

Г5

Министерство сельского хозяйства РФ
Алтайский государственный аграрный университет
Кафедра технологии конструкционных материалов и ремонта машин

Стрижов В.М.

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Методическое пособие
к самостоятельной работе по дисциплине
«Материаловедение. Технология конструкционных материалов»

Барнаул – 2004

УДК 631.3.002.3

Составитель: Стризов В.М., канд. техн. наук, доцент кафедры ТКМ и РМ

Расчет технологического процесса ручной дуговой сварки:
Методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине
«Материаловедение. Технология конструкционных материалов» / АГАУ. –
Барнаул, 2004. – 24 с.

Рецензент: Кисленко А.К., канд. техн. наук, профессор

Методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине
«Материаловедение. Технология конструкционных материалов»
предназначено для студентов ИТАИ, обучающихся по специальности 311300
«Механизация сельского хозяйства». Содержит теоретические сведения и
рекомендации по расчету режимов ручной дуговой сварки углеродистой
стали, справочный материал, методику расчета.

Пособие рассмотрено и рекомендовано к печати на заседании
кафедры ТКМ и РМ (протокол № 3 от 5 марта 2004 г.).

Пособие одобрено методической комиссией ИТАИ (протокол № 3 от
« 17 » марта 2004 г.).

- © Алтайский государственный аграрный университет
- © Кафедра технологии конструкционных материалов и ремонта машин
- © Стризов Валерий Михайлович

1. Цель работы

- 1.1. Закрепить теоретические знания по технологии ручной дуговой сварки.
- 1.2. Освоить методику разработки технологического процесса ручной дуговой сварки.

2. Задачи работы

Для заданного сварного соединения выбрать электрод и источник питания, рассчитать режимы дуговой сварки, определить расход электродов и электроэнергии, основное технологическое время.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Вычертить эскиз заданного сварного соединения (в разрезе). При необходимости указать вид разделки кромок (см. справочную литературу или приложение 1). Проставить все размеры, относящиеся к шву.

Пример1: Соединение стыковое, толщина листов по 30 мм. Для ответственного сварного соединения (требующего проварки на всю глубину) при такой толщине необходимо выполнять разделку кромок, например, X-образную (рис. 1).

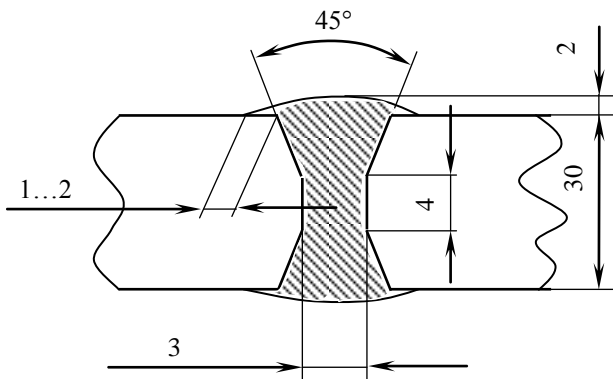


Рис. 1. X-образная подготовка кромок стыкового соединения и некоторые размеры сварного шва

При выборе способа подготовки кромок необходимо учитывать толщину и марку металла, положение шва в пространстве, возможности доступа к шву с обеих сторон.

3.2. Выбрать тип электрода.

Для ответственных сварных соединений из углеродистых сталей тип электрода выбирается из условия:

$$\sigma_{ви} \approx \sigma_{вм}, \quad (1)$$

где $\sigma_{вн} \cdot \sigma_{вм}$ – временное сопротивление разрыву соответственно металла шва и свариваемой детали, МПа.

Для углеродистых сталей типы электродов выбирают из ряда: Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э55, Э60 и т.д. (приложение 2).

Пример 2. Требуется выбрать тип электрода для стали 08кп.

Находим $\sigma_{вм}$ для этой стали (по справочнику):

$\sigma_{вм} \approx 330$ МПа [1]. Выбираем ближайшее значение из приведенного выше ряда Э42А ($\sigma_{вн} \geq 420$ МПа).

3.3. Найти диаметр электрода.

