

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

# ОРГАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов направления подготовки  
15.03.01 «Машиностроение» дневной формы обучения*

**Часть 1**



Могилев 2022

УДК 621.7  
ББК 34.64  
О64

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного  
производства» «24» марта 2022 г., протокол № 9

Составитель ст. преподаватель И. И. Цыганков

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены  
для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение».

Учебно-методическое издание

ОРГАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Часть 1

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	Т. А. Рыжикова
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 26 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, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

БелГИСС, 2014. – 10 с.

30 **ГОСТ 3.1407–86.** Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки. – Введ. 01.01.1988. – Минск: БелГИСС, 2014. – 31 с.

31 **ГОСТ 3.1408–85.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы получения покрытий. – Введ. 01.01.1987. – Минск: БелГИСС, 2014. – 18 с.

32 **ГОСТ 3.1502–85.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технический контроль. – Введ. 01.01.1987. – Минск: БелГИСС, 2014. – 16 с.

33 **ГОСТ 3.1507–84.** Единая система технологической документации. Правила оформления документов на испытания. – Введ. 01.01.86. – Минск: БелГИСС, 2014. – 10 с.

34 **ГОСТ 3.1705–81.** Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Сварка. – Введ. 01.07.1982. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 7 с.

## Содержание

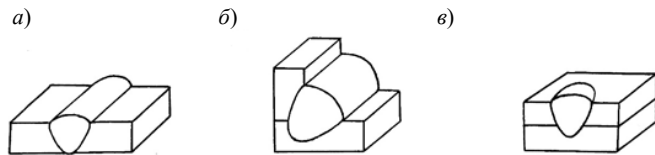
1 Практическое занятие № 1. Изучение основных технических нормативных правовых актов и их применение в сварочном производстве.....	4
2 Практическое занятие № 2. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки по чертежу сварного узла.....	11
3 Практическое занятие № 3. Расчет параметров режима механизированной сварки в среде CO <sub>2</sub> по чертежу сварного узла.....	16
4 Практическое занятие № 4. Расчет параметров режима механизированной сварки в среде Ar + CO <sub>2</sub> по чертежу сварного узла....	19
5 Практическое занятие № 5. Расчет параметров режима дуговой сварки вольфрамовым электродом по чертежу сварного узла.....	23
6 Практическое занятие № 6. Расчет параметров режима сварки под слоем флюса по чертежу сварного узла.....	25
7 Практическое занятие № 7. Расчет расхода сварочных материалов по чертежу сварного узла.....	28
8 Практическое занятие № 8. Разработка схемы базирования по чертежу сварного узла.....	31
9 Практическое занятие № 9. Расчет трудоемкости сварных конструкций на примере чертежей сварных узлов .....	33
Список литературы.....	40

## 1 Практическое занятие № 1. Изучение основных технических нормативных правовых актов и их применение в сварочном производстве

**Цель работы:** изучить существующие и действующие 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.

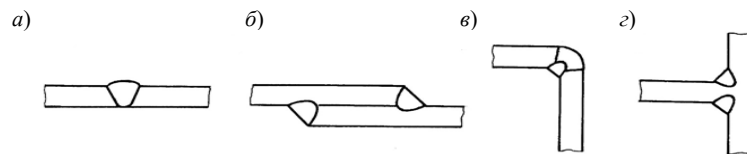


а – стыковой; б – угловой; в – прорезной

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

17 **ГОСТ 3.1119–83.** Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 18 с.

18 **ГОСТ 3.1120–83.** Единая система технологической документации. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 7 с.

19 **ГОСТ 3.1121–84.** Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). – Москва: Стандартинформ, 2012. – 48 с.

20 **ГОСТ 3.1122–84.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов специального назначения. Ведомости технологические. – Введ. 01.01.1986. – Минск: БелГИСС, 2014. – 27 с.

21 **ГОСТ 3.1123–84.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления технологических документов, применяемых при нормировании расхода материалов. – Введ. 01.01.1986. – Минск: БелГИСС, 2014. – 28 с.

22 **ГОСТ 3.1127–93.** Единая система технологической документации. Общие правила выполнения текстовых технологических документов. – Введ. 01.01.1997. – Минск: БелГИСС, 2014. – 12 с.

23 **ГОСТ 3.1128–93.** Единая система технологической документации. Общие правила выполнения графических технологических документов. – Введ. 01.01.1997. – Минск: БелГИСС, 2009. – 22 с.

24 **ГОСТ 3.1129–93.** Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции. – Введ. 01.01.1996. – Минск: БелГИСС, 2009. – 23 с.

25 **ГОСТ 3.1130–93.** Единая система технологической документации. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции. – Введ. 01.01.1996. – Минск: БелГИСС, 2009. – 23 с.

26 **ГОСТ 3.1201–85.** Единая система технологической документации. Система обозначения технологической документации. – Введ. 01.07.1986. – Минск: БелГИСС, 2009. – 13 с.

27 **ГОСТ 3.1402–84.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы раскроя материалов. – Введ. 01.07.1986. – Минск: БелГИСС, 2014. – 22 с.

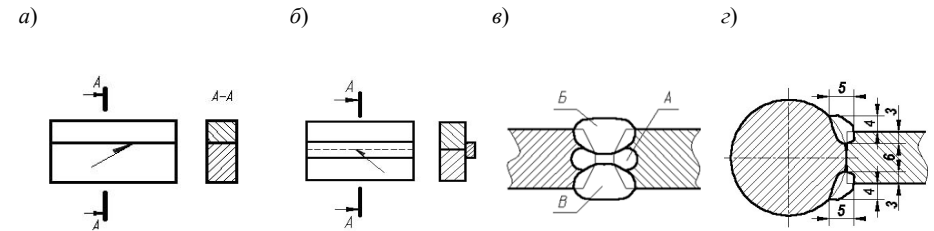
28 **ГОСТ 3.1404–86.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 01.07.1987. – Минск: БелГИСС, 2014. – 62 с.

29 **ГОСТ 3.1405–86.** Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки. – Введ. 01.01.1987. – Минск:

## Список литературы

- 1 **Куликов, В. П.** Технология сварки плавлением и термической резки: учебник / В. П. Куликов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 388 с.
- 2 **Сачко, Н. С.** Планирование и организация машиностроительного производства. Курсовое проектирование: учебное пособие / Н. С. Сачко, И. М. Бабук. – 2-е изд., испр. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2012. – 240 с.: ил.
- 3 **Иванов, И. Н.** Организация производства на промышленных предприятиях: учебник / И. Н. Иванов. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 352 с.
- 4 **Чернышов, Г. Г.** Технология сварки плавлением: учебник / Г. Г. Чернышов. – Москва: Академия, 2010. – 272 с.
- 5 **Конonenко, В. Я.** Сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродом / В. Я. Конonenко. – Киев: Ника-ПРИНТ, 2007. – 266 с.
- 6 **ГОСТ 5264–80.** Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 35 с.
- 7 **ГОСТ 11534–75.** Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острым и тупым углом. – Москва: Стандартинформ, 2002. – 23 с.
- 8 **ГОСТ 8713–79.** Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 41 с.
- 9 **ГОСТ 14771–76.** Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 39 с.
- 10 **ГОСТ 3.1001–2011.** Единая система технологической документации. Общие положения. – Введ. 01.01.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 17 с.
- 11 **ГОСТ 3.1102–2011.** Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения. – Введ. 01.01.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 15 с.
- 12 **ГОСТ 3.1103–2011.** Единая система технологической документации. Основные надписи. Общие положения. – Введ. 01.01.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 26 с.
- 13 **ГОСТ 3.1105–2011.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 01.01.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 30 с.
- 14 **ГОСТ 3.1107–81.** Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – Введ. 01.01.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 11 с.
- 15 **ГОСТ 3.1109–82.** Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.01.1983. – Минск: БелГИСС, 2011. – 20 с.
- 16 **ГОСТ 3.1118–82.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 25 с.

