

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К РАСЧЕТУ РЕЖИМА СВАРКИ

М.А. Иванов, А.М. Уланов, В.В. Роде, П.А. Данилкин

На сегодняшний день существует большое количество нормативно-технических документов, научных трудов, рассматривающих расчеты режима дуговой сварки. Разнообразие подходов требует систематизации накопленного материала и их сравнения.

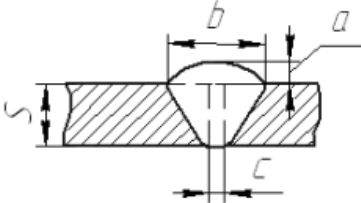
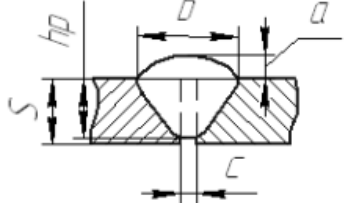
Рассмотрим базовые режимы расчета дуговой сварки описанные тремя группами авторов: Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П., Шахматов М.В. [1, 2], Бабенко Э.Г., Казанова Н.П. [3], Шевцов О.А. [4].

Проведем сравнительный расчет режимов дуговой сварки указанными выше методиками. Расчет позволяет получить пять основных параметров режима дуговой сварки: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, скорость подачи проволоки, величину погонной энергии сварки.

За исходные параметры примем стыковое сварное соединение толщиной $S = 4$ мм (табл. 1).

Таблица 1

Основные геометрические размеры стыковых соединений

Вид сварки	РДС	Сварка в CO_2	Сварка под флюсом
ГОСТ на сварку	ГОСТ 5264–80	ГОСТ 14771–76	ГОСТ 8713–79
Соединение; S – диапазон свариваемых толщин по ГОСТ, мм	C2; от 1 до 4	C2; 0,8–6,0	C47; 2,0–12,0
Эскиз выполненного шва			
	Полное проплавление		Неполное проплавление
Размеры шва по ГОСТ, мм	$S = 4, a = 2 \pm 1, b \leq 8, c = 2^{+1,0}_{-0,5}$	$S = 4, a = 1,5 \pm 0,5, b = 8, c = 0 + 1,5$	$S = 4, a = 2^{+1,0}_{-1,5}, b = 12, c = 0 + 0,8, h_p = 0,7S$

Для каждого из трех способов сварки ручная дуговая сварка, сварка в защитном газе CO_2 и сварка под флюсом, рассчитаем тремя выше указанными методиками (табл. 2–5).

Сравнительный расчет ручной дуговой сварки

Этап расчета	Используемая формула	Расчет примера по [4]	Расчет примера по [3]
Выбор $d_э$	Из [3, 4] в зависимости от S	$d_э = 4$ мм	$d_э = 3$ мм
Расчет $I_{св}$, А	$I_{св} = Kd_э$	$I_{св} = (40...50) \cdot 4 =$ $= 160...200$	$I_{св} = (30...45) \cdot 3 =$ $= 90...135,$ так как $S \leq 1,5 d_э$, то сварочный ток уменьшают на 10 %, то $I_{св} = 80...122$
Расчет $U_д$, В	Напряжение на дуге или устанавливаются по паспортным данным на каждую марку электрода, или в зависимости от вида покрытия электродов; колеблется в узком диапазоне значений	В зависимости от вида покрытия электродов: $U_д = 12 + 0,36 \frac{I_{св}}{d_э} -$ основное покрытие; $U_д = 12 + 1,7 \frac{I_{св}}{d_э} -$ рутилового типа. Основное покрытие: $U_д = 12 + 0,36 \frac{160...200}{4} =$ $= 26,4...30$	Выбирают по паспорту электрода: $U_д = 22...28$
Расчет $V_{св}$	$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{3600 \rho F_n}$, см/с $V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 \rho F_n}$, м/ч	$V_{св} = \frac{8 \cdot (160...200)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,22} =$ $= 0,21...0,26$ см/с	$V_{св} = \frac{10 \cdot (81...122)}{100 \cdot 7,8 \cdot 0,22} =$ $= 4,7...7,1$ м/ч
Расчет q_n , кал/см	$q_n = \frac{0,24 I_{св} U_д \eta_u}{V_{св}}$	$q_n =$ $= \frac{0,24 \cdot (160...200) \cdot 28 \cdot 0,8}{0,22} =$ $= 3910...4887,33$	—