Диаметр электрода зависит от толщины и металла свариваемых деталей, типа сварного соединения, положения шва в пространстве и ориентировочно может быть определен из соотношения:

$$d_э = \frac{S}{2} + 1, \quad (2)$$

где $d_э$ - диаметр электрода, мм;

S -толщина изделия, мм.

По полученному из формулы (2) значению диаметр электрода выбирают из следующего ряда стандартных диаметров: 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 мм.

При выборе диаметра электрода необходимо иметь ввиду, что при сварке потолочных и вертикальных швов диаметр электрода принимают не более 4-5 мм. При небольшой толщине свариваемых деталей диаметр электрода должен быть близким к толщине металла.

3.4. Выбрать марку электрода.

Марка электрода выбирается в зависимости от химического состава стали, пространственного расположения шва при сварке и других факторов. Следует выписать и расшифровать полное условное обозначение электрода (приложение 3).

Пример 3. Пусть необходимо сварить две детали из стали 45 встык, шов вертикальный, толщина деталей по 4 мм.

Из справочника или приложения 3 выбираем марку электрода, выписываем и расшифровываем его условное обозначение:

$$\frac{\text{Э60} - \text{УОНИ} - 13 / 65 - 3,0 - \text{УД}}{\text{Е513} - \text{Б20}},$$

где: Э60 – тип электрода, Э – электрод, 60 – $\sigma_{вн} \geq 60$ кгс/мм² (600 МПа);

УОНИ-13/65 – марка электрода (промышленное обозначение);

3,0 – диаметр стержня электрода 3,0 мм;

У – электрод, предназначен для сварки углеродистых и низколегированных сталей с $\sigma_{вм} \leq 600$ МПа;

Д – покрытие электрода толстое;

1 – эта цифра после буквы Д опускается, характеризует невысокое качество изготовления электрода;

51 – $\sigma_{вм} \geq 510$ МПа (см. приложение 4);

3 – относительное удлинение металла шва $\delta \geq 20$ % (приложение 4);

« критическая температура хрупкости» $T_x = -20^\circ\text{C}$ (приложение 4);

Б – покрытие электрода основное (позволяет получать более высокие механические свойства металла шва, но чувствительно к длине дуги, качеству подготовки кромок; токсично);

2 – электродом можно варить в любом положении, кроме вертикального сверху вниз;

0 – варить можно только постоянным током, при обратной полярности.

3.5. Выбрать род тока и полярность.

Род тока и полярность выбирается по марке электрода, химическому составу и толщине свариваемых деталей.

Пример 4. По условию примера 3 выбираем для сварки постоянный ток, обратную полярность.

3.6. Определить силу сварочного тока.

Сила сварочного тока зависит от многих факторов: диаметра электрода, пространственного расположения шва, химического состава стали, квалификации сварщика и т.д.

Предварительно силу тока определяют по эмпирическим зависимостям. Для электродов диаметром 4...6 мм предпочтительнее следующая формула:

$$I_{CB} = K \cdot d_{\text{э}}, \quad (3)$$

где I_{CB} – сила сварочного тока, А;

K – коэффициент плотности тока, А/мм; $K = 40...60$ А/мм (меньшие значения принимают при сварке легированных сталей, обладающих пониженной теплопроводностью, при более низкой квалификации сварщика и т.д.).

Для других диаметров электрода лучший результат дает формула (4):

$$I_{CB} = (20 + 6d_{\text{э}}) d_{\text{э}}, \quad (4)$$

Полученное из формул (3) и (4) значение I_{CB} корректируют в зависимости от положения шва в пространстве: для потолочных швов его уменьшают на 10...15 %, а для вертикальных и горизонтальных швов – на 5...10 % (для предотвращения вытекания жидкого металла из сварочной ванны) .

3.7. Выбрать источник питания сварочной дуги

Источник питания выбирают, исходя из рода, полярности и силы тока, марки электрода. Необходимо также учитывать минимальное напряжение холостого хода источника питания для выбранного электрода (при сварке на переменном токе).

Выбрать источник питания, записать и расшифровать его условное обозначение и выписать из справочника техническую характеристику (приложения 5, 6).