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; з – нестандартный

Рисунок 1.3 – Условное изображение сварных швов

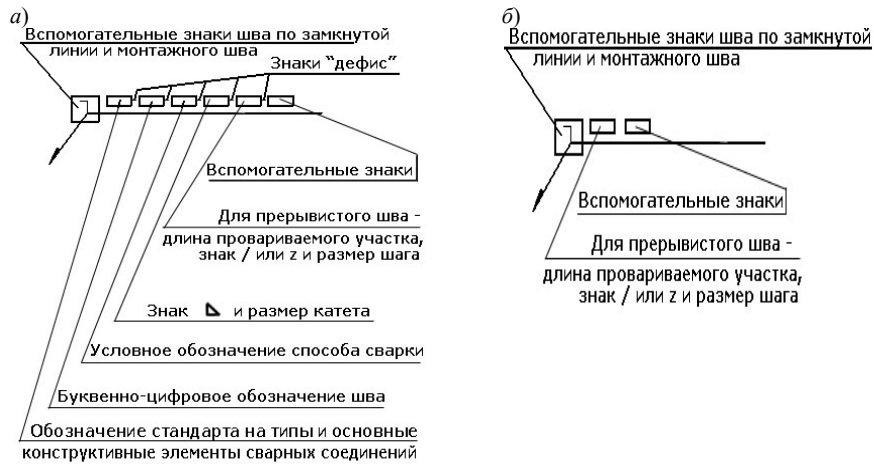
Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов по ЕСКД ГОСТ 2.312–72 приведены в таблице 1.1.

Структура условного обозначения швов приведена 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		

*Примечание* – За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона



*a* – стандартный шов; *b* – 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.*

24 Что такое установочная база?

25 Какие степени свободы имеет любое твердое тело?

26 Сформулируйте правило шести точек.

27 Что такое принципиальная схема сборочно-сварочного приспособления?

28 Что такое технологический процесс?

29 Что такое технологическая операция?

30 Что такое технологический переход?

31 Что такое СТО?

32 Что такое технологическое оборудование?

33 Что такое технологическая оснастка?

34 Что такое приспособление?

35 Что такое инструмент?

36 Что такое маршрутная карта?

37 Что указывается в строке, имеющей служебный символ А?

38 Что указывается в строке, имеющей служебный символ Б?

39 Что указывается в строке, имеющей служебный символ О?

40 Что указывается в строке, имеющей служебный символ К/М?

41 Когда следует применять полную запись наименования операции в маршрутной карте, а когда краткую?

42 Приведите структуру обозначения технологической документации.

43 Приведите структуру кода характеристики документации.

44 Дать определение материала, основного материала, вспомогательного материала.

45 Каковы основные особенности процесса сварки в углекислом газе? Преимущества и недостатки.

46 Особенности горения дуги в углекислом газе. Какое влияние оказывает на характер горения дуги термическая диссоциация углекислого газа?

47 Почему проволока для сварки в углекислом газе легируется кремнием и марганцем? Что такое раскисление? Куда удаляются продукты раскисления?

48 На основании чего выбирается сила сварочного тока? На что влияет напряжение на дуге при сварке?

49 Почему сварка на обратной полярности более предпочтительна? Почему на аноде выделяется большее количество тепла, чем на катоде?

50 Назовите положения при выполнении сварки.

51 На основании чего выбирается сварочный ток?

52 Приведите формулу расчета напряжения на дуге.

53 Поясните, что такое прямая и что такое обратная полярность.

$T_{сн}$  – время на съём сборочной единицы со стола сварщика, стенда, кантователя и укладка ее на место складирования, мин;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также норму времени на отдых и естественные надобности;  $K_2 = 1,15$  для серийного производства.

### Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Необходимые расчеты.
- 4 Выводы.

### Контрольные вопросы

- 1 История возникновения ручной дуговой сварки плавящимся электродом.
- 2 Сущность ручной дуговой сварки плавящимся электродом.
- 3 Основные параметры режима ручной дуговой сварки плавящимся электродом.
- 4 Понятие сварочной дуги. Длина сварочной дуги.
- 5 Способы выполнения сварных швов по длине.
- 6 Обозначение сварных швов, полученных способом ручной дуговой сварки плавящимся электродом, на чертежа.
- 7 Порядок расчета основных параметров режима ручной дуговой сварки плавящимся электродом.
- 8 История возникновения автоматической сварки под флюсом.
- 9 Сущность дуговой сварки под флюсом.
- 10 Основные параметры режима дуговой сварки под флюсом.
- 11 Техника осуществления дуговой сварки под флюсом.
- 12 Порядок расчета основных параметров режима дуговой сварки под флюсом.
- 13 Сущность дуговой сварки в защитных газах.
- 14 Основные параметры режима дуговой сварки в защитных газах.
- 15 Отличия сварки в активных и инертных газах.
- 16 Порядок расчета основных параметров режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящейся проволокой.
- 17 В чем опасность пористости?
- 18 Источники попадания водорода в металл сварного соединения.
- 19 Назовите известные Вам типы электродных покрытий.
- 20 Приведите известные Вам типы электродов.
- 21 Исходя из каких условий выбирают сварочный аппарат для ручной дуговой сварки?
- 22 Приведите вольт-амперную характеристику источника питания для механизированной сварки в среде защитных газов.
- 23 Что такое базирование?

Тип сварного соединения обозначается буквами:  $C$  – стыковое;  $H$  – нахлесточное;  $У$  – угловое;  $T$  – тавровое. Цифра после этой буквы уточняет тип подготовки кромок.

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 ( $A$  – 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:  $AФ$  – автоматическая на весу;  $AФ_{\phi}$  – автоматическая на флюсовой подушке;  $AФ_0$  – автоматическая на остающейся подкладке;  $MФ$  – механизированная на весу;  $MФ_0$  – 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;  $P$  – ручная дуговая сварка;  $Ф$  – дуговая сварка под флюсом;  $Г$  – газовая сварка.

В таблице 1.2 приведены примеры обозначения сварных соединений, выполняемых различными способами сварки. В таблице 1.3 представлены условные обозначения типов сварных соединений.

Таблица 1.2 – Примеры условных обозначений швов сварных соединений

Характеристика шва	Эскиз шва	Условное обозначение шва	
		С лицевой стороны	С оборотной стороны
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний. Выполняется ручной дуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон. Параметр шероховатости шва: $Rz = 20$ мкм; $Rz = 80$ мкм			

Окончание таблицы 1.2

Характеристика шва	Эскиз шва	Условное обозначение шва	
		С лицевой стороны	С оборотной стороны
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний. Выполняется механизированной сваркой под флюсом			
Тавровое соединение, сваренное на монтаже односторонним прерывистым швом катетом 5 мм, длина провариваемого участка шва – 100 мм, шаг – 200 мм. Выполняется механизированной сваркой в CO <sub>2</sub>			

Таблица 1.3 – Условные обозначения некоторых типов сварных соединений

Тип сварного соединения	Подготовка кромок и расположение шва	Стандарт ГОСТ	Условное обозначение на чертеже	Толщина металла, мм
Стыковое		5264–80 14771–76 8713–79	C1	1...4 0,5...4 1,5...3
		5264–80 14771–76 8713–79	C2 C2 C4	1...4 0,8...6 2...10
		5264–80 14771–76 8713–79	C7 C7 C7	2...5 3...12 2...20
		5264–80 14771–76 8713–79	C17 C17 C18	3...60 3...60 8...24
		5264–80 14771–76 8713–79	C25 C25 C25	8...120 6...120 18...60
Угловое		5264–80 14771–76	У6 У6	3...60 3...60

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием и работой оборудования при полуавтоматической сварке в среде CO<sub>2</sub>  $T_{в.и.}$ , мин, включает следующие элементы:

$$T_{в.и.} = T_y + T_{кр} + T_{пр} + T_{пов} + T_{псв} + T_{кл} + T_{сн}, \quad (9.4)$$

где  $T_y$  – время на установку деталей, сборочных единиц в приспособление по упорам фиксаторам, мин;

$T_{кр}$  – время на крепление деталей, мин;

$T_{пр}$  – время на прихватку деталей, мин;

$T_{пов}$  – время на поворот сборочной единицы в процессе сварки, мин;

$T_{псв}$  – время на перемещение сварщика в процессе сварки, мин;

$T_{кл}$  – время на постановку клейма,  $T_{кл} = 0,1$  мин;

$T_{сн}$  – время на съем сборочной единицы с приспособления с укладкой ее на место складирования, стол сварщика, кантователь, мин.

Время перемещения сварщика приведено в таблице 9.10.

