

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

## ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ

*Методические указания и задания к выполнению  
контрольной работы для студентов специальности  
1-36 01 06 «Оборудование и технология  
сварочного производства» заочной формы обучения*



Могилев 2017

УДК 621.791.7  
ББК 30.61  
Т 38

Рекомендовано к опубликованию  
учебно-методическим управлением  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производ-  
ства» «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г., протокол № \_\_\_\_\_

Составитель д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов

Рецензент д-р техн. наук, доцент В.М. Пашкевич

Методические указания и задания к выполнению контрольной работы для  
студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного  
производства» заочной формы обучения.

Учебно-методическое издание

**ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ  
ПЛАВЛЕНИЕМ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ**

Ответственный за выпуск	В.П.Куликов
Технический редактор	В.П.Куликов
Компьютерная верстка	В.П.Куликов

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ.л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
№ 1/156 от 24.01.2014г.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2017

## 1 Цель и задачи дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Технология сварки плавлением и термической резки» является одной из основных в подготовке инженеров по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». На ней базируются многие дисциплины специальности, курсовое и дипломное проектирование.

Целью преподавания дисциплины является развитие у студентов представлений, знаний и умений по физическим основам различных способов сварки плавлением, особенностям их использования в промышленности, принципам разработки сварочного оборудования и материалов, технологическим приемам сварки различных металлов и сплавов.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент:

— **должен знать:** технологические основы процессов сварки плавлением; технологию изготовления изделий с применением сварки плавлением; технологические особенности сварки конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и их сплавов; причины образования дефектов в сварных соединениях;

— **должен уметь использовать:** методы сварки плавлением для проектирования технологических процессов;

— **должен владеть:** способами выбора сварочных материалов для конкретных изделий и условий их применения; методами расчета режимов сварки плавлением; приемами безопасной работы при сварке плавлением.

## 2 Содержание дисциплины.

**Дисциплина включает следующие вопросы:**

1. История развития способов сварки плавлением.
2. Классификация способов сварки.
3. Классификация соединений, выполненных сваркой плавлением. Основные стандарты на швы сварных соединений.
4. Обозначение сварных швов на машиностроительных чертежах.
5. Сущность ручной сварки покрытыми электродами. Основные параметры, режимы сварки, их расчет.
6. Коэффициенты наплавки, расплавления, потерь. Способы их определения.
7. Сущность способа сварки под флюсом и расчет режимов. Разновидности сварки под флюсом.
8. Основные преимущества сварки под флюсом перед ручной дуговой сваркой. Влияние параметров режима сварки под флюсом на размеры швов.
9. Сущность сварки в защитных газах неплавящимся электродом. Особенности процесса.

10. Сущность сварки в среде  $\text{CO}_2$ . Влияния углекислого газа на процессе сварки, режимы сварки, достоинства и недостатки.
11. Перенос металла в дуге, разбрызгивание при сварке в  $\text{CO}_2$ .
12. Сварка в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ . Особенности процесса. Достоинства и недостатки.
13. Сущность и классификация способов ЭШС. Достоинства, области применения.
14. Сущность плазменной сварки. Отличие плазменной дуги от обычной. Способы плазменной сварки.
15. Электронно-лучевая сварка. Сущность процесса. Достоинства, недостатки, области применения.
16. Сущность и область применения лазерной сварки твердотельными и газовыми лазерами.
17. Газовая сварка, сущность процесса, строение пламени, области применения.
18. Классификация и устройство горелок для газовой сварки. Техника и технология газовой сварки.
19. Получение и использование ацетилена. Классификация и устройство ацетиленовых генераторов.
20. Оборудование для газопитания сварочных постов. Баллоны, редукторы, предохранительные затворы, шланги.
21. Сварочная проволока сплошного сечения. Классификация, обозначения.
22. Порошковая и активированная сварочная проволока. Назначение проволоки, преимущества, недостатки.
23. Общие требования к сварочным покрытым электродам. Классификация веществ, входящих в покрытие.
24. Кислое электродное покрытие. Преимущества, недостатки, области применения.
25. Основные электродные покрытия. Преимущества, недостатки, области применения.
26. Рутитовые электродные покрытия. Преимущества, недостатки, области применения.
27. Целлюлозные электродные покрытия. Область применения.
28. Обозначение электродов по ГОСТ. Типы электродов.
29. Назначение и классификация сварочных флюсов. Флюсы для дуговой сварки углеродистых и легированных сталей.
30. Защитные газы для дуговой сварки. Получение и хранение  $\text{CO}_2$ . Способы снабжения сварочных постов.
31. Понятие о свариваемости, классификация сталей и характеристика их свариваемости.
32. Технология сварки низкоуглеродистых сталей. Обеспечение равнопрочности и отсутствия дефектов.
33. Технология сварки среднеуглеродистых сталей и высокоуглеродистых сталей.