Таблица 3

Сравнительный расчет сварки в защитном газе CO₂

Этап расчета	Используемая формула	Расчет примера по [4]	Расчет примера по [3]
Выбор d_3	Из [3, 4] в зависимости от толщины S	$d_3 = 2$ мм	$d_3 = 1,6$ мм
Расчет $I_{св}$, А	$I_{св} = \frac{\pi d_3^2 a}{4}$	$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 120}{4} = 376,8$	$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 2,56 \cdot (110 \dots 130)}{4} = 221 \dots 261$
Расчет U_δ , В	Нет единства в подходе	$U_\delta = 20 + 0,05 \cdot \frac{I_{св}}{\sqrt{d_3}} = 20 + 0,05 \cdot \frac{376,8}{1,414} = 33$	$U_\delta = 25 \dots 28$ – выбирают по таблице в зависимости от $I_{св}$
Расчет V_{nn} , м/ч	$V_{nn} = \frac{4\alpha_p I_{св}}{\pi d_3^2 \rho}$	$V_{nn} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 376,8}{3,14 \cdot 4 \cdot 7,8} = 246$	$V_{nn} = \frac{4 \cdot 15,05 \cdot (221 \dots 261)}{3,14 \cdot 2,56 \cdot 7,8} = 212 \dots 250$
Расчет $V_{св}$, м/ч	$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 F_6 \rho}$; $\alpha_n = \alpha_p (1 - \psi)$	$V_{св} = \frac{A}{I_{св}} = \frac{(11 \dots 13) \cdot 10^3}{376,8} = 29 \dots 34,5$ – формула для механизированных способов сварки	$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 F_6 \rho} = \frac{12,8(221 \dots 261)}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 7,3 \dots 8,6$
Расчет q_n , кал/см	Расчет не предусмотрен	–	–

Таблица 4

Сравнительный расчет сварки под флюсом

Этап расчета	Используемая формула	Расчет примера по [4]	Расчет примера по [3]
Выбор $d_э$	Из [3, 4] в зависимости от толщины S	$h_p = \frac{\delta}{2} \pm (1 \div 3)$, мм, где δ – толщина свариваемого металла; $\delta = 4$ мм, $h_p = 3$ мм; $d_э = 2$ мм	$h_p = 0,7S = 0,7 \cdot 4 = 3$ мм, из [3] приложения выбираем:
Расчет $I_{св}$, А	Нет единства в подходе	$I_{св} = (80 \dots 100) h_p = 240 \dots 300$	$I_{св} = 300$ А, $a = 43$ А/мм ² , $d_э = 2$ мм,
Расчет $U_д$, В	Нет единства в подходе	$U_д = 20 + 0,05 \frac{I_{св}}{\sqrt{d_э}} = 20 + 0,05 \frac{(240 \dots 300)}{\sqrt{3}} = 26,9 \dots 28,7$	напряжение на дуге – 34 В
Расчет V_{nn} , м/ч	$V_{nn} = \frac{4\alpha_p I_{св}}{\pi d_{np}^2 \rho}$	$V_{nn} = \frac{4 \cdot 17 \cdot (240 \dots 300)}{3,14 \cdot 9 \cdot 7,8} = 74 \dots 92,5$	$\alpha_p = 12$ г/А·ч; $V_{np} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 300}{3,14 \cdot 9 \cdot 7,8} = 65,3$
Расчет $V_{св}$, м/ч	$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 F_8 \rho}$	$V_{св} = \frac{A}{I_{св}} = \frac{(13 \dots 16) \cdot 10^3}{240 \dots 300} = 54 \dots 67$ и $43 \dots 53$ м/ч – при 300 А	$V_{св} = \frac{11,64 \cdot 300}{100 \cdot 0,45 \cdot 7,8} = 9,95$
Расчет q_n , кал/см	–	$q_n = \frac{8,64 \cdot I_{св} \cdot U_д \cdot \eta_u}{V_{св}} = 985,9 \dots 1232,4$	–

Таблица 5

Параметры сварочного режима, полученные при помощи [1, 2]

Рассчитываемые параметры	РДС	Сварка в CO ₂	Сварка под флюсом
Выбор $d_э$, мм	3	3	1,4
Расчет $I_{св}$, А	100	320	224
Расчет $U_д$, В	25	29	29
Расчет V_{nn} , см/с	–	2,4	7,2
Расчет $V_{св}$, см/с	–	1,3	0,6
Расчет q_n , Дж/см	–	5354	9744

Методика [3] предназначена для упрощенного расчета режима дуговой сварки, учитывает экономическую составляющую расчета, но не проводит расчет и проверку плотности тока, соответствие скорости сварки силе тока.

Методика [1, 4] представляет собой подробный расчет, включающий в себя проверку всех параметров сварки, но не достаточно подробно расшифрованы величины, входящие в исходные формулы, что приводит к некоторой путаности.

Методика [2] является законченным расчетом режимов дуговой сварки с проверкой всех параметров сварки, а также подробным описанием и полной расшифровкой всех величин, входящих в состав формул.

Библиографический список

1. Акулов, А.И. Технология и оборудования сварки плавлением: учеб. для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение. – 1997. – 432 с.: ил.
2. Шахматов, М.В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек / М.В. Шахматов, В.В. Ерофеев, В.В. Коваленко. – Уфа: Полиграфкомбинат. – 1999. – 272 с.
3. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов электрической сварки и наплавки: метод. пособие / Э.Г. Бабенко, Н.П. Казанова. – Хабаровск, 1999. – 54 с.
4. Шевцов, О.А. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологические основы сварки плавлением и давлением» / О.А. Шевцов. – Северодвинск. – 2007. – 36 с.