Таблица 9.10 – Время перемещения сварщика

Характер перемещения	Расстояние перемещения, м				
	2	4	6	8	10
	Время на одно перемещение, мин				
Свободное	0,2	0,31	0,5	0,7	0,9
Затрудненное	0,6	0,90	1,5	2,0	3,0

Норма времени для автоматической и механизированной сварки в углекислом газе в условиях крупносерийного производства  $T_{шт.св.}$ , мин, определяется по формуле

$$T_{шт.св.} = [(T_o + T_{в.и.}) \cdot L_{ш} + T_{в.и.}] \cdot K_2, \quad (9.5)$$

где  $T_o$  – основное время сварки, мин; на 1 м шва определяется по формуле (9.3);

$T_{в.и.}$  – в соответствии с таблицей 9.10;

$L_{ш}$  – длина сварного шва, м;

$T_{в.и.}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием и работой оборудования, мин,

$$T_{в.и.} = T_y + T_{кр} + T_{пов} + T_{псв} + T_{кл} + T_{сн}, \quad (9.6)$$

где  $T_y$  – время на установку деталей, сборочной единицы на стол сварщика, стелд, кантователь и т.д., мин;

$T_{кр}$  – время на крепление деталей, сборочных единиц на стенде, кантователе, мин;

$T_{пов}$  – время на поворот сборочной единицы при сварке, мин;

$T_{псв}$  – время на перемещение сварщика, мин;

$T_{кл}$  – время на постановку клейма,  $T_{кл} = 0,1$  мин;



$$T_{шт.сб.св.} = [(T_o + T_{в.ш.}) \cdot L_{ш} + T_{в.и.}] \cdot K_2, \quad (9.2)$$

где  $T_o$  – основное время сварки на 1 м шва, мин;

$T_{в.ш.}$  – вспомогательное время, связанное со сварным швом на 1 м шва, мин;

$L_{ш}$  – длина сварного шва, м;

$T_{в.и.}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также время на отдых и естественные надобности,  $K_2 = 1,15$  – для крупносерийного производства.

$$T_o = \frac{60 \cdot F_{ш} \cdot \gamma \cdot 100}{I_{св} \cdot \alpha_n}, \quad (9.3)$$

где  $F_{ш}$  – площадь поперечного сечения сварного шва, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – удельная плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>,  $\gamma = 7,85$  г/см<sup>3</sup> для углеродистой и низколегированной сталей;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Коэффициент наплавки представлен в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Коэффициент наплавки

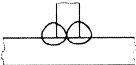
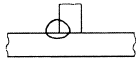

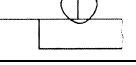

Катет, мм	Сварочный ток, А	Поперечное сечение шва, мм <sup>2</sup>	Коэффициент наплавки, г/(А·ч)
2	110	3,2	11,5
3	140	7,3	12,2
4	240	13	14,5
5	300	20	15,8
6	340	29	17,1

Вспомогательное время, связанное со сварным швом при полуавтоматической сварке в CO<sub>2</sub> приведено в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – Вспомогательное время, связанное со сварным швом при полуавтоматической сварке в CO<sub>2</sub>

Наименование элементов работы	Норма времени на 1 м шва, мин	Примечание
Очистка и осмотр свариваемых кромок: без разделки	0,30	Зачистка кромок вручную, металлической щеткой
с разделкой и угловых швов	0,50	
Очистка, промер осмотр шва наружных поверхностей стыковых и угловых швов	0,40	
Переход сварщика к началу шва с газопорезной горелкой	0,15	Время дано на один переход

Окончание таблицы 1.3

Тип сварного соединения	Подготовка кромок и расположение шва	Стандарт ГОСТ	Условное обозначение на чертеже	Толщина металла, мм
Тавровое		5264–80 14771–76 8713–79	T1 T1 T1	2...40 0,8...40 3...40
		5264–80 14771–76 8713–79	T3 T3 T3	2...40 0,8...40 3...20
		5264–80 14771–76	T6 T6	3...60 3...60
Нахлесточное		5264–80 14771–76 8713–79	H1 H1 H1	2...60 0,8...60 1...20
		5264–80 14771–76 8713–79	H2 H2 H2	2...60 0,8...60 1...20

Кроме ГОСТ 2.312–72, в Беларуси действует также стандарт СТБ-ISO 2553–2004 *Соединения сварные и паяные. Условные изображения и обозначения на чертежах*. Он действует параллельно ГОСТ 2.312–72 и принимается по согласованию с заказчиком проекта. В соответствии с этим стандартом линия шва обозначается двухсторонней стрелкой и полкой, на которой указана информация о сварном соединении (рисунок 1.5).

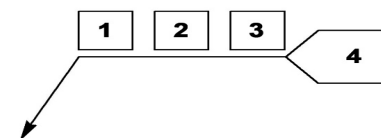


Рисунок 1.5 – Структура знака условного обозначения сварного соединения по СТБ ISO 2553–2004

На первой позиции указывается размер шва в поперечном сечении (например, катет шва), на второй – знак, указывающий тип подготовки кромок, на третьей – продольные размеры шва, на четвертой – обозначение способа сварки и ссылка на нормативную документацию, по которой выполнен шов.

Некоторые условные знаки обозначения швов (см. рисунок 1.5, поз. 2) приведены в таблице 1.4. Подробные рекомендации по подготовке кромок для различных способов сварки приведены в СТБ ISO 9692–2007.

Таблица 1.4 – Условные обозначения типов швов по СТБ ISO 2553–2004

Тип шва (соединения)	Условный графический знак
Стыковой шов по отбортовке; (отбортовка полностью расплавляется до плоскости соединяемых пластин)	
Стыковой шов без скоса кромок (I-шов)	
Стыковой шов с V-образным скосом двух кромок (V-шов)	
Стыковой шов со скосом одной кромки (HV-шов)	
Стыковой шов с V-образным скосом двух кромок с увеличенным притуплением (Y-шов)	
Стыковой шов со скосом одной кромки с увеличенным притуплением (H-шов)	
Угловой шов	

Способ сварки обозначается цифрами в соответствии с ИСО 4063–2009:

- 111 ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом (ММА);
- 131 дуговая сварка в инертном газе плавящимся электродом (MIG-сварка);
- 135 дуговая сварка в активном газе плавящимся электродом (MAG-сварка);
- 136 дуговая сварка в активном газе порошковой проволокой;
- 137 дуговая сварка в инертном газе порошковой проволокой;
- 141 дуговая сварка в инертном газе вольфрамовым электродом (TIG-сварка).

Приведем пример обозначения шва по СТБ ISO 2553–2004: сварной шов с V-образной разделкой кромок, с подварочным проходом, выполненный ручной дуговой сваркой покрытым электродом (индекс процесса сварки 111 в соответствии с ИСО 4063–2009), уровень качества в соответствии с ИСО 5817–2007, положение при сварке РА в соответствии с ИСО 2560–Е 51 2 RR 22.

### Порядок проведения занятия

1 Расшифруйте обозначения сварных швов на чертежах сварного узла.

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

Таблица 9.4 – Время на поворот при сборке вручную

Конфигурация детали	Угол поворота	Масса детали, сборочной единицы, кг					
		1	3	5	8	12	20
Время, мин							
Плоская	90°	0,056	0,063	0,07	0,08	0,09	0,115
Объемная		0,050	0,055	0,06	0,07	0,08	0,105
Плоская	180°	0,075	0,082	0,09	0,10	0,12	0,150
Объемная		0,068	0,073	0,08	0,09	0,11	0,135

*Примечание* – При кантовке сборочной единицы в сборочном приспособлении применять коэффициент 1.1

Таблица 9.5 – Время на поворот сборочных единиц краном

Конфигурация детали	Угол поворота	Масса детали, кг		
		50	100	250
Время, мин				
Плоская	90°	0,96	1,02	1,17
Объемная		0,87	0,93	1,00
Плоская	180°	1,28	1,37	1,47
Объемная		1,15	1,23	1,32

Таблица 9.6 – Время на снятие сборочных единиц с приспособления и их укладка на место складирования

Элемент работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время в мин						
	Вручную				Краном		
Снять сборочную единицу и отнести на место складирования	0,10	0,15	0,20	0,30	2,2	2,6	3,4

Таблица 9.7 – Время на установку сборочной единицы на стол сварщика, кантователь

Элемент работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	40	до 50	до 100
	Время, мин						
	Вручную				Краном		
Взять сборочную единицу, отнести, уложить	0,10	0,22	0,30	0,45	1,90	2,40	3,00

Норма времени на сборку и автоматическую и механизированную сварку в углекислом газе в условиях крупносерийного производства *Тим.сб.св.*, мин определяется по формуле

Окончание таблицы 9.1

Вид сборки	Длина сопрягаемых кромок, м	Время на установку деталей (сборочных единиц), мин					
		0,7	1,00	1,30	1,5	4,4	
Без подгонки	1,5...2,5						
Без выверки	Св. 2,5 на каждый последующий метр	0,1	0,13	0,17	0,2	0,3	
Вес детали (сборочной единицы), кг		2	5	10	20	30	50

### Порядок проведения занятия

Расчет технических норм времени на сборку и сварку вагона.

Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций определяется по таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Время на крепление и открепление деталей при сборке металлоконструкций

Способ крепления	Шаг резьбы, мм	Длина заворачивания, мм		
		5	10	20
		Время на закрепление и открепление, мин		
Винтовым зажимом	3	0,26	0,34	0,45
	6	0,21	0,27	0,35
Пневматическим зажимом			0,13	
Эксцентриковым зажимом			0,03	

Время на прихватку деталей, сборочных единиц сваркой в среде CO<sub>2</sub> определяется по таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Время на прихватку деталей, сборочных единиц сваркой в среде CO<sub>2</sub>

Толщина металла или катет, мм	Длина прихваток, мм	Время на одну прихватку, мин
2	10; 20	0,030; 0,06
3	10; 20	0,035; 0,07
4	10; 20	0,040; 0,08
5	10; 20	0,045; 0,09
6	10; 20	0,045; 0,09

Время на поворот при сборке вручную представлено в таблице 9.4.

Время на поворот сборочных единиц краном определяется по таблице 9.5.

Время на снятие сборочных единиц с приспособления и их укладка на место складирования приведено в таблице 9.6.

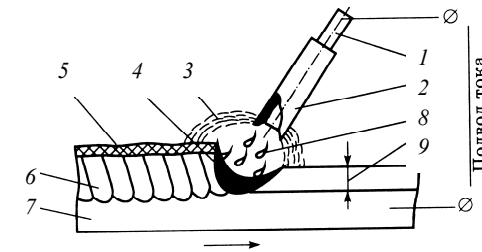
Время на установку сборочной единицы на стол сварщика, кантователь и другое определяется по таблице 9.7.

## 2 Практическое занятие № 2. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки по чертежу сварного узла

**Цель работы:** закрепить навыки необходимые для расчета режима ручной дуговой сварки.

### Общие теоретические сведения

Схема процесса ручной дуговой сварки приведена на рисунке 2.1. К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источника сварочного тока подводится постоянный или переменный ток.



1 – электродный стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл шва; 7 – свариваемое изделие; 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления

Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой сварки покрытым плавящимся электродом

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что сварка производится на прямой полярности. Если на изделии отрицательный полюс, полярность обратная.

Для зажигания дуги необходимо напряжение не менее 50 В.

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Расстояние от активного пятна на расплавленной поверхности электрода до другого активного пятна дуги на поверхности сварочной ванны называется длиной дуги. Расплавляющееся покрытие электрода образует вокруг дуги и над поверхностью сварочной ванны газовую атмосферу, которая, оттесняя воздух из зоны сварки, препятствует взаимодействию его с расплавленным металлом. В газовой атмосфере присутствуют также пары основного и электродного металлов и легирующих элементов. Шлак, покрывая капли электродного

металла и поверхность сварочной ванны, способствует предохранению их от контакта с воздухом и участвует в металлургическом взаимодействии с расплавленным металлом.

Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали. Затвердевающий шлак образует на поверхности шва шлаковую корку.

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются: диаметр электрода; сила сварочного тока; напряжение на дуге.

Способы выполнения швов по длине зависят от размеров сварной конструкции. Условно швы длиной до 250 мм считают короткими, длиной – 250...1000 мм – средними, а более 1000 мм – длинными.

Короткие швы по длине обычно сваривают на проход. Швы средней длины сваривают от середины к краям либо обратноступенчатым способом. Длинные швы однопроходных стыковых и угловых соединений и первый проход многопроходных швов сваривают от середины к концам обратноступенчатым способом, а в соединениях с угловыми швами – также от середины к концам обратноступенчатым способом.

При сварке стыковых или угловых швов большого сечения шов выполняется несколькими слоями. При этом каждый слой средней и верхней части шва может выполняться как за один проход, так и за два и более проходов. С точки зрения уменьшения угловых остаточных деформаций первый метод предпочтительнее второго. Однако слой шириной 14...16 мм бывает затруднительно сваривать в один проход. В таких швах в связи с большим сечением проходов наблюдаются худшие механические свойства, поэтому чаще применяется многопроходный способ сварки швов большого сечения. При сварке многопроходных швов стремятся сварку всех проходов выполнять на одних и тех же режимах. Исключением является первый проход. При ручной сварке многопроходных стыковых швов первый проход выполняется обычно электродами диаметром 2,5 и 3 мм, применение электродов большего диаметра часто затрудняет провар корня шва.

### Порядок проведения занятия

1 Рассмотрим последовательность выполнения расчетов режимов на примере стыкового соединения типа С8 по ГОСТ 5264–80 (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Эскиз сварного соединения

### Порядок проведения занятия

Изучить общие положения относительно вопросов разработки принципиальных схем сборочно-сварочных приспособлений.

Получить у преподавателя индивидуальное задание (чертеж узла) по разработке принципиальной схемы приспособления для сборки-сварки конкретного узла.

## 9 Практическое занятие № 9. Расчет трудоемкости сварных конструкций на примере чертежей сварных узлов

**Цель работы:** ознакомиться с методикой расчета технических норм времени на сборку и сварку сварных узлов на примере вагона.

### Общие теоретические сведения

Норма времени на сборку металлоконструкций  $T_{шт. сб}$ , мин, для ручной, автоматической и механизированной сварки в  $CO_2$  и в смесях определяется как сумма затрат времени на установку, крепление и прихватку отдельных деталей, времени на поворот конструкций в процессе сборки, а также времени на съём сварной конструкции с приспособления (стенда, УСП и др.) и ее укладку на место складирования, рассчитывается по формуле

$$T_{шт. сб} = [\sum T_y + \sum T_{кр} + \sum T_{пр} + T_{пов} + T_{сн}] \cdot K, \quad (9.1)$$

где  $\sum T_y$  – затраты времени на установку деталей, мин;

$\sum T_{кр}$  – затраты времени на крепление собираемых деталей, мин;

$\sum T_{пр}$  – затраты времени на прихватку собранных деталей, мин;

$T_{пов}$  – затраты времени на поворот собранной металлоконструкции, мин;

$T_{сн}$  – затраты времени на съём металлоконструкции с приспособления (стенда, УСП, и др.) и ее укладку на место складирования, мин;

$K$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, организацию рабочего места, отдых и естественные надобности,  $K = 1,12$  – для крупносерийного производства;  $K = 1,15$  – для серийного производства.

Время на установку деталей (сборочных единиц) при сборке металлоконструкции под сварку определяется по таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Время на установку деталей (сборочных единиц) при сборке металлоконструкций под сварку, мин

Вид сборки	Длина сопрягаемых кромок, м	Время на установку деталей (сборочных единиц), мин					
		0,35	0,5	0,70	0,90	1,0	3,5
По упору	До 0,5	0,35	0,5	0,70	0,90	1,0	3,5
По фиксатору	0,6...1	0,40	0,6	0,80	1,00	1,2	3,8

технологического сварочного оборудования (сварочной дуги, пламени горелки электродов контактной машины)

Принципиальная схема сборочно-сварочного приспособления представляет собой чертеж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений (рисунок 8.1) указаны места, способы фиксирования и закрепления всех деталей, а также способы и устройства для установки, поворота, подъема, съема деталей и изделий, другие механизмы.

Опора или прижим	Обозначение на видах		
	Спереди, сзади	Сверху	Снизу
Опоры			
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
Прижимы			
Прижим одиночный			
Прижим двойной			

Рисунок 8.1 – Условные обозначения опор и прижимов

Первоначально задается диаметр электрода  $d_э$ . Его значение зависит от требуемой глубины проплавления  $H_{ПР}$  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 –  $H_{ПР} = \delta$ ;
- для стыковых двухсторонних швов –  $H_{ПР} = 0,6\delta$ ;
- для стыковых швов, выполняемых на остающейся подкладке, –  $H_{ПР} = \delta + 1$  мм;
- для угловых швов –  $H_{ПР} = 0,6\delta$ .

Таблица 2.1 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Диаметр электрода $d_э$ , мм				
$H_{ПР}$ , мм	2	3...5	5...10	10...20
Ручная сварка покрытыми электродами	2,5	3,0; 4,0	4,0; 5,0	5,0; 6,0

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

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

где  $N$  – усилие, действующее на деталь, Н;

$[\tau]$  – допускаемое напряжение,  $[\tau] = 80...90$  МПа;

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

$L_{ш}$  – длина шва, м.