34. Технология сварки низколегированных конструкционных сталей.
35. Технология сварки низколегированных теплоустойчивых сталей.
36. Технология сварки низколегированных высокопрочных сталей.
37. Технология сварки среднелегированных сталей и низколегированных высокопрочных сталей. Технологические методы предупреждения образования холодных трещин.
38. Классификация и свойства высоколегированных сталей по диаграмме Шеффлера.
39. Основные трудности и технология сварки ферритных сталей.
40. Основные трудности и технология сварки аустенитных сталей.
41. Основные свойства, свариваемость и способы сварки чугуна.
42. Технология сварки алюминия и его сплавов.
43. Техника безопасности при проведении сварочных работ.
44. Сущность процесса кислородной резки. Условия разрезаемости материала.
45. Классификация и устройство резаков для ручной кислородной резки. Техника и технология резки.
46. Механизированное оборудование для кислородной резки.
47. Кислородно-флюсовая резка. Сущность процесса и области применения.
48. Копьевая резка. Сущность процесса и области применения.
49. Воздушно-дуговая и кислородно-дуговая резка.
50. Плазменная резка. Плазмообразующие газы. Достоинства и недостатки.
51. Лазерная резка. Достоинство, недостатки и области применения.
52. Резка водной струей.

### 3 Задания к контрольной работе

Во время контрольной работы студенты решают практический пример следующего содержания.

Подберите сварочные материалы, оборудование и рассчитайте режимы сварки, расход проволоки или электродов для шва, выполненного по ГОСТ указанному в табл. 1 в соответствие с вариантом.

В графе — длина шва в некоторых вариантах указан порядок наложения швов 100/200 – прерывистый,  $^{100}Z_{200}$  — в шахматном порядке, цифра 100 — длина участка шва в мм; 200 — шаг скоторым накладываются участки шва. Если значка нет — шов на всю длину изделия.

Таблица 1

№ вариан- та	ГОСТ	Тип шва	Способ сварки	Катег шва (К, мм)	Длина изделия L, м	Толщина металла $\delta$ , мм
1	2	3	4	5	6	7
1	5264-80	C7	P	—	2	5
2	14771-76	C7	УП-П	—	2	6
3	8713-79	C5	АФ	—	5	8
4	14771-76	T1	УП-П	4	3	4
5	5264-80	T1	P	4	4 50/200	5
6	8713-79	C7	A	—	3	8
7	8713-79	T1	АФ	6	5	6
8	8713-79	C29	АФ	—	5	12
9	8713-79	T1	АФ	10	5	10
10	14771-76	T1	УП-П	4	3	4
11	8713-79	H1	АФ	8	8	8
12	5264-80	C2	P	—	3	4
13	14771-76	T1	УП-П	5	3 50/100	5
14	14771-76	H2	УП-П	4	2	4
15	8713-79	T1	АФ	6	3	6
1	2	3	4	5	6	7
16	14771-76	T3	УП-П	4	2 50Z <sub>100</sub>	4
17	5264-80	H1	P	5	3 100/300	5
18	14771-76	H1	УП-П	5	2,4 80/240	5
19	5264-80	T3	P	5	3,2 80Z <sub>160</sub>	5
20	5264-80	H2	P	5	2	5
21	8713-79	T1	МФ	5	3 50/150	5
22	8713-79	T3	МФ	4	2 100Z <sub>200</sub>	4
23	14771-76	C2	УП-П	—	3	3
24	5264-80	C2	P	—	2	3
25	8713-79	C4	АФ <sub>М</sub>	—	10	6
26	14771-76	C7	A	—	10	6
27	5264-80	C6	P	—	4	4 и 3
28	8713-79	T1	МФ	5	4 50/200	5
29	5264-80	C6	P	—	4	4 и 3
30	14771-76	C7	A	—	10	6
31	5264-80	C2	P	—	2	3
32	14771-76	C2	УП-П	—	3	3
33	8713-79	T3	МФ	4	2 100Z <sub>200</sub>	4

34	871379	T1	МФ	5	$\frac{3}{50/150}$	5
35	5264-80	H2	P	5	2	5
36	526480	T3	P	5	$\frac{3,2}{80/160}$	5
37	14771-76	H1	УП-П	5	$\frac{2,4}{80/240}$	5
38	5264-80	H1	P	5	$\frac{3}{100/300}$	5
39	14771-76	T3	УП-П	4	$\frac{2}{50Z_{100}}$	4
40	8713-79	T1	АФ	6	3	6
41	14771-76	H2	УП-П	4	2	4

#### 4 Методические указания по выполнению контрольной работы

К основным параметрам режима относятся: диаметр электродной проволоки или электрода —  $d_э$ , сила сварочного тока —  $I_{св}$ , напряжение на дуге —  $U_d$  и скорость сварки —  $V_{св}$ .

Первоначально следует задаться диаметром проволоки или электрода  $d_э$  и выбрать марку в зависимости от свариваемого металла (Во всех вариантах материал изделия сталь Ст.3). Затем определяют силу сварочного тока. Сила сварочного тока, с одной стороны, зависит от требуемой глубины проплавления, с другой – от диаметра электрода. Требуемая глубина проплавления, в свою очередь, зависит от толщины металла и условий сварки. При односторонней сварке глубина проплавления равна толщине металла

$H_{пр} = \delta$ , для двухсторонних швов –  $H_{пр} = \delta/2$ , для угловых швов можно принять  $H_{пр} = 0,6\delta$ .

