

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Кафедра ремонта машин и материаловедения

**Технология конструкционных материалов (включая сварку)**

### **Методические указания**

по расчетно-графическим работам и самостоятельной работе  
для обучающихся по очной и заочной форме обучения по направлению  
подготовки «Строительство»

Краснодар  
КубГАУ  
2020

*Составители:* М.И. Чеботарев, Б.Ф. Тарасенко, В. Д. Карпенко, С. А. Горовой

**Методические указания по расчетно-графическим работам** / сост. М.И. Чеботарев, Б.Ф. Тарасенко, В. Д. Карпенко, С. А. Горовой. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 49 с.

Изложены теоретические сведения, а также указания по выполнению расчетно-графических работ. Приводятся методики выбора электродов для ручной дуговой сварки, а также расчет параметров и режимов дуговой и газовой сварки.

Предназначены для студентов, очного и заочного обучения дисциплине «Технология конструкционных материалов» по направлению подготовки: 08.03.01 «Строительство»

Рассмотрено и одобрено методической комиссией архитектурно-строительного факультета Кубанского госагроуниверситета, протокол № от

Председатель  
Методической комиссии

А. М. Блягоз

© Чеботарев М.И., Тарасенко Б.Ф.,  
Карпенко В.Д., Горовой С. А.,  
составление, 2020

© ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет имени  
И.Т. Трубилина», 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Современное строительное производство требует от специалистов знаний в различных областях науки и техники, в частности технологию конструкционных материалов. Решение расчетно-графических работ потребует теоретические основы, полученные на лекциях, опыт, приобретенный на семинарах и при выполнении домашних заданий. Выполнение расчетно-графических работ позволит сформировать у обучающихся навыки по выбору электрода для различных марок сталей, освоить методику расчета режимов и параметров электродуговой и газовой сварки, определить расход электроэнергии, горючих газов и присадочного материала в зависимости от размеров и типа шва.

Для современной технологии характерно сочетание в едином цикле разнообразных физико-химических процессов. Установление общих закономерностей, используемых при изготовлении деталей машин, является необходимым условием разработки и оптимизации технологий. При решении задач комплексного использования материалов, энергии, производства новых материалов и создания безотходных технологий возрастает роль прикладных наук. Техническое знание составляет неотъемлемую часть современной науки - с одной стороны и производства – с другой. Поэтому именно эти знания являются связующим звеном между теоретической и практической деятельностью инженера.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ	4
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ	12
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ	33

# 1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

## 1.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки по выбору электродов для ручной дуговой сварки металлов.

## 1.2 Задание

По индивидуальному заданию для данной марки стали и толщины детали выбрать электрод для ручной дуговой сварки.

## 1.3 Оборудование рабочего места

Справочные таблицы по характеристикам электродов, методические указания.

## 1.4 Теоретические сведения

Электроды называют металлическими или угольными стержнями, предназначенные для дуговой сварки и резки металла. Металлический электрод представляет собой стержень из определенной марки стальной проволоки, на поверхность, которой опрессовкой нанесено специальное покрытие.

Электроды должны обеспечивать: стабильность электрической дуги; хорошее формирование сварочного шва; получение сварочного шва заданного химического состава; хорошую отделимость шлака; высокую производительность сварки; минимальную токсичность при сварке; возможность сварки в любом пространственном положении.

При сварке по способу Бенардоса Н. Н. применяют угольные или графитные электроды диаметром 6–30 мм, длиной 200–300 мм. Для сварки по способу Славянова Н. Г. используют электроды с металлическим стержнем диаметром от 1,6 до 12 мм, длиной 150–450 мм.

Согласно ГОСТ 2246–70–70 предусмотрено 77 марок сварочной проволоки различного химического состава из них 6 марок низкоуглеродистой проволоки (Св–08, Св–08А, Св–08ГА, Св–10Г2), 30 марок легированной проволоки (Св–08ГС, Св–12ГС, Св–08Г2С, Св–10ГН, Св–08ГСМТ, Св–15ГСТЮЦА и др.) и 41 марка высоколегированной проволоки (Св–12ХИНМФ, Св–12Х13, Св–1ЮГА ЮГА, Св–08Х19Н1072Б, Св–04Х19НЮМБ, Св–13Х15Н18, Св–05Х20Н9ФБС, Св–3ОХ25Н16Г7, Св–08Н50, и др.).

Проволоку разрезают на заготовки определенной длины в зависимости от ее диаметра (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Размеры электродов

Диаметр электрода $d$ , мм	0,3; 5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4	1,6	2,0; 2,5	3,0	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0
Длина электрода $l$ , мм	150, 200	200, 500	250, 300	300, 350	350, 450

На поверхность электродной проволоки наносят различные покрытия. Они предназначены для защиты расплавленного металла сварочной ванны от действия кислорода и азота воздуха, а так же для стабилизации устойчивости горения дуги. В состав покрытия входят соединения щелочных (кальция и натрия) или щелочноземельных (кальция) металлов, которые в дуге лучше ионизируются, чем кислород и азот. В результате повышается устойчивость горения. Для улучшения свойств наплавленного металла в состав покрытия также вводят различные легирующие элементы.