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:

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

где  $F_H$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$F_I$  – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход при проварке корня шва (первый проход), мм<sup>2</sup>,  $F_I = (6...8)d_э$ ;

$F_{II}$  – площадь поперечного сечения металла последующих проходов, мм<sup>2</sup>,  $F_{II} = (8...12)d_э$ .

Площадь наплавленного металла  $F_H$  зависит от типа сварного соединения. Для угловых швов (рисунок 2.3, 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  $\alpha$  – угол, под которым свариваются детали.

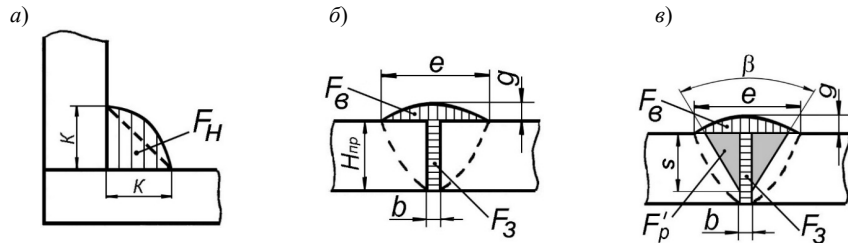


Рисунок 2.3 – Определение площади наплавленного металла

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  $F_B$  (рисунок 2.3, б):

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

где  $b$  – зазор между деталями, мм;  
 $e$  – ширина шва, мм;  
 $g$  – выпуклость шва, мм.

При наличии разделки кромок площадь наплавленного металла (рисунок 2.3, в)

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

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  $\beta$  – угол разделки кромок (см. рисунок 2.3, в).

Если известна масса наплавленного металла  $M_{HM}$  одного метра шва, то расход электроэнергии  $W$ , кВт·ч, можно вычислить из удельного расхода электроэнергии по формуле

$$W = \alpha_s \cdot M_{HM}, \quad (7.8)$$

где  $\alpha_s$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

Для укрупнённых расчётов величину  $\alpha_s$  можно принимать равной:

- при сварке на переменном токе – 3...4 кВт·ч/кг;
- при многопостовой сварке на постоянном токе – 6...8 кВт·ч/кг;
- при автоматической сварке на постоянном токе – 5...8 кВт·ч/кг;
- под слоем флюса – 3...4, кВт·ч/кг.

Все расчетные данные свести в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Сводная таблица расхода материалов

Наименование сборочной единицы	Программа	Расход материала на узел, кг				Расход электроэнергии на узел, кВт·ч	Расход материалов на программу, кг				Расход электроэнергии на программу, кВт·ч
		Электрод	Проволока	Флюс	Газ		Электроды	Проволока	Флюс	Газ	

### Контрольные вопросы

- 1 Как определяется масса наплавленного металла?
- 2 Как определяется расход электродов?
- 3 Как определяется расход сварочной проволоки?
- 4 Как определяется расход электроэнергии?

## 8 Практическое занятие № 8. Разработка схемы базирования по чертежу сварного узла

**Цель работы:** закрепить умение студента по оформлению сборочных чертежей сварочных узлов.

### Общие теоретические сведения

**Базирование** – это определение положения деталей в изделии относительно друг друга или изделия относительно приспособления, рабочего инструмента,

$m_{np}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{np} = M_{\Sigma HM} \cdot (1 + \psi_{II}), \quad (7.3)$$

где  $\psi_{II}$  – коэффициент потерь проволоки.

Для определения расхода флюса учитывается его расход на образование шлаковой корки и неизбежные потери на просыпание при сборке изделия и на распыление.

Расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{\phi} = \psi_{\phi} \cdot G_{np}, \quad (7.4)$$

где  $G_{\phi}$  – масса израсходованного флюса, кг;

$\psi_{\phi}$  – коэффициент, выражающий отношение массы израсходованного флюса к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварного соединения и способа сварки (таблица 7.2);

$G_{np}$  – масса расходуемой проволоки, кг.

Таблица 7.2 – Коэффициент расхода  $\psi_{\phi}$  при сварке под флюсом

Способ сварки	Шов стыковых и угловых соединений		Шов таврового соединения без скоса и со скосом кромок
	без скоса кромок	со скосом кромок	
Автоматическая	1,3	1,2	1,1
Полуавтоматическая	1,4	1,3	1,2

Массу расходуемого флюса  $G_{\phi}$ , кг, можно определить и от веса наплавленного металла.

При автоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{\phi} = (0,1 \dots 1,2) \cdot M_{\Sigma HM}, \quad (7.5)$$

При полуавтоматической сварке расход флюса на изделие  $G_{\phi}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{\phi} = (1,2 \dots 1,4) \cdot M_{\Sigma HM}. \quad (7.6)$$

Расход углекислого газа определяется по формуле

$$G_{CO_2} = 1,5 \cdot G_{np}, \quad (7.7)$$

где  $G_{CO_2}$  – расход углекислого газа, кг;

$G_{np}$  – масса расходуемой проволоки, кг.

Для рассматриваемого примера площадь наплавленного металла

$$F_H = F_3 + F_B + F'_P = b \cdot H_{np} + \frac{3}{4} eg + 0,5 S^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 6 + \frac{3}{4} \cdot 12 \cdot 0,5 +$$

$$+ 5^2 \cdot \operatorname{tg} 45 = 41,5 \text{ мм}^2 = 0,42 \text{ см}^2.$$

$$n = \frac{F_H - F_I}{F_{II}} + 1 = \frac{41,5 - 7 \cdot 3}{10 \cdot 4} + 1 = 1,51.$$

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

$$I_{CB} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 13 = 92 \text{ А}, \quad (2.7)$$

где  $j$  – допустимая плотность тока в электроде, А/мм<sup>2</sup>.

Плотность тока определяем по таблице 2.2.

Сварка корневого шва (первый проход) осуществляется на следующих параметрах режима сварки:  $d_{\text{э}} = 3$  мм;  $I_{CB} = 92 \dots 95$  А;  $U_d = 22 \dots 24$  В;  $V_{CB} = 4 \dots 6$  м/ч.

Таблица 2.2 – Значения плотностей тока при ручной сварке

Вид покрытия электрода	Допускаемая плотность тока в электроде, А/мм <sup>2</sup> , 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:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot I_{CB} = 20 + 0,04 \cdot 92 = 22 \dots 24 \text{ В}. \quad (2.8)$$

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

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_{H1} \cdot 100} = \frac{9 \cdot 92}{7,8 \cdot \frac{0,42}{2} \cdot 100} = 5 \text{ м/ч}, \quad (2.9)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки,  $\alpha_H = 8 \dots 10$  г/(А·ч) для ручной дуговой сварки;  
 $\gamma$  – плотность металла,  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;  
 $F_{H1}$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см<sup>2</sup>.

Для последующих проходов выбираем диаметр электрода равный 4 мм.

$$I_{CB} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 13 = 163 \text{ А.} \quad (2.10)$$

$$U_D = 20 + 0,04 \cdot I_{CB} = 20 + 0,04 \cdot 163 = 26,5 \text{ В.} \quad (2.11)$$

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_{H1} \cdot 100} = \frac{9 \cdot 163}{7,8 \cdot \frac{0,42}{2} \cdot 100} = 9 \text{ м/ч.} \quad (2.12)$$

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

### 3 Практическое занятие № 3. Расчет параметров режима механизированной сварки в среде CO<sub>2</sub> по чертежу сварного узла

**Цель работы:** закрепить навыки, необходимые для расчета режима механизированной сварки в среде защитных газов.

#### Общие теоретические сведения

Сварка в защитных газах включает в себя группу способов сварки, для которых защита расплавленного металла от атмосферы осуществляется путем подачи в зону горения дуги через сварочную горелку газа, вытесняющего из этой зоны воздух. Способы сварки в защитных газах отличаются друг от друга родом применяемого газа. В качестве защитного может использоваться активный газ CO<sub>2</sub>. Сварка плавящимся электродом осуществляется во всех перечисленных защитных средах. Сварка в CO<sub>2</sub> является основным и наиболее распространенным способом сварки плавлением на машиностроительных предприятиях. Она экономична, обеспечивает достаточно высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, требует более низкой квалификации сварщика, чем ручная, позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях. Наиболее распространена сварка полуавтоматами. Схема процесса приведена на рисунке 3.1. Защитный газ 2, выходя из сопла 1, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока 3 подается вниз роликами 4, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт 5.

#### Основные теоретические положения

Масса наплавленного металла  $M_{\Sigma HM}$ , кг, определяется по формуле

$$M_{\Sigma HM} = \sum F_H \cdot \sum L_{ш} \cdot \gamma, \quad (7.1)$$

где  $\sum F_H$  – сумма площадей наплавленного металла всех швов, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

$\sum L_{ш}$  – сумма длин всех швов, см.