Для сварки под флюсом и в среде углекислого газа (ГОСТ 8713, ГОСТ 14771) силу сварочного тока можно определить по формуле

$$I_{св} = \frac{H_{пр}}{K_n} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $K_n$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки (определяется по таблице 2).

Таблица 2 – Значения коэффициента  $K_n$

Способ сварки	Значение коэффициента $K_n$ при диаметре проволоки, мм					
	1,2	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
В среде CO <sub>2</sub> , ГОСТ 14771	1,75	1,55	1,45	1,35	1,2	-
Под флюсом, ГОСТ 8713	-	-	1,4	1,25	1,1	1,05

Затем уточняют диаметр проволоки по формуле

$$d_s = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}, \quad (2)$$

где  $j$  - допустимая плотность тока (приведена в таблице 3).

Таблица 3 – Значение плотности тока

Способ сварки	Значение плотности тока $j$ при диаметре проволоки, и электрода, мм					
	1,2	1,6	2	3	4	5
В среде $CO_2$ и под флюсом	120-200	90-160	60-120	45-90	35-60	30-50
Ручная сварка	-	-	-	14-20	11-16	10-14

Для ручной сварки (ГОСТ 5264) силу сварочного тока выбирают в зависимости от диаметра электрода по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi d^2}{4} j, \quad (3)$$

Плотность тока  $j$  можно найти в таблице 3.

Напряжение на дуге ориентировочно устанавливают 25—35 В в зависимости от способа сварки.

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

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100}, \quad (4)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А ч);

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>; для стали - 7,8г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см<sup>2</sup>.

$\alpha_n$  – выбирают в зависимости от способа сварки: для РДС —  $\alpha_n = 8—10$  г/(А · ч); в  $CO_2$   $\alpha_n = 12—14$  г/(А · ч); под флюсом  $\alpha_n = 13-16$  г/(А · ч).

Цифровые значения в формулу 4 подставлять в указанных единицах. Скорость сварки получается в м/час.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяют по размерам шва, (разбив предварительно шов на простые геометрические фигуры):

для угловых швов

$$F_n = 1,3 \frac{K^2}{2}, \quad (5)$$

для стыковых швов



$$F_n = vN_{np} + \frac{3}{4}eq, \quad (6)$$

где  $K$  – катет шва;  
 $v$  – зазор между деталями;  
 $e$  – ширина шва;  
 $q$  – высота валика;  
 $N_{np}$  – глубина проплавления.

Значения  $v$ ,  $e$ ,  $q$  берутся из соответствующего ГОСТа (ГОСТ 5264, 14771, 8713).

Более подробное пояснение по определению площади наплавленного металла  $F_n$  можно найти в [1].

После определения режимов вычисляют массу наплавленного металла по формуле:

$$M_{nm} = F_n \cdot L \cdot \gamma, \quad (7)$$

$$t = \frac{M_{nm}}{\alpha_n I_{св}}, \quad (8)$$

где  $M_{nm}$  – масса наплавленного металла;

$L$  – длина шва, см;

$\alpha_n$  — к-т наплавки;

$F_n$  — площадь наплавленного металла;

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

При определении длины шва следует учитывать его вид.

Для прерывистых швов необходимо суммировать длину каждого участка шва. Количество участков зависит от общей длины свариваемых кромок и шага наложения швов.

Для двухсторонних швов необходимо определить суммарное время сварки двух швов. Для швов, расположенных в шахматном порядке, также необходимо подсчитать общее количество участков швов с двух сторон и умножить на время сварки одного участка.

Расход проволоки определяется по формуле

$$G_3 = M_{nm} (1 + \Psi), \quad (8)$$

где  $\Psi$  - коэффициент потерь, зависящий от способа сварки.

Для РДС  $\Psi=0,1$ ; Фл.  $\Psi=0,03$ ;  $\text{CO}_2$   $\Psi=0,12$ .

Для ручной дуговой сварки расход электродов определяется с учетом веса покрытия:

$$G_{3p} = G_3 \cdot K_3,$$

где  $K_3$  — коэффициент веса покрытия электрода,  $K_3 = 1,5 - 1,8$  (в зависимости от марки электрода).

Расход защитного газа растет при увеличении вылета электрода и скорости сварки и принимается  $v = 8-16$  л/мин. Общий расход зависит от времени сварки.

### Список литературы

1 Куликов В.П. Технология сварки плавлением и термической резки». Мн. Новое знание, 2016. 462с.

2 Куликов, В.П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Мн: «Экоперспектива» / В.П. Куликов, 2003. — 415с.

3 Куликов, В.П. Технология сварки плавлением. – Мн: «Дизайн ПРО», 2001. — 256 с.

4 Куликов, В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. - Могилев. - Издательство ММИ, 1998. — 257 с.

5 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением/А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. — М.: «Машиностроение», 1997. — 362с.