3.8. Длина дуги зависит от диаметра электрода и находится по формуле:

$$l_o = \frac{d_e}{2} + 1, \quad (5)$$

где l_o – длина дуги, мм.

3.9. Напряжение дуги определяют в зависимости от длины дуги:

$$U_o = U_{ак} + U_c \cdot l_o, \quad (6)$$

где U_o – напряжение дуги, В;

$U_{ак}$ – падение напряжения на аноде и катоде, не зависящее от длины дуги, равное 10...12 В;

U_c – среднее падение напряжения, отнесенное к 1 мм столба дуги, равное 2...3 В/мм.

3.10. Масса наплавленного металла определяется из выражения:

$$M_n = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \rho, \quad (7)$$

где M_n – масса наплавленного металла, г;

$F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва, см²;

$L_{ш}$ – общая длина шва, см;

ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

Площадь поперечного сечения шва рассчитывают с помощью эскиза (рис. 1), разбивая сечение на элементарные геометрические фигуры.

3.11. Основное технологическое время, то есть время горения дуги и плавления электрода, рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{M_n}{I_{св} \cdot K_H}, \quad (8)$$

где t_o – основное время, ч;

K_H – производительность, г / А·ч (берется по справочнику для выбранного электрода) (приложение 3).

3.12. Скорость сварки определяют по формуле:

$$V_{св} = \frac{L_{ш}}{t_o}, \quad (9)$$

где $L_{ш}$ – длина шва, м;
 $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч.

3.13. Определение расхода электродов.

Расход электродов можно определить разными способами в зависимости от наличия исходной информации.

Наиболее точный и простой способ основан на знании расхода электродов на 1 кг массы наплавленного металла. Эти данные получают экспериментальным путем для конкретной марки электрода и, как правило, указывают в справочных сведениях. В этом случае расход электродов определяют по формуле

$$M_э = K_p \cdot M_H, \quad (10)$$

где $M_э$ – расход электродов, кг;
 M_H – масса наплавленного металла, кг;
 K_p – коэффициент (удельный расход электродов на единицу массы наплавленного металла) (приложение 3).

В случае отсутствия вышеупомянутых данных расход электродов рассчитывается приблизительно, с учетом потерь от массы стержня электрода на огарки (10...15%), угар и разбрызгивание (5...10%), шлакообразование (для электродов со стабилизирующим покрытием 2...6%, с качественным покрытием (18...35%)) и толщины покрытия:

$$M_э = M_H (1 + K_{п}) (1 + K_o), \quad (11)$$

где $K_{п}$ – коэффициент потерь, составляющий 0,17...0,31 для электродов со стабилизирующим покрытием и 0,33...0,60 для электродов с качественным покрытием;

K_o – коэффициент, учитывающий толщину покрытия (для тонкого покрытия – 0,25; для среднего – 0,7; для толстого – 1,0; для особо толстого – 1,7).

3.14. Расход электроэнергии можно определить по упрощенной формуле:

$$W = M_H \cdot U, \quad (12)$$

где M_H – масса наплавленного металла, кг;
 U – средний расход электроэнергии на единицу массы наплавленного металла (для трансформаторов – 3,5...4,5 кВт·ч/кг, для выпрямителей – 4,5...5,0 кВт·ч/кг, для преобразователей и агрегатов – 7...8 кВт·ч/кг);
 W – расход электроэнергии, кВт·ч.

Приложение 1. Некоторые формы
дуговой сварке стали встык

подготовки кромок при ручной

Тип сварного шва и разделка кромок	Толщина металла, мм	Взор, мм	Притупле- ние, мм	Угол разделки градус
Односторонний:				
с отбортовкой	1 – 4	0	-	-
без скоса кромок	1 – 4	0 – 2	-	-
без скоса кромок, на подкладке	1 – 4	0 – 2	-	-
со скосом одной кромки	3 – 60	0 – 3	0 – 2	45
с V-образной разделкой	3 – 60	0 – 3	0 – 2	50
Двухсторонний:				
без скоса кромок	2 – 5	2	-	-
без скоса кромок с последующей сторожкой	6 – 12	0 – 3,5	-	-
с одним скосом одной кромки	3 – 60	0 – 3	0 – 2	45
с симметричной К- образной разделкой	8 – 100	0 – 3	0 – 2	45
с симметричной Х- образной разделкой	8 – 120	0 – 3	0 – 2	50
с симметричной U- образной разделкой (с двух сторон)	30 – 175	0 – 3	1 – 3	25