В отчете необходимо расчетным путем определить расход электродов, сварочной проволоки, флюса, защитного газа для изготовления одного изделия и годовой программы. При определении расхода электродов учитывается вес наплавленного металла, а также все неизбежные потери металла в процессе сварки на угар и разбрызгивание в виде электродного покрытия.

Расход электродов при ручной дуговой сварке  $G_{эл}$ , кг, определяется по формуле

$$G_{эл} = \psi_{\text{э}} \cdot M_{\Sigma HM}, \quad (7.2)$$

где  $\psi_{\text{э}}$  – коэффициент расхода, учитывающий потери электродов на огарки, угар и разбрызгивание металла;

$M_{\Sigma HM}$  – масса наплавленного металла.

Значения  $\psi$  для различных типов и марок электродов указаны в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Коэффициент расхода  $\psi$  при различных способах сварки

Способ сварки	$\psi$
Ручная дуговая сварка электродами марок:	
ВСЦ-3, ОЗЛ-4, КУ-2	1,4
АН-1, ОМА-11, АНО-1	1,5
УОНИ-13/45, ВСП-1, МР-1, АМО-5, ОЗС-3, АНО-3, ОЗС-6, УП-1/5	1,6
МР-3, НИАТ-6, ЗИО-7, АНО-4, ОЗС-4, К-5А, УОНИ-13/55	1,7
ОММ-5, СМ-5, ВСЦ-2, ЦЛ-11	1,8
УТ-15, ЦТ-17	1,9
ОЗА-1, ОЗА-2	2,3
Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая	1,02
Полуавтоматическая сварка под флюсом	1,03
Сварка неплавящимся электродом в инертных газах с присадкой:	
ручная	1,1
автоматическая	1,02
Автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в инертных газах и в смеси инертных и активных газов	1,05
Автоматическая и полуавтоматическая сварка в углекислом газе и автоматическая сварка в смесях газов 50 % (Ar + CO <sub>2</sub> )	1,15

Расход проволоки при автоматической сварке под флюсом или в CO<sub>2</sub>



$$V_{п.пп} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_{э} \cdot 100} = \frac{14 \cdot 640}{7,8 \cdot 0,02 \cdot 100} = 574,4 \text{ м/ч}, \quad (6.5)$$

где  $F_{э}$  – площадь сечения электрода,

$$F_{э} = \frac{\pi d_{э}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ мм}^2.$$

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

## 7 Практическое занятие № 7. Расчет расхода сварочных материалов по чертежу сварного узла

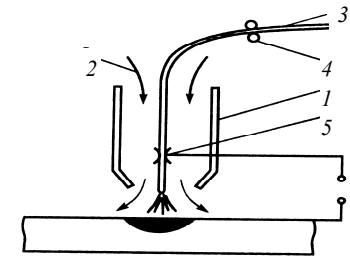
**Цель работы:** приобретение практических навыков в расчетах количества наплавленного металла, сварочной проволоки, электродов, защитных газов, флюсов, электроэнергии и вспомогательных материалов на основе разработанного технологического процесса сборки и сварки данной сварной конструкции.

Методическое обеспечение:

- методические указания при проведении практической работы;
- чертежи сварных конструкций;
- технологический процесс сварной конструкции.

### Порядок проведения занятия

- 1 Изучить конструкцию сварного узла.
- 2 Вычислить общую длину сварных швов.
- 3 Выбрать исходя из катета и технологического процесса площадь поперечного сечения шва.
- 4 Рассчитать вес наплавленного металла.
- 5 Рассчитать расход электродов для ручной дуговой сварки, расход сварочной проволоки для полуавтоматической или автоматической сварки.
- 6 При необходимости рассчитать расход флюса для сварки под слоем флюса.
- 7 Рассчитать расход защитных газов.
- 8 Рассчитать расход электроэнергии.
- 9 Составить отчет.
- 10 Ответить на контрольные вопросы.



1 – сопло сварочной горелки; 2 – подача защитного газа; 3 – сварочная проволока; 4 – подающие ролики; 5 – скользящий токоподвод

Рисунок 3.1 – Схема процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом

### Порядок проведения занятия

1 Рассчитываем параметры режима автоматической сварки в среде защитных газов на примере таврового соединения типа Т1 по ГОСТ 14771–76 (рисунок 3.2).

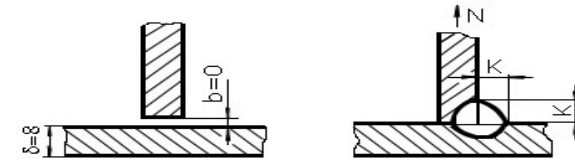


Рисунок 3.2 – Эскиз сварного соединения

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

$$K = \frac{N}{0,8[\tau]L_{ш}} = \frac{32000}{0,8 \cdot 80 \cdot 6 \cdot 0,1} = 5 \text{ мм}. \quad (3.1)$$

Принимается  $K = 5 \text{ мм}$ . Тогда при толщине металла  $\delta = 8 \text{ мм}$ , согласно рекомендациям таблицы 3.1  $d_{э} = 1,6 \text{ мм}$ .

Таблица 3.1 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Н <sub>пр</sub> , мм	Диаметр электрода $d_{э}$ , мм			
	2	3...5	5...10	10...20
Механизированная в CO <sub>2</sub>	0,8; 1,0	1,2	1,2; 1,6	1,6
Автоматическая в CO <sub>2</sub>	1,0	1,2; 1,6; 2,0	1,6; 2,0	3,0; 4,0

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

$$I_{CB} = \frac{H_{IP}}{k_{II}} \cdot 100 = \frac{4,8}{1,55} \cdot 100 = 310 \text{ А}, \quad (3.2)$$

где  $k_{II}$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки. Его значение определяется по таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента  $k_{II}$

Способ сварки	Диаметр электродной проволоки, мм	Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
В CO <sub>2</sub>	1,2	–	–	1,75
	1,6	–	–	1,75
	2,0	–	–	1,45
	3,0	–	–	1,35
	4,0	–	–	1,20

После вычисления силы сварочного тока уточняется диаметр проволоки по формуле

$$d_{\text{э}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{CB}}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{310}{170}} = 1,52 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

где  $j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Значение плотностей тока при автоматической и механизированной сварке

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

Напряжение на дуге для сварки в CO<sub>2</sub> находится по формуле

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{\text{э}}^{0,5}} I_{CB} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} 310 \pm 1 = 32 \text{ В}. \quad (3.4)$$

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла осуществляется с помощью рисунка 3.3, а по формуле

$$F_{\text{н}} = \frac{4^2}{2} 1,2 \cdot \sin 90 = 9,6 \text{ мм}^2 = 0,096 \text{ см}^2. \quad (3.5)$$

Таблица 6.1 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Диаметр электрода $d_{\text{э}}$ , мм				
$H_{IP}$ , мм	2	3...5	5...10	10...20
Автоматическая под флюсом	–	2,0; 3,0	3,0; 4,0	4,0; 5,0

Площадь наплавленного металла  $F_{\text{н}}$  определяется по формуле

$$\begin{aligned} F_{\text{н}} &= F_{\text{з}} + F_{\text{в}} + F_{\text{р}} = b \cdot H_{IP} + \frac{3}{4} eg + \frac{3}{4} e_1 g_1 = \\ &= 2 \cdot 7 + \frac{3}{4} \cdot 26 \cdot 2 + \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot 2 = 65 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (6.1)$$

Для сварки под флюсом сила сварочного тока рассчитывается по формуле

$$I_{\text{св}} = \frac{H_{IP}}{k_{II}} \cdot 100 = \frac{7}{1,1} \cdot 100 = 640 \text{ А}. \quad (6.2)$$

Коэффициент пропорциональности  $k_{II}$ , зависящий от условий сварки, представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Значения коэффициента  $k_{II}$

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 находится по формуле

$$U_{\text{д}} = 19 + 0,037 \cdot I_{\text{св}} = 19 + 0,037 \cdot 640 = 43 \text{ В}. \quad (6.3)$$

Скорость сварки  $V_{\text{св}}$ , м/ч, вычисляется по формуле

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{\gamma \cdot F_{\text{н}} \cdot 100} = \frac{14 \cdot 640}{7,8 \cdot 0,65 \cdot 100} = 17,7 \text{ м/ч}. \quad (6.4)$$

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

Скорость подачи  $V_{\text{п.п.р.}}$ , м/ч, сварочной проволоки определяется по формуле

флюса предотвращает выдувание металла сварочной ванны, которое происходит вследствие большого давления дуги при повышенных токах. Поэтому плотность сварочного тока при сварке под флюсом достигает  $60 \text{ А/мм}^2$ , в то время как при ручной –  $10...15 \text{ А/мм}^2$ . В результате повышается производительность процесса сварки, увеличивается глубина проплавления металла.