Шлакообразующие вещества, например окислы ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ), карбонаты ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) и другие соединения ( $\text{CaF}_2$ ), вносимые в покрытия при плавлении электрода образуют шлаки, которые покрывают капли электродного металла и металла шва и этим защищают расплавленный металл от окисления. После остывания металла шва и шлака, шлаковая корка легко удаляется с поверхности шва.

В качестве газообразующих веществ используют различные органические соединения, например электродную целлюлозу, древесную муку и пр. При их сгорании вокруг дуги образуются защитные газы в виде оксидов углерода и водорода, которые предохраняют расплавленный металл от взаимодействия с воздухом.

Для раскисления применяют элементы, которые обладают большим сродством с кислородом, чем железо (марганец, титан, кремний, алюминий). Находясь в сварочной ванне, они отбирают кислород от оксидов железа, образуя нерастворимые в железе оксиды соответствующих элементов, которые затем всплывают в шлак.

Легирующими элементами являются хром, молибден, ванадий и др. В покрытия их вводят тогда, когда электроды предназначены для сварки легированных сталей, получения износостойких наплавов и пр.

Для изготовления покрытых электродов все кусковые материалы шихты покрытия дробят, размалывают, просеивают и смешивают с жидким стеклом. Полученную массу наносят на электродные стержни. Затем электроды просушивают и прокаливают.

По назначению выделяют четыре группы покрытых электродов для сварки сталей: углеродистые (У), легированные (Л), теплоустойчивые (Т) и высоколегированные (В). Пятую группу составляют электроды для наплавки с целью создания поверхностных слоев с особыми свойствами (Н). В зависимости от механических и других свойств наплавленного металла эти группы электродов подразделяются на типы. Каждому типу может соответствовать одна или несколько марок электродов.

Структура условного обозначения электрода имеет следующий вид:

$$\frac{[1]-[2]-[3]-[4][5][6]}{E-[7]-[8][9][10]} \quad [11], [12],$$

где каждая надпись в прямоугольнике выражает определенную часть его характеристики.

[1] – тип электрода. В обозначение типа электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей входит буква Э и цифра, показывающая гарантированное минимальное значение временного сопротивления разрыву металла шва в  $\text{кгс/мм}^2$  (\*10МПа).

Буква А указывает на повышенную пластичность и ударную вязкость металла шва.

В маркировке электродов для сварки высоколегированных, теплоустойчивых и др. сталей после буквы Э ставят марку электродной проволоки, например, Э–46 (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Механические свойства наплавленного металла различными типами электродов

Тип элект- рода	Механические свойства при нормальной температуре ~ 20 °С					Основное назначение
	Металла шва			Сварочного соединения		
	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , МПа	Угол загиба шва, град	
Э38	380	14	30	380	60	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей $\sigma_b \leq 500$ МПа
Э42	420	18	80	420	150	
Э46	460	18	80	460	150	
Э50	500	16	70	500	120	
Э42А	420	2	150	420	150	Тоже, но с повышенными требованиями к пластичности
Э46А	460	22	140	460	180	
Э50А	500	20	130	500	150	
Э55	550	20	120	550	150	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей $\sigma_b = 500-600$ МПа
Э60	600	18	100	600	120	
Э70	700	14	60	–	–	Для сварки легированных конструкционных сталей повышенной прочности $\sigma_b > 600$ МПа
Э85	850	12	50	–	–	
Э100	1000	10	50	–	–	
Э125	1250	8	40	–	–	
Э150	1500	6	40	–	–	

Примечание.

$\sigma_b$ , МПа – временное сопротивление на разрыв наплавленного металла шва;

$\delta$ , % – относительное удлинение металла шва;

$a_n$ , – ударная вязкость, Дж/см<sup>2</sup>

[2] – марка электродного покрытия. Буквы и цифры в прямом смысле не выражают состав входящих в покрытие компонентов или его свойств. Это условные обозначения лабораторий, институтов, номеров удачных экспериментов и т. д. Например, АНО–1, АНО–6, СМ–5, СМ–11, УОНИ–13/45, ЦУ–1, ЦМ–9, ЛКЗ–70, НИАТ–3М, ОЗН–250У.

*Кислые покрытия* (АНО–2, СМ–5 и др.) состоят из окислов железа и марганца, кремнезема, ферромарганца.

*Рутитовые покрытия* (АНО–3, ОЗС–3, ОЗС–6, МР–3, МР–4 и др.) имеют в своем составе преобладающее количество рутила (TiO<sub>2</sub>) и, кроме этого тальк, мрамор, каолин, ферромарганец, целлюлозу и жидкое стекло.