Приложение 2. Типы электродов для дуговой сварки конструкционных
сталей и механические свойства металла шва

Тип электрода *1	δ , %	KCU ^{*2} , МДж/м ²	Тип электрода *1	δ , %	KCU ^{*2} , МДж/м ²
Э38	14	0,3	Э55	20	1,2
Э42	18	0,8	Э60	18	1,0
Э42А	22	1,5	Э70	14	0,6
Э46	18	0,8	Э85	12	0,5
Э46А	22	1,4	Э100	10	0,5
Э50	16	0,7	Э125	8	0,4
Э50А	20	1,3	Э150	6	0,4

*1 Число в обозначении типа электрода соответствует σ_b в кгс/мм².
Механические свойства для электродов типов Э38 – Э60 установлены в
состоянии после сварки, а для электродов типов Э70 – Э150 – после
термообработки согласно техническим условиям на конкретные марки
электродов.

*2 KCU – Ударная вязкость.

Приложение 3. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Марка электрода	Условное обозначение по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим проалки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
СМ-11	<u>Э42А-СМ-11-ø-УД</u> Е43 2(3)-Б16	3 4 5	100 – 140 160 – 220 180 – 280	10	320 ⁰ С, 1 ч	1,7
УОНИ-13/45	<u>Э42А-УОНИ-13/45-ø-УД</u> Е43 2(5)-Б20	2 2,5 3 4 5	30 – 50 60 – 80 80 – 100 100 – 160 140 – 200	10	250 ⁰ С, 1 ч	1,5
АНО-5	<u>Э42-АНО-5-ø-УД</u> Е41 3-РЖ21	4 5	160 – 230 190 – 300	11,0	180 ⁰ С, 1 ч	1,6
АНО-6	<u>Э42-АНО-6-ø-УД</u> Е41 2(3)-Р21	4 5	180 – 200 180 – 270	10,0	180 ⁰ С, 1ч	1,7
ОЗС-23	<u>Э42-ОЗС-23-ø-УД</u> Е41 0-Р23	2 3	40 – 60 90 – 120	8,5	140 ⁰ С, 0,7 ч	1,6
ВСП-4	<u>Э42-ВСП-4-ø-УС</u> Е41 0(3)-Ц14	3 4	90 – 100 120 – 160	9,5	100 ⁰ С, 1 ч	1,5
ОМА-2	<u>Э42-ОМА-2-ø-УС</u> Е 41 0-АЦ16	2 2,5 3	40 – 60 60 – 80 80 – 100	8	120 ⁰ С, 1 ч	1,7
АНО-4	<u>Э46-АНО-4-ø-УД</u> Е 43 2(3)-Р21	3 4 5	100 – 140 170 – 200 190 – 270	8,5	180 ⁰ С, 1 ч	1,6
АНО-14	<u>Э46-АНО-14-ø-УД</u> Е 43 1-Р21	3 4 5	90 – 140 150 – 200 180 – 270	8,5	200 ⁰ С, 1 ч	1,6
АНО-18	<u>Э46-АНО-18-ø-УД</u> Е 43 2(3)-РЖ21	4 5	140 – 230 150 – 300	10,5	180 ⁰ С, 1 ч	1,7