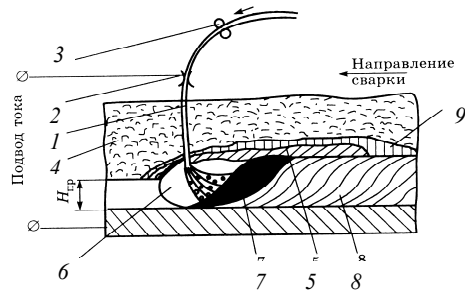


Рисунок 6.1 – Схема процесса сварки под флюсом

Основными параметрами режима сварки под флюсом являются:

- диаметр сварочной проволоки;
- сила сварочного тока;
- напряжение на дуге;
- скорость сварки;
- вылет электрода;
- род тока и полярность.

#### Порядок проведения занятия

Расчитать параметры режима автоматической сварки под флюсом на примере стыкового шва на флюсовой подушке типа С4 по ГОСТ 8713–79 (рисунок 6.2).

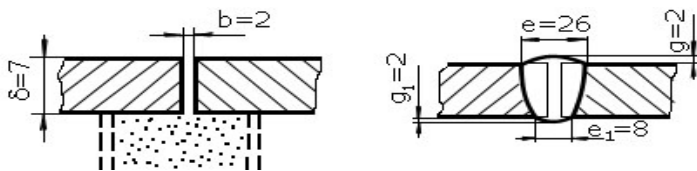


Рисунок 6.2 – Эскиз сварного соединения

Первоначально задается диаметр сварочной проволоки  $d_э$ . Его значение принимается по рекомендациям, представленным в таблице 6.1, –  $d_э = 4 \text{ мм}$ .

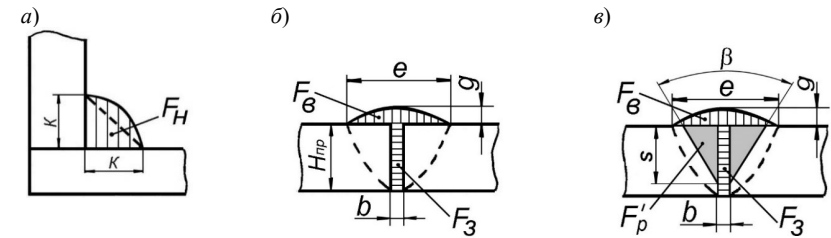


Рисунок 3.3 – Определение площади наплавленного металла

Скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_H \cdot 100} = \frac{12 \cdot 310}{7,8 \cdot 0,096 \cdot 100} = 49 \text{ м/ч.} \quad (3.6)$$

Коэффициент наплавки для сварки в  $\text{CO}_2$   $\alpha_H = 12...14 \text{ г/(А·ч)}$ .

Скорость подачи,  $V_{п.п.р}$ , м/ч, сварочной проволоки определяется по формуле

$$V_{п.п.р} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_э \cdot 100} = \frac{12 \cdot 130}{7,8 \cdot 0,02 \cdot 100} = 238 \text{ м/ч,} \quad (3.7)$$

где  $F_э$  – площадь сечения электрода,

$$F_э = \frac{\pi d_э^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ мм}^2.$$

2 Выполнить расчет параметров режимов сварки в  $\text{CO}_2$  по чертежу, выданному преподавателем.

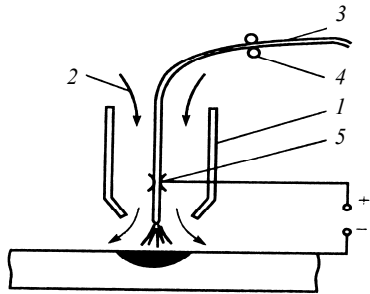
#### 4 Практическое занятие № 4. Расчет параметров режима механизированной сварки в среде $\text{Ar} + \text{CO}_2$ по чертежу сварного узла

**Цель работы:** закрепить навыки, необходимые для расчета режима механизированной сварки в среде защитных газов  $\text{Ar} + \text{CO}_2$ .

#### Общие теоретические сведения

Сварка в защитных газах включает в себя группу способов сварки, для которых защита расплавленного металла от атмосферы осуществляется путем подачи в зону горения дуги через сварочную горелку газа, вытесняющего из этой зоны воздух. Способы сварки в защитных газах отличаются друг от друга родом

применяемого газа. В качестве защитного может использоваться смесь активного газа –  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ . В смеси используется 18 %...20 %  $\text{CO}_2 + 82 \text{ %} \dots 80 \text{ % Ar}$ . Сварка плавящимся электродом осуществляется во всех перечисленных защитных средах. Сварка в смеси  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$  в настоящее время все больше и больше применяется в машиностроительном комплексе Республики Беларусь. Она экономична, обеспечивает высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, требует более низкой квалификации сварщика, чем ручная, позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях. Наиболее распространена сварка полуавтоматами. Схема процесса приведена на рисунке 4.1. Защитный газ 2, выходя из сопла 1, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока 3 подается вниз роликами 4, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт 5.



1 – сопло сварочной горелки; 2 – подача смеси защитного газа  $\text{Ar} + \text{CO}_2$ ; 3 – сварочная проволока; 4 – подающие ролики; 5 – скользящий токоподвод

Рисунок 4.1 – Схема процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом

### Порядок проведения занятия

1 Рассчитываем параметры режима автоматической сварки в среде защитных газов на примере таврового соединения типа Т1 по ГОСТ 14771–76 (рисунок 4.2).

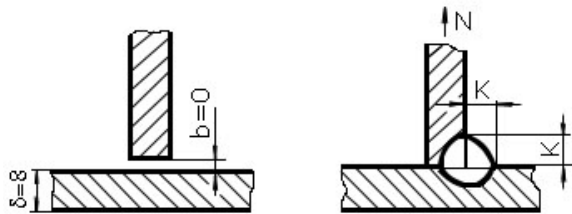


Рисунок 4.2 – Эскиз сварного соединения

введением постоянной составляющей сварочного тока (до 10 %...15 % общей величины сварочного тока). При этом уменьшается промежуток времени, в течение которого вольфрамовый электрод находится в режиме анода.

Основными параметрами режима сварки являются:

- диаметр электрода;
- сила сварочного тока;
- род и полярность тока;
- диаметр присадочной проволоки;
- скорость сварки;
- расход аргона.

### Порядок проведения занятия

Рассчитать параметры режимов дуговой сварки вольфрамовым электродом по чертежу сварного узла (выдается преподавателем) исходя из таблиц.

## 6 Практическое занятие № 6. Расчет параметров режима сварки под слоем флюса по чертежу сварного узла

**Цель работы:** закрепить навыки, необходимые для расчета параметров режима сварки под слоем флюса.

### Общие теоретические сведения

Схема процесса сварки под флюсом приведена на рисунке 6.1. Ее выполнение возможно сварочными полуавтоматами и автоматами. В качестве электрода при сварке используется сварочная проволока 1, подвод тока к которой осуществляется скользящим контактом 2. Подача проволоки в зону сварки производится подающими роликами 3. Зона сварки закрыта плотным слоем флюса 4, который высыпается из бункера во время движения сварочного автомата. В расплавленном флюсе 5 газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость – газовый пузырь 6, в котором горит сварочная дуга. Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны 7 приводит к образованию сварного шва 8. Затвердевший флюс образует на поверхности шва шлаковую корку 9.

Флюс эффективно защищает расплавленный металл от взаимодействия с воздухом. Металлургические взаимодействия между расплавленным металлом и шлаком способствуют получению металла шва требуемого химического состава и механических свойств.

Расположение токоподвода на малом расстоянии от дуги и вылет электрода, равный 40...70 мм, позволяют использовать повышенные сварочные токи – до 2000 А. При ручной сварке сделать это невозможно, т. к. происходит перегрев электрода и разрушение его покрытия. Кроме того, плотный слой

Для предупреждения окисления вольфрамовые электроды используют только при сварке с защитой области дуги инертным газом. Питание дуги чаще всего осуществляется от источника переменного тока. Необходимость сварки переменным током вызвана тем, что при сварке постоянным током прямой полярности затруднено удаление окисной пленки с поверхности алюминия.