*Целлюлозные покрытия* (ВСЦ–1, ВСЦ–2, ОЗЦ–1 и др.) состоят из целлюлозы, органической смолы, ферросплавов, талька и др.

*Основные покрытия* (УОНИ–13/45, УП–1/45, ОЗС–2, ДСК–50 и др.) состоят из мрамора, плавикового шпата, кварцевого песка, ферросилиция, жидкого стекла.

[3] – диаметр электрода, проставляется цифрами в мм в зависимости от толщины металла (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Диаметра электрода в зависимости от толщины свариваемого металла

S <sub>1</sub> мм	1.5	2	4–5	6–9	9–12	13–15	16–20	Более 20
d <sub>1</sub> мм	1.6	2	3–4	4	5	5	5–6	6–8

[4] – назначение электрода. Маркируется первыми буквами характерных слов:

У – для сварки углеродистых и низколегированных сталей  $\sigma_b \leq 600$  МПа;

Л – для сварки легированных конструкционных сталей с  $\sigma_b > 600$  МПа;

T – для сварки высоколегированных теплоустойчивых сталей;  
 B – для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;  
 H – для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

[5] – толщина покрытия, которая характеризуется отношением диаметра электрода с покрытием D (мм) к диаметру металлического стержня d (мм):

M – тонкое покрытие,  $D: d < 1,20$ ;  
 C – среднее покрытие,  $D: d = 1,20-1,45$ ;  
 Д – толстое покрытие,  $D: d = 1,45-1,80$ ;  
 Г – особое толстое покрытие,  $D: d > 1,80$ .

[6] – группа электродов, обозначается цифрами 1, 2 и 3. По мере увеличения цифры улучшается качество наплавленного металла по содержанию серы и фосфора, которое уменьшается соответственно от 0,045 до 0,035 и от 0,05 до 0,04 %.

[7] – группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла:

1 первые две цифры – предел прочности на разрыв, МПа;

2 следующая цифра – условно относительное удлинение  $\delta$ , %;

3 последняя цифра в скобках – морозостойкость, т.е. ту минимальную температуру  $T_x$  °С, при которой еще сохраняется ударная вязкость  $a_n$  не менее 34,3 Дж/см<sup>2</sup> (таблица 6.4).

Таблица 1.4 – Условное обозначение морозостойкости  $T_x$

Цифра индекса в скобках	0	1	2	3	4	5	6	7
$T_x$ , °С	Не регламентирована	+20	0	-20	-30	-40	-50	-60

Пример: E-41 1 (7).

41 – временное сопротивление на разрыв наплавленного металла шва,  $G_b = 410$  МПа;

1 – относительное удлинение металла шва  $\delta$ , %, не менее 16%;

(7) – температура  $T_x = -60$  °С, при которой ударная вязкость  $a_n \geq 34,3$  Дж/см<sup>2</sup>.

[8] – вид покрытия электрода, обозначается буквами А, В, Ж, Р, Ц, П.

[А] – кислое покрытие, содержит окислы Fe, Mn, Si, Cr. Металл наплавленного шва отличается повышенной окисленностью и плотностью. Применяется для сварки переменным и постоянным током любой полярности в любом пространственном положении. Можно варить детали с ржавыми кромками и окалиной. Недостатки – большое разбрызгивание и токсичность. Маркируется АНО–2, СМ–5, ОММ–5, ОМА–2 и др.

[В] – основное покрытие, в составе которого плавиковый шпат, мел, мрамор. При кристаллизации металл шва не образует трещин. Применяется для сварки деталей больших сечений, постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях. Обеспечивает наилучшее качество шва, но сварка затрудняется при наличии влаги, ржавчины, масла, удлинении дуги. Маркируют УОНИ–13/45, УП–1/45, ОЗС–2, ДСК–5 и др.

[Ц] – целлюлозное покрытие, состоит из пищевой муки, целлюлозы и других газообразующих при сгорании веществ. При сварке образует тонкий слой шлака, который мало разбрызгивается. Применяется для сварки сталей небольшой толщины, на любом токе, во всех пространственных положениях.

Маркируют ВСЦ–1, ОЗЦ–1, ЦМ–9, ЦЛ–18, ЦЛН–1 и др.



[Р] – рутиловое покрытие, состоящее, в основном, из  $TiO_2$ . Обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва, малое разбрызгивание. Применяется для сварки любым током, любой полярности, во всех пространственных положениях. Однако чувствительно к загрязнениям, ржавчине. Маркируют АНО–3, АНО–6, МР–3, МР–4, ОЗС–3 и др.

[Ж] – смешанное покрытие с добавлением в его состав свыше 20% железного порошка.

[П] – прочие виды покрытий.

[9] – обозначение допустимых пространственных положений сварки:

1 – для всех положений;

2 – для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;

3 – для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости, вертикального и в «лодочку»;

4 – только для нижнего и в «лодочку».

[10] – обозначение рода тока, полярности постоянного тока и напряжения холостого хода источника переменного тока (таблица 1.5).