Продолжение приложения 3

Марка электрода	Условное обозначение по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим проалки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗС-4	<u>Э46-ОЗС-4-ø-УД</u> Е 43 0(3)-Р25	3 4 5	90 –100 160 –180 200 –250	9,0	140 ⁰ С, 0,7 ч	1,6
ОЗС-6	<u>Э46-ОЗС-6-ø-УД</u> Е 43 0-РЖ23	3 4 5 6	90 –150 150 –210 210 –300 300 –400	10,0	160 ⁰ С, 0,6 ч	1,5
ОЗС-12	<u>Э46-ОЗС-12-ø-УД</u> Е 43 0(3)-Р12	2 2,5 3 4 5	50 –60 70 –80 90 –110 130 –160 160 –200	8,5	160 ⁰ С, 0,7 ч	1,7
МР-3	<u>Э46-МР3-ø-УД</u> Е 43 1(3)-РБ23	3 4 5 6	90 –120 160 –180 170 –230 280 –320	7,5	180 ⁰ С, 1 ч	1,7
ОЗС-21	<u>Э46-ОЗС-21-ø-УД</u> Е 43 0(4)-АР23	3 4 5	90 –120 160 –200 200 –250	8,5	140 ⁰ С, 0,7 ч	1,7
ВН-48	<u>Э46А-ВН-48-ø-УД</u> Е 43 2(0)-БЖ26	2,5 3 4 5 6	70 –90 100 –130 140 –180 190 –240 250 –280	11,0	260 ⁰ С, 1 ч	1,6
УОНИ13/55К	<u>Э46А-УОНИ-13/55К-ø-УД</u> Е 43 3-Б20	3 4 5	80 –100 120 –160 170 –210	9,5	260 ⁰ С, 1 ч	1,6

Продолжение приложения 3

Марка электрода	Условное обозначение по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим проковки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗС-22Р	<u>Э46А-ОЗС-22Р-ø-УД</u> Е 43 2(3)-БРЖ14	3	120 –140	10,0	220 ⁰ С, 1,5 ч	1,6
		4	180 –200			
		5	240 –260			
		6	260 –300			
ОЗС-17Н	<u>Э46А-ОЗС-17Н-ø-УД</u> Е 43 0-РЖ46	4	150 –160	9,5	160 ⁰ С, 0,7 ч	1,5
		5	200 –230			
		6	260 –290			
ОЗС-22Н	<u>Э46А-ОЗС-22Н-ø-УД</u> Е 43 2(3)-БРЖ44	5	190 –200	9,5	220 ⁰ С, 1,5 ч	1,6
		6	240 –260			
УОНИ13/55	<u>Э50А-УОНИ-13/55-ø-УД</u> Е 51 7-Б20	2	40 –70	9,0	350 ⁰ С, 1 ч	1,5
		2,5	50 –80			
		3	60 –100			
		4	110 –160			
		5	140 –200			
АНО-11	<u>Э50А-АНО-11-ø-УД</u> Е 51 5-Б26	3	90 –140	9,5	300 ⁰ С, 1ч	1,5
		4	130 –200			
		5	160 –270			
ТМУ-21У	<u>Э50А-ИМУ-21У-ø-УД</u> Е 43 0-Б20	3	80 –110	9,5	400 ⁰ С, 1,5 ч	1,5
		4	130 –170			
		5	170 –200			
ЦУ-5	<u>Э50А-ЦУ-5-ø-УД</u> Е 51 3 (0)-Б20	2,5	75 –90	9,5	400 ⁰ С, 1 ч	1,6
ДСК-50	<u>Э50А-ДСК-50-ø-УД</u> Е51 5-Б16	4	160 –220	10,0	360 ⁰ С, 1 ч	1,6
		5	180 –280			

Продолжение приложения 3

Марка электрода	Условное обозначение по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим проковки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗС-25	<u>Э50А-ОЗС-25-ø-УД</u> Е 51 5-Б20	2,5 3 4 5	50 – 75 80 – 100 130 – 160 180 – 210	9,5	260 ⁰ С, 1 ч	1,6
СК2-50	<u>Э50А-СК2-50-ø-УД</u> Е 51 5-Б16	3 4 5	120 – 140 160 – 220 180 – 280	9,5	400 ⁰ С, 1 ч	1,6
ОЗС-18	<u>Э50А-ОЗС-18-ø-УД</u> Е 51 0-Б20	3 4 5	90 – 110 150 – 170 170 – 190	9,5	260 ⁰ С, 1 ч	1,5
ВСЦ-4А	<u>Э50-ВСЦ-4А-ø-УС</u> Е 51 0 (3)-Ц14	3 4	90 – 110 120 – 170	9,5	100 ⁰ С, 1 ч	1,4
УОНИ13/55У	<u>Э55-УОНИ-13/55У-ø-УД</u> Е 51 3-Б26	4 5 6	150 – 200 250 – 330 300 – 450	10,0	260 ⁰ С, 1 ч	1,6
УОНИ13/65	<u>Э60-УОНИ-13/65-ø-УД</u> Е 51 3-Б20	2 2,5 3 4 5	40 – 60 60 – 100 80 – 110 130 – 160 160 – 210	9,5	260 ⁰ С, 1 ч	1,6
ОЗС-24	<u>Э60-ОЗС-24-ø-УД</u> Е-06ГСН3-7-Б20	3 4	90 – 110 140 – 150	9,5	390 ⁰ С, 1 ч	1,7
ВФС-65У	<u>Э60-ВФС-65У-ø-ЛД</u> Е-ПГМ-5-Б20	3 4	100 – 120 150 – 180	9,5	350 ⁰ С, 1 ч	1,4
ВСЦ-60	<u>Э60-ВСЦ-60-ø-ЛС</u> Е-ПГНМ-3-Ц14	5 6	180 – 200 240 – 260	10,0	390 ⁰ С, 1 ч	1,5