Сварка вольфрамовым электродом осуществляется вручную или автоматом (таблицы 5.2 и 5.3). При сварке в среде гелия напряжение повышается на 7...10 В, при этом дуга укорачивается, сила тока снижается на 10 %...15%. Расход газа при использовании гелия увеличивается на 1,8–2,2 раза. Ручная сварка ведется на меньших значениях тока в один, два и более проходов в зависимости от толщины.

Таблица 5.2 – Допустимые значения сварочного тока при сварке вольфрамовым электродом

В амперах

Диаметр электрода, мм	Марка электрода				Постоянная составляющая тока	Диаметр электрода, мм	Марка электрода				Постоянная составляющая тока
	ВЧ	ВЛ-10	ВТ-15	ВИ			ВЧ	ВЛ-10	ВТ-15	ВИ	
4	180	200	200	300	0	8	360	450	440	490	0
	190	220	220	350	10		390	500	500	590	10
6	240	300	300	410	0	10	450	600	620	650	0
	260	340	340	480	10		500	650	660	750	10

Таблица 5.3 – Режимы однопроводной автоматической аргонодуговой сварки стыковых соединений алюминиевых сплавов неплавящимся (вольфрамовым) электродом

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	$I_{св}$ , А	$V_{л.пр.}$ , м/ч	$V_{св}$ , м/ч	Расход аргона, л/мин
1,5	4	2	80...110	40...45	15...20	7...8
2,0	4	2	100...120	40...45	15...20	7...8
2,5	4	2	110...130	36...42	15...20	8...9
3,0	4	2	150...170	36...40	10...16	12...16
5,0	6	2	240...260	30...35	10...14	12...16
8,0	10	2...3	480...490	-	12	28...30
10	10	2...3	480...520	-	9	28...30
14	10	2...3	550...600	-	6	28...30
16	10	2...3	640...660	-	6	28...30

Неплавящийся вольфрамовый электрод расходуется в небольшом количестве вследствие небольшого испарения и других причин. Расход электродов марки ВИ составляет около 0,04 г/ч. Расход электродов других марок выше, а для чистого вольфрама он составляет 0,4...0,5 г/ч и более. Существенное улучшение технологических характеристик (допустимая плотность тока, расход электродов), в особенности для электродов большого диаметра, достигается

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

$$K = \frac{N}{0,8[\tau]L_{ш}} = \frac{32000}{0,8 \cdot 80 \cdot e \cdot 6 \cdot 0,1} = 5 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

Принимается  $K = 5$  мм. Тогда при толщине металла  $\delta = 8$  мм, согласно рекомендациям таблицы 4.1,  $d_{э} = 1,6$  мм.

Таблица 4.1 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

$H_{пр}$ , мм	Диаметр электрода $d_{э}$ , мм			
	2	3...5	5...10	10...20
Механизированная в Ag + CO <sub>2</sub>	0,8; 1,0	1,2	1,2; 1,6	1,6
Автоматическая в Ag + CO <sub>2</sub>	1,0	1,2; 1,6; 2,0	1,6; 2,0	3,0; 4,0

Для сварки в смеси Ag + CO<sub>2</sub> силу сварочного тока можно определить по формуле

$$I_{св} = \frac{H_{пр}}{k_{л}} \cdot 100 = \frac{4,8}{2,4} \cdot 100 = 200 \text{ А,} \quad (4.2)$$

где  $k_{л}$  – коэффициент пропорциональности при постоянном токе обратной полярности с диаметром проволоки 1,2 мм  $k_{л} = 1,9$ ; с диаметром проволоки 1,6 мм  $k_{л} = 2,4$ .

Выбор диаметра электрода и сварочной проволоки сплошного сечения производится по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Выбор диаметра электрода и сварочной проволоки сплошного сечения

Способ сварки	Глубина проплавления $H_{пр}$ , мм			
	2	3...5	5...10	10...20
	Диаметр электрода (проволоки) $d_{э}$ ( $d_{пр}$ ), мм			
Механизированная в смеси Ag + CO <sub>2</sub>	0,8; 1,0	1,0; 1,2	1,2	1,2; 1,6

После вычисления силы сварочного тока уточняется диаметр проволоки по формуле

$$d_{э} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} = 1,13 \sqrt{\frac{200}{100}} = 1,6 \text{ мм,} \quad (4.3)$$

где  $j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (таблица 4.3).

Напряжение на дуге для сварки в CO<sub>2</sub> находится по формуле

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{э}^{0,5}} I_{св} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} 200 \pm 1 = 28 \text{ В.} \quad (4.4)$$

Таблица 4.3 – Значение плотностей тока при автоматической и механизированной сварке в смеси Ag + CO<sub>2</sub>

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

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла осуществляется с помощью рисунка 4.3, а по формуле

$$F_H = \frac{4^2}{2} \cdot 1,2 \cdot \sin 90 = 9,6 \text{ мм}^2 = 0,096 \text{ см}^2. \quad (4.5)$$

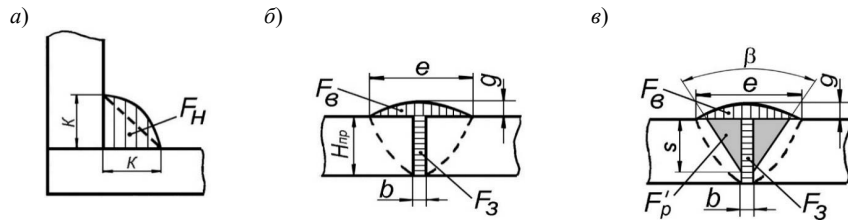


Рисунок 4.3 – Определение площади наплавленного металла

Скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_H \cdot 100} = \frac{12 \cdot 200}{7,8 \cdot 0,096 \cdot 100} = 32 \text{ м/ч}, \quad (4.6)$$

Коэффициент наплавки для сварки в смеси  $\alpha_H = 12 \dots 14 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$ .

Скорость подачи,  $V_{п.п.р}$ , м/ч, сварочной проволоки определяется по формуле

$$V_{п.п.р} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_э \cdot 100} = \frac{12 \cdot 130}{7,8 \cdot 0,02 \cdot 100} = 238 \text{ м/ч}, \quad (4.7)$$

где  $F_э$  – площадь сечения электрода,

$$F_э = \frac{\pi d_э^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ мм}^2.$$

2 Выполнить расчет параметров режимов сварки в Ag + CO<sub>2</sub> по чертежу, выданному преподавателем.

## 5 Практическое занятие № 5. Расчет параметров режима дуговой сварки вольфрамовым электродом по чертежу сварного узла

**Цель работы:** приобретение практических навыков в расчете режимов аргонодуговой сварки неплавящимся электродом при разработке технологии сборки и сварки сварного узла.

Методическое обеспечение

- методические указания при проведении практических занятий;
- чертежи сварного узла.

### Общие теоретические сведения

Для сварки неплавящимся электродом применяют вольфрам с добавками тория марки ЭВТ-15, лантана ЭВЛ-10, иттрия ЭВИ и других элементов. Использование чистого вольфрама ВЧ не рекомендуется. Отмеченные примеси придают электроду повышенную стойкость, обеспечивают большую плотность тока и снижают эффективный потенциал ионизации, в результате чего облегчается зажигание дуги, увеличивается устойчивость дугового разряда и повышается стойкость электрода.

По ГОСТ 23949–80 электроды изготовляют Ø 1...10 мм из чистого вольфрама марки ЭВЧ, из вольфрама с 1,1 %...1,4 % окиси лантана выпускают электроды марок ЭВЛ10 и ЭВЛ20, из вольфрама с 1,5 %...3,5 % окиси иттрия – марки ЭВИ-30 и из вольфрама с 1,5 %...2 % двуокиси тория марок ЭВТ5, ЭВТ10 и ЭВТ14.

Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от величины и рода сварочного тока. В таблице 5.1 для сравнения приведены допустимые величины тока при сварке электродами из чистого ЭВЧ и лантанированного вольфрама ЭВЛ.

Таблица 5.1 – Допустимые величины тока

В амперах

Марка электрода	Род тока	Диаметр электрода, мм								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЭВЧ	Постоянный, прямая полярность	50	170	370	470	560	–	–	–	–
	То же, обратная полярность	30	40	55	65	85	110	130	160	180
	Переменный	20	50	80	220	260	310	370	450	500
ЭВЛ	Постоянный, прямая полярность	100	290	500	710	1000	–	–	–	–
	То же, обратная полярность	35	45	60	80	100	125	150	175	200
	Переменный	70	180	210	280	340	410	500	600	720