[11] – стандарт на условное обозначение электродов.

[12] – стандарт на тип электродов, ГОСТ 9467–75.

Таблица 1.5 – Обозначение рода и полярности тока

Обозначение [10]	Рекомендуемая полярность	Напряжение холостого хода и источника питания переменного тока, В
0	обратная	–
1	любая	50±2
2	прямая	
3	обратная	
4	любая	70±10
5	прямая	
6	обратная	
7	любая	90±5
8	прямая	
9	обратная	

Пример полного паспортного обозначения электрода:

$$\frac{\text{Э46А} - \text{УОНИ} - 13/45 - 4,0 - \text{УС2}}{\text{Е462} - (3) - \text{Б10}} \text{ГОСТ 9466} - 75, \text{ГОСТ 9467} - 75$$

Естественно, что не все элементы в структуре маркировки электродов на практике указываются в их паспорте. Поэтому в сокращенной характеристике некоторые из них могут быть опущены. Характеристика электродов для сварки конструкционных сталей даны в таблице 1.6.

Состав покрытия, и электродного стержня оказывают значительное влияние на качество и механические свойства наплавленного металла. Диаметр электродного стержня определяет технологическую применимость электрода, диапазоны допустимых значений силы сварочного тока, а значит и температуру нагрева свариваемой детали, размеры и жидкотекучесть сварочной ванны.

Краткая характеристика различных электродов приведены в таблицах 1.6 и 1.7.

## 1.5 Индивидуальное задание и пример его выполнения

Задание: расшифровать марку электрода и определить область его применения (выдается преподавателем).

$$\frac{\text{Э46А} - \text{УОНИ} - 13/45 - 4,0 - \text{УС2}}{\text{Е462} - (3) - \text{Б10}} \text{ГОСТ 9466} - 75, \text{ГОСТ 9467} - 75$$

Данная марка электрода расшифровывается следующим образом:

[1] Э46 А – тип электрода.

460 – показывает гарантированное минимальное значение временного сопротивления металла сварочного шва в кгс/мм<sup>2</sup>; по таблице 6.2, которые должны соответствовать такому же значению  $\sigma_a$  сварных металлов.

[2] Индекс УОНИ – 13/45 – марка электродного покрытия. По таблице 4 электрод с данным покрытием имеет следующие показатели: коэффициент наплавки –10,0, пространственное положение – любое; род тока – постоянный обратной полярности;  $b_b$  – 350 МПа;  $\delta$  – 28 %.

[3] Цифра 4 – показывает диаметр электрода, равный 4 мм.

[4] Буква У – назначение электрода, предназначен для сварки углеродистых сталей.

[5] Буква С – толщина покрытия. При диаметре стержня электрода с покрытием, например, 5,5 мм и диаметром электродного стержня 4 мм толщина покрытия соответствуют среднему покрытию ( $D/d = 5,5/4 = 1,37$  мм).

[6] Цифра 2 – показывает качество наплавленного металла по содержанию серы и фосфора. В нашем случае содержанию серы находится в пределах 0,03 %, и фосфора – 0,045 %

[7] Индексы Е462 (3) – указывающие характеристики наплавленного металла. В нашем случае Е36 временное сопротивление на разрыв наплавленного металла шва, по таблице 6.6  $\sigma_b = 360$  МПа,  $K_{II} = 8,5$  г/Ач.

Цифра 2 – обозначает относительное удлинения металла шва, которая составляет  $\delta = 26$  % для данной марки электрода (таблица 1.6).

Цифра (3) – обозначает морозостойкость, т.е. ту минимальную температуру  $T_{x0}$ , при которой еще сохраняется ударная вязкость не менее 34,3 Дж/см<sup>2</sup>. В нашем случае  $T_x = -30$  0С. таблица 6.4.

[8] Буква Б – обозначает основное покрытие и зависит от марки электрода. В нашем случае УОНИ– 13/45, в состав которого входит плавиковый шпат, мел, мрамор. Применяется при сварке постоянным током обратной полярностью, во всех пространственных положениях.

[9] Цифра 1 – указывает, что данный электрод применяется для всех пространственных положений сварки.

[10] Цифра 0 – показывает обратную полярность постоянного тока с напряжением холостого хода 50 В (таблица 1.5).

[11], [12] Стандарт электрода. В нашем случае ГОСТ9466–75, ГОСТ9467–75.