Окончание приложения 3

Марка электрода	Условное обозначение по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим проковки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ВФС-75У	<u>Э70-ВФС-75У-ø-ЛД</u> Е-ПГМФ-3-Б20	4	150 –190	9,0	350 ⁰ С, 1 ч	1,5
ВФС-85	<u>Э85-ВФС-85-ø-ЛД</u> Е-09Г2НТМХ-3-Б20	3 4	90 –130 160 –200	9,5	400 ⁰ С, 1 ч	1,4
УОНИ13/85	<u>Э85-УОНИ-13/85-ø-ЛД</u> Е-12Г2СМ-0-Б29	2 2,5 3 4 5	50 –80 70 –100 90 –120 140 –170 180 –220	10,0	270 ⁰ С, 1 ч	1,6
НИАТ-3М	<u>Э85-НИАТ-3М-ø-ЛД</u> Е-13ГТХМ-0-Б20	2 2,5 3 4 5	50 –80 60 –100 90 –130 150 –180 200 –250	9,5	270 ⁰ С, 1 ч	1,6
ОЗШ-1	<u>Э100-ОЗШ-1-ø-ЛД</u> Е-16Г2СТХТМ-0-Б20	2 2,5 3 4 5	50 –60 60 –70 80 –100 110 –140 150 –200	8,5	350 ⁰ С, 2 ч	1,4

Приложение 4. Индексы металла шва, выполненного электродами для сварки конструкционных сталей с $\sigma_B \leq 600$ МПа

Показатель механических свойств	Первые две цифры индекса ^{*1}	Третья цифра индекса ^{*2}							
		0	1	2	3	4	5	6	7
δ , %	37 41 или 43 51	Любое 20 18	- 20 18	- 22 18	- 24 20	- 24 20	- 24 20	- 24 20	- 24 20
T_x ^{*3} , °C	Любые	Не регламентировано	+20	0	-20	-30	-40	-50	-60

^{*1} Первые две цифры индекса – временное сопротивление в десятках мегапаскалей, т.е. минимальное σ_B 370, 410, 430 и 510 МПа (38, 42, 44 и 52 кгс/мм² соответственно).

^{*2} Цифра характеризует одновременно δ и T_x ; если эти показатели соответствуют разным индексам в таблице, то третий индекс устанавливают по δ , а затем в скобках приводят четвертый дополнительный индекс, характеризующий T_x .

^{*3} T_x – минимальная температура, при которой ударная вязкость на образцах с V – образным надрезом не менее 0,35 МДж/м² (3,5 кгс·м/см²).

В индексе металла шва в условном обозначении электрода для сварки сталей с $\sigma_B < 600$ МПа (60 кгс/мм²) цифры расшифровываются следующим образом. Первые две – временное сопротивление разрыву σ_B , третья обозначает одновременно относительное удлинение δ и критическую температуру хрупкости T_x .

