие размеры:

H_n – высота пролета цеха от пола до уровня поверхности головки рельса подкрановых путей, м;

$H_з$ – высота пролета цеха от пола до нижнего уровня затяжки стропил перекрытия, м;

h_3 – расстояние от уровня поверхности головки рельса подкрановых путей до наиболее низкой точки подъемного крюка в его наиболее высоком положении (определяют по конструктивным данным стандартных кранов, но не менее 0,75 м), м;

h_4 – расстояние между наиболее низкой точкой подъемного крюка крана и наиболее высокой точкой транспортируемого груза; величина h_4 зависит от запроектированного способа захвата или подвеса и увязки (зачалки) транспортируемого груза; при зачалке цепями или тросами h_4 принимают равным 0,5 ширины зачалки, но не менее 1 м;

h_5 – наибольшая высота грузов, транспортируемых в данном пролете при помощи верхнего транспорта, м;

h_6 – расстояние между наиболее низкой точкой поднятых грузов, транспортируемых в данном пролете при помощи верхнего транспорта, и наивысшей точкой установленного в том же пролете оборудования либо стеллажей и стенов с обрабатываемыми на них сборочными единицами и изделиями, числовое значение h_6 принимают 0,5...1 м;

h_7 – расстояние от уровня поверхности головки рельса подкранового пути до высшей точки оборудования тележки мостового крана (определяют по конструктивным данным стандартных кранов), м;

h_8 – расстояние между высшей точкой оборудования тележки крана и нижним уровнем затяжки стропил перекрытия; принимают равным 0,6...1,2 м; введение в расчет величины h_8 при определении высоты пролета вызывается размещением в пролете светильников общего освещения цеха, подвешиваемых обычно к нижним поясам ферм перекрытия, а также расположением троллейных проводов крана.

Таблица 1 – Размеры грузов, транспортируемых при помощи верхнего транспорта

Предпоследняя цифра шифра	Размеры груза 1, мм		Размеры груза 2, мм	
	Высота	Ширина	Высота	Ширина
0	1200	2300	1540	2160
1	2080	2550	2510	2440
2	750	1100	1100	780
3	1930	3070	1920	2400
4	1660	1950	1560	2340
5	1370	1810	1460	1470
6	2260	2300	2030	2780
7	1090	1580	1460	1490
8	1400	1990	920	2800
9	1720	2500	1410	2970
10	1680	2600	2600	2990
11	110	1680	1530	2500
12	1530	2840	860	2600
13	840	3500	1400	890
14	700	1800	2100	2800
15	2100	2400	1200	1800

К выполнению индивидуального задания следует приступить после изучения всех особенностей конструкции промышленного здания. Анализируя влияние размеров транспортируемых грузов на высоту здания, необходимо рассмотреть оба варианта и для расчета высоты выбрать тот из грузов, который требует большей суммарной высоты: $h_4 + h_5$.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета высоты цеха

Наименование параметра	Значение параметра при последней цифре шифра															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наибольшая высота оборудования, мм	2640	3020	3000	2200	3380	2560	3130	3390	2850	3710	2800	3900	2880	4100	4200	3200
Расстояние от головки рельса до наиболее низкой точки подъемного крюка, мм	1220	730	1560	1620	710	1480	1390	1140	1190	980	760	840	1100	1240	890	1320
Расстояние от головки рельса до высшей точки тележки мостового крана, мм	1100	1680	1910	1430	1370	1540	1480	1750	1820	1210	1200	1320	1410	1000	1600	1140
Расстояние между высшей точкой тележки мостового крана и нижним уровнем затяжки стропил перекрытия, мм	660	1180	1000	1200	730	870	1070	940	1110	750	920	810	800	740	600	620
Расстояние между наиболее низкой точкой поднятого груза и высшей точкой установленного оборудования, мм	550	720	910	500	1000	600	850	800	630	980	1000	920	700	810	940	1200

Список литературы

- 1 Технология сварки плавлением и термической резки: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» дневной и заочной форм обучения: в 2 ч. / Сост. А. О. Коротеев. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – Ч. 1. – 44 с.
- 2 Технология сварки плавлением и термической резки: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» дневной и заочной форм обучения: в 2 ч. / Сост. А. О. Коротеев. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – Ч. 2. – 43 с.
- 3 **Патон, Б. Е.** Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. – Москва: Машиностроение, 1974. – 664 с.
- 4 **Куликов, В. П.** Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебное пособие / В. П. Куликов. – Минск: Экоперспектива, 2003. – 415 с.: ил.
- 5 Технология сварки плавлением и термической резки металлов: учебное пособие / В. А. Фролов [и др.]; под ред. В. А. Фролова. – Москва: Альфа-М; ИНФРА-М, 2011. – 448 с. : ил.
- 6 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебник для вузов / А. И. Акулов [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 2003. – 560 с: ил.
- 7 **Кононенко, В. Я.** Сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродом / В. Я. Кононенко. – Киев: Ника-ПРИНТ, 2007. – 266 с.
- 8 **Ерохин, А. А.** Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности / А. А. Ерохин. – Москва : Машиностроение, 1973. – 448 с.
- 9 **Волченко, В. Н.** Сварка и свариваемые материалы / В. Н. Волченко. – Москва : Металлургия, 1991. – 528 с.
- 10 **ГОСТ 14771–76.** Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартиформ, 2013. – 39 с.
- 11 **ГОСТ 8713–79.** Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартиформ, 2007. – 41 с.
- 12 **ГОСТ 5264–80.** Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартиформ, 2009. – 35 с.