Таблицы 1.6 – Характеристика электродов для сварки углеродистых сталей

Электрод			Применение			Наплавленный металл					
Тип	Марка	Вид покрытия	Кэф. наплавки	Пространственное положение	Ток	$\sigma_a$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , дж/см <sup>2</sup>		Угол загиба, град
									+20°C	-40°C	
Э42	ВСП-1	Ц	10,0	любое	пост. и перем.	470	25	68	130	–	160
	ОММ-5	А	7,2	любое	постоянный	480	22	55	100	50	160
	СМ-5	А	7,2	любое	пост. и перем.	460	25	60	120	80	180
	ЦМ-7	Ц	10,6	любое	пост. и перем.	480	22	55	100	40	160
	АНО-1	Ц	15,0	любое	пост. и перем.	460	28	60	130	80	180
Э42А	УОНИ-13/45	Б	8,5	любое	постоянный	360	26	65	220	180	180
		Б	9,5		обратной	360	28	60	220	160	–
	УП-1/45	Б	10,0		полярности	350	28	66	200	120	180
	УП-2/45	Б	10,0	нижнее	перем. и пост.	380	26	70	240	–	180
	ОЗС-2	Б	8,5		обр. пол.	380	24	55	180	–	180
Э46	АНО-3	Р	8,5	любое	пост. и перем.	480	25	65	15	10	180
	МР-3	Р	7,3		перем. и пост.	480	25	65	15	10	180
	ОЗС-4	Р	8,5		обр. пол.	480	23	65	12	8	180
					пост. и перем.						
	ОЗС-6	Р	10,5	пост. и перем.	480	24	55	12	8	180	
	РБУ-4	Р	7,8	пост. обр. пол.	490	26	56	14	8	160	
	ЗРС-2	Р	10,5	пост. и перем.	480	24	60	13	6	150	
	РБУ-5	Р	9,0	пост. и перем.	380	21	56	14	8	150	
	ОЗС-3	Р	15,5	нижнее	пост. и перем.	400	25	60	12	7	180
ЭРС-1	Р	14,5	обр. пол. пол..								
Э46А	Э-138/45Н	П	8,5	любое	пост. обр. пол.	470	22	–	15	3	180
Э50	ВСЦ-3	Ц	13–9,5	любое	постоянный	510	21	57	–	–	105
	ВСЦ-3	Б	9,0		пост. обр. пол.	500	16	–	10	3	100
					пост. обр. пол.	520	29	62	20	14	165
	УОНИ-13/55	Б	9,0		пост. обр. пол.	520	29	62	20	14	165
	ДСР-50	Б	10,0		постоянный	520	29	–	20	14	165
	УП-1/55	Б	10,0		обратной о	540	25	63	24	–	165
	УП-2/55	Б	10,0		полярности и	520	24	62	15	–	165
К-5	П	9,0	переменности	520	24	–	15	–	165		

Продолжение таблицы 1.6

Электрод			Применение			Наплавленный металл					
Тип	Марка	Вид покрытия	Коэф. наплавки	Пространственное положение	Ток	$\sigma_w$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , дж/см <sup>2</sup>		Угол загиба, град
									+20°С	-40°С	
Э50А	Э-138/50Н	П	9,0	любое	пос. обр. пол.	510	24	–	15	–	165
	АН-7	А	9,8			520	24		15	3	165
Э55	УОНИ-13/55	Б	9,0	нижнее	постоянный	570	22	60	16	2	160
Э60	УОНИ-13/65	Б	9,8	любое	обратной	620	21	65	18	–	180
Э70	ЛКЗ-70	Б	9,8	нижнее	полярности	800	17	54	9	5	
Э85	УОНИ-13/85	Б	10	любое		900	15	–	9	–	
Э100	ЦЛ219	Б	9,0			1060	13	48	8	–	
Э125	НИАТ-3М	Б	10			900	6	–	–	–	
Э150	НИАТ-31	Б	10			1060	10	–	5	–	

Вывод. Данная марка электрода может быть использована для сварки углеродистой стали постоянным током с обратной полярностью, толщиной детали от 6 до 9 мм (таблица 1.3), в любом пространственном положении.

#### 1.6 Вопросы для контроля

- 1 Для чего предназначены электроды и какие к ним предъявляются требования?
- 2 Какие материалы применяют для изготовления электродов?
- 3 Какое влияние оказывает марка электродной проволоки на химсостав и свойства сварочного шва?
- 4 Виды, состав и назначение электродного покрытия?
- 5 Какие размеры имеют электрод?
- 6 Как определяется диаметр электрода для ручной дуговой сварки?
- 7 Приведите структуру условного обозначения электрода и дайте определение каждому элементу.
- 8 Какое влияние оказывают различные покрытия электрода на качество сварочного шва.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

### 2.1 Цель работы.

Освоить методику и получить практические навыки по разработке технологического процесса и определения параметров режима ручной дуговой сварки металлов.

### 2.2 Задание.

2.2.1 Изучить соответствующие разделы по технологии конструкционных материалов. При этом необходимо знать физическую сущность и способы сварки металлов и сплавов, механизм образования сварных соединений твердых тел, основные технологические операции процесса ручной дуговой сварки, материалы и оборудование, основные параметры режима сварки и методы их определения.

2.2.2 Получить у преподавателя вариант индивидуального задания.

2.2.3 Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки металлов.

При этом определить:

параметры режима сварки;

технологии наложения валиков в сварном шве;

расход материальных и энергетических ресурсов.