В условном обозначении электродов для сварки легированных конструкционных сталей с $\sigma_B > 600$ МПа (60 кгс/мм²) группа индексов металла шва двойная. Сначала указывается номинальный химический состав шва (принцип маркировки – как для легированных сталей), а затем через дефис – цифра, характеризующая T_x так же, как и третья цифра индекса в приложении 3. Например, для электродов марки ВФС – 85 (типа Э85), обеспечивающих в наплавке 0,09% С, 2% Мп, 10% Ni, до 1% Мо и Cr и $T_x = -20^\circ\text{C}$, получаем индексы 09Г2Н1МХ-3.

Приложение 5. Техническая характеристика сварочных трансформаторов

Марка трансформатора	Сварочный ток, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВт*А	Габаритные размеры	Масса, кг
	Номинальный	Пределы регулирования	Номинальное рабочее	Холостого хода			
ТД-306У2	160 ^{*2}	60-175	26,4	70	11,4	570*325*530	38
ТД-306У2	250 ^{*2}	100-300	30	70	17,5	630*365*590	65
ТДМ-251У2	250 ^{*1}	100-260	30	80	-	420*260*450	49
ТД*500-4У2	500 ^{*3}	100-560	40	60-76	32	570*720*835	210
ТДМ-317У2	315 ^{*3}	60-360	32,6	80/62 ^{*6}	-	585*555*818	130
ТДМ-401У2	400 ^{*3}	80-460	36	80/64 ^{*6}	-	585*760*848	160
ТДМ-503У2	500 ^{*3}	75-580	40	75/65 ^{*6}	135	555*585*888	175
ТДМ-502У3	500 ^{*3}	100-560	40	75	26,5	720*845*780	240

*1 ПН = 20%

*2 ПН = 25%

*3 ПН = 60%

*4 ПН = 85%

*5 ПН = 100%

*6 В диапазонах малых и больших токов соответственно

Приложение 6. Выпрямители для дуговой сварки

Марка трансформатора	Сварочный ток, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВт*А	Габаритные размеры	Масса, кг
	Номинальный при ПН 60%	Пределы регулирования	Номинальное рабочее	Холостого хода			
ВД-201У3	200 ^{*2}	30-200 ^{*8}	28	64-71	15	716*622*775	120
ВД-306У3	315	45-315 ^{*8}	32	61-70	24	785*780*830	180
ВД-502-2У3	500	50*500 ^{*8}	40	80	42	810*550*1077	348
ВДГ-601У3	630	100-700 ^{*9}	18-36	90	69	1250*920*1155	595
ВДГИ-301У3 ^{*1}	315	40-325 ^{*9}	35	-	13	953*1045*748	330
ВДГ-303У3	315	50-315 ^{*9}	40	60	12,6	605*735*950	230
ВДУ-504УХЛ3	500	100-500 ^{*9}	18-50 ^{*9}	-	40	1275/816*940	385
		60-500 ^{*8}	46 ^{*8}	75-80 ^{*8}			
ВДУ-505У3	500	60-500 ^{*9}	22-46 ^{*9}	-	40	800*700*920	300
		50-500 ^{*8}	18-50 ^{*8}	85 ^{*8}			
ВДУ-1201У3	1250 ^{*3}	300-1250 ^{*9}	24-66 ^{*9}	-	135	1400*850*1250	850
		300-1250 ^{*8}	26-60 ^{*8}	90 ^{*8}			
ВДМ-1001УХЛ4	315 ^{*5}		60 ^{*9}	70 ^{*8}	88	1100*700*900	420
ВДМ-1601У3	(1000) ^{*6}	-					
	315 ^{*5}		60 ^{*9}	100 ^{*8}	96	1050*850*1650	770
ВДУМ-4*401У3	(1600) ^{*7}	-					
	400 ^{*5,*4}	100-400 ^{*8}	23-46 ^{*8}	75 ^{*8}	86	1350*850*1250	900
		80-400 ^{*9}	20-45 ^{*9}				

^{*1} Импульсный выпрямитель, максимальная амплитуда импульсов – 100 А, частота импульсов – 50-100 Гц.

^{*2} При ПН =35%.

^{*3} При ПН = 100%.

^{*4} Число постов – 4.

^{*5} Для одного поста.

^{*6} Число постов – 7.

^{*7} Число постов – 9.

^{*8} При падающих характеристиках.

^{*9} При жестких характеристиках