2.2.4 Составить пояснительную записку и представить ее к защите в указанный срок.

### 2.3 Методика и порядок выполнения работы.

2.3.1 Выбрать форму разделки кромок свариваемых деталей по ГОСТ–5264–80 в зависимости от типа шва (согласно заданию).

2.3.2 Определить площадь сечения сварочного шва.

Для этого вычерчивают форму разделки кромок сварного шва на миллиметровой бумаге; выделяют сечение шва и разделяют ее на геометрические фигуры; вычисляют площадь каждой фигуры путем подсчета клеточек или по формулам геометрических фигур. Площади отдельных геометрических фигур складывают и определяют общую площадь сечения сварного шва  $F_{с.ш.}$ , мм<sup>2</sup>, по формуле:

$$F_{с.ш.} = F_1 + F_2 + F_n , \quad (1)$$

где  $F_1, F_2, F_n$  – площади геометрических фигур, (на которые разделена общая площадь сварного шва) мм<sup>2</sup>.

2.3.3 Выбрать электрод для ручной дуговой сварки (расчетно-графическая №1).

2.3.4 Рассчитать параметры режима сварки

2.3.4.1 Определить силу сварочного тока  $J_{св}$ , А, по формуле:

$$J_{св} = \kappa d , \quad (2.1)$$

где  $\kappa$  – коэффициент, А/мм ( $\kappa = 40\text{--}60$  для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали,  $\kappa = 35\text{--}40$  при сварке потолочных, вертикальных швов и для электродов со стержнем из высокоуглеродистой стали);

$d$  – диаметр металлического стержня электрода, мм.

2.3.4.2 Определить напряжение на дуге  $U_d$ , В.

Для сварки постоянным током по формуле:

$$U_d = \alpha + \beta \ell_d, \text{ В}, \quad (2.2)$$

где  $\alpha$  – суммарное падение напряжения на концах анода и катода, В;  $\alpha = (10\text{--}12)$  В;

$\beta$  – падение напряжения на 1 мм длины дуги, В/мм (при сварке сталей.  $\beta = 2\text{--}3$  В/мм);

$\ell_d$  – длина дуги, мм.

Для сварки переменным током по формуле:

$$U_d = (2\text{--}3)U_{x.x.} \quad (2.3)$$

где  $U_{x.x.}$  – напряжение холостого хода трансформатора, В.

2.3.4.3 Определить длину дуги  $\ell_d$ , мм по формуле:

$$\ell_d = 0,5 d + 1, \quad (2.4)$$

где  $d$  – диаметр стержня электрода, мм.

2.3.5 Выбрать необходимое оборудование.

С учетом силы сварочного тока, напряжения дуги, полярности тока и типа электрода по таблицам 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, определить тип и марку источника питания сварочной дуги и его к.п.д. ( $\eta$ ).

2.3.6 Определить технологию наложения валиков в сварном соединении.

2.3.6.1 Количество накладываемых валиков  $n$ , шт., в сварном шве рассчитать по формуле:

$$n = \frac{F_{с.ш.} - F_1}{F_2} + 1, \quad (2.5)$$

где  $F_{с.ш.}$  – площадь сечения сварочного шва, мм<sup>2</sup>;

$F_1$  – площадь сечения первого валика, мм<sup>2</sup>;

$$F_1 = (6\text{--}8) d_1, \quad (2.6)$$

где  $d_1$  – диаметр электрода для первого валика равен 3–4 мм;

$F_2$  – площадь сечения второго и всех последующих валиков, мм<sup>2</sup>.

$$F_2 = (8\text{--}10) \cdot d \text{ мм}^2, \quad (2.7)$$

где  $d$  – диаметр металлического стержня электрода, мм.

Таблица 2.7 – Технические характеристики сварочных трансформаторов с увеличенным магнитным рассеиванием

Тип трансформатора	U сети, В	U Вторичное, В	П Н, %	J (ток) номинальный, А	Пределы регулирования	КПД %	Масса, кг
СТШ-250	380	61	20	250	80-260	73	44
СТШ-380	380	63	20	300	110-405	88	158
СТШ-500	380	60	60	500	145-650	90	220
СТШ-500-80	380	80	60	500	60-800	92	323
ТС-120	380	68	60	120	50-160	80	90
ТС-300	220	68	60	300	110-385	84	185
ТС-500	380	60	65	500	165-650	85	250
ТСК-300	380	63	65	300	110-385	84	215
ТСК-500	380	60	65	500	165-560	85	280
ТД-500	380	59; 73	60	500	100-560	87	210
ТД-300	220	61; 79	50	300	60-400	86	437
ТСП-2	220	62	50	300	90-300	76	63

Таблица 2.8 – Технические характеристики преобразователей агрегатов с генераторами с самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой

Тип преобразователя	Сварочный генератор			Двигатель			Агрегат или преобразователь	Масса, кг	
	Тип	U, В	I, А	Тип	N, кВт	n, об/мин			
ПСО-300	ГОО-300	30	75-320	АВ-62-4	14	1450	Однокорпусное на колёсах	400	
АСБ-300-2	ГСО-300			ГАЗ-МК	21	1500			
АСД-300	ГСО-300			Двухмашинное на раме	5П4-4-8,5	14	1470	980	
САМ-300	ГСО-300М				ПН-100	14,25	1520		800
САМ-400-1	СГП-3-У				ПН-290	42	1500		
САМ-400-2	СГП-3-У			МАФ 72-4	32	1465	Одно корпусное на колесах	1300	
ПС-500-2	ГС-500-2			А-72/4	28	1450			
АСД-3-1	СГП-3-УШ	40	120-600	ЯАЗМ-204Г	42	1500	Двухмашинное на раме	2500	
АСДП-500	СГП-3-УШ			ЯАЗМ-204Г	42	1500	Двухмашинное на прицепе	5000	

Таблица 2.9 – Технические характеристики сварочных выпрямителей с падающими внешними характеристиками

Параметр	ВСС-120-4	ВСС-300-3	ВКС-120	ВКС-300	ВКС-500	ВД-101	ВД-306	ВД-502
Выпрямленное напряжение холостого хода, В	57-63	58-65	57-62	58-65	65-68	65-68	70	80
Номинальный сварочный ток при ПН = 60 %, А	120	300	120	300	500	125	315	500
Номинальное напряжение при нагрузке, В	25	30	25	30	40	25	32,6	40
Предел регулирования сварочного тока, А	15-130	35-330	15-130	30-330	65-550	20-130	45-315	50-500
Потребляемая мощность, Вт	8,6	13,2	5,0	13,2	20	-	21	42

КПД, %	68	66	58	68	75	64	70	69
Коэффициент мощности	0,58	0,60	0,60	0,58	0,74	0,5	–	–
Масса, кг	140	240	175	250	410	168	170	37
Потребляемая мощность, кВт	8,6	13,2	5,0	13,2	20	–	21	42

Таблица 2.10 – Обозначение рода и полярности тока

Обозначение [10]	Рекомендуемая полярность	U <sub>хх</sub> переменного тока, В
0	Обратная	–
1	любая	50±2
2	прямая	
3	обратная	
4	любая	70±10
5	прямая	
6	обратная	
7	любая	90±5
8	прямая	
9	обратная	

### 2.3.6.2 Назначить последовательность наложения валиков по сечению шва (рисунок 2.1).

Таблица 2.9 – Технические характеристики сварочных выпрямителей с падающими внешними характеристиками

Параметр	ВСС–120–4	ВСС–300–3	ВКС–120	ВКС–300	ВКС–500	ВД–101	ВД–306	ВД–502
Выпрямленное напряжение холостого хода, В	57–63	58–65	57–62	58–65	65–68	65–68	70	80
Номинальный сварочный ток при ПН = 60 %, А	120	300	120	300	500	125	315	500
Номинальное напряжение при нагрузке, В	25	30	25	30	40	25	32,6	40
Предел регулирования сварочного тока, А	15–130	35–330	15–130	30–330	65–550	20–130	45–315	50–500
Потребляемая мощность, Вт	8,6	13,2	5,0	13,2	20	–	21	42
КПД, %	68	66	58	68	75	64	70	69
Коэффициент мощности	0,58	0,60	0,60	0,58	0,74	0,5	–	–
Масса, кг	140	240	175	250	410	168	170	37
Потребляемая мощность, кВт	8,6	13,2	5,0	13,2	20	–	21	42

Таблица 2.10 – Справочные материалы по обозначению рода и полярности тока

Обозначение [10]	Рекомендуемая полярность	U <sub>хх</sub> переменного тока, В
0	Обратная	–
1	любая	50±2
2	прямая	
3	обратная	
4	любая	70±10
5	прямая	
6	обратная	
7	любая	90±5
8	прямая	
9	обратная	

### 2.3.6.2 Назначить последовательность наложения валиков по сечению шва (рисунок 2.1).



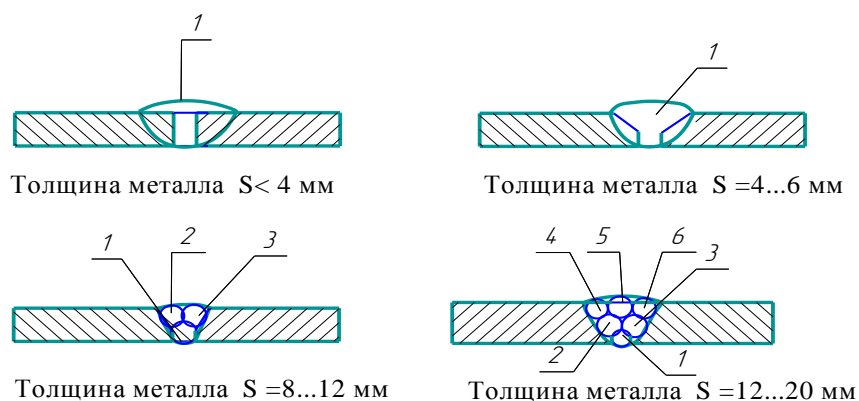


Рисунок 2.1 – Схема наложения швов по сечению при различной толщине металла:  
1–6 – порядковый номер валика

В зависимости от размеров сечения швы выполняют однопроходными или многослойными. Однопроходная сварка производительна и экономична, но металл шва недостаточно пластичен вследствие его столбчатой структуры и увеличенной зоны перегрева.

В случае многослойной сварки каждый нижележащий валик проходит термическую обработку при наложении последующих валиков, что позволяет получить измельченную структуру металла шва и соответственно повышенные механические свойства шва и сварочного соединения.

#### 2.3.6.3 Назначить последовательность наложения швов по длине детали.

В зависимости от длины различают швы короткие ( $L < 300$  мм), средние ( $L = 350–1000$  мм) и длинные ( $L > 1000$  мм).

Короткие швы выполняют непрерывными, средние и длинные – прерывистыми, т.е. отрезками не более 350 мм. Последовательность наложения швов по длине детали выбираем по рисунку 2.2.

#### 2.3.6.4 Выбрать схему движения контактного торца электрода.

Схему движения контактного торца электрода выбирают так, чтобы в сварочной ванне хорошо перемешивался расплавленный металл. Рекомендуется принимать более сложную траекторию при больших сечениях шва и многопроходной сварке (рисунок 2.3, позиция *д* и *е*) и при меньших сечениях шва – простые траектории (рисунок 2.3, позиция *а*, *б*, *в*, *г*).

#### 2.3.7 Определить расход материальных и энергетических ресурсов.

##### 2.3.7.1 Определить массу наплавленного металла $G_n$ , кг по формуле:

$$G_n = F_{с.ш.} \cdot L \cdot \rho, \quad (2.8)$$

где  $F_{с.ш.}$  – площадь сечения сварного шва,  $м^2$ ;

$L$  – длина шва, м;

$\rho$  – плотность металла,  $кг/м^3$  (для стали  $\rho = 7800$   $кг/м^3$ ).

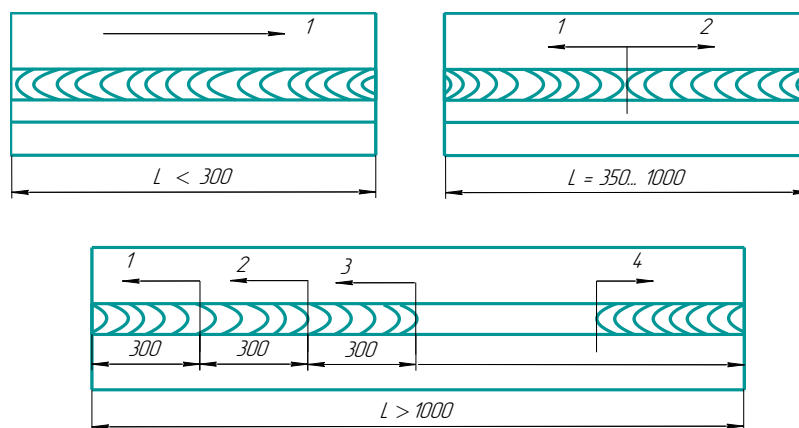


Рисунок 2.2 – Схема выполнения сварочного шва по длине детали:  
1–4 – последовательность наложения швов

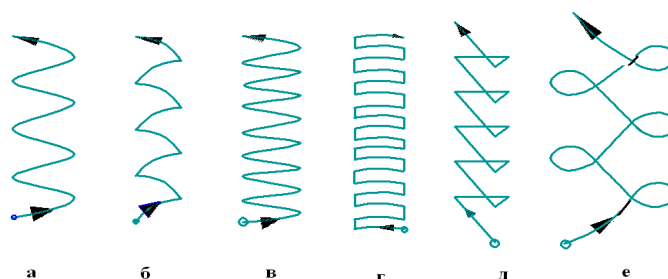


Рисунок 2.3 – Траектория движения контактного торца электрода

2.3.7.2 Определить норму расхода электродов (с учетом потерь на угар, разбрызгивание, остающиеся огарки, массы покрытия)  $G_3$ , кг по формуле:

$$G_3 = G_H(1 + K_{пэ}), \quad (2.9)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, кг;

$K_{пэ}$  – коэффициент, учитывающий потери электродного материала ( $K_{пэ} = 0,2–0,3$  для электродов стабилизирующих и с тонким покрытием;  $K_{пэ} = 0,4–0,6$  для электродов качественных с толстым покрытием).

2.3.7.3 Определить машинное время  $t_0$ , ч (время горения дуги) по формуле:

$$t_0 = \frac{G_H}{J_{св} K_H}, \quad (2.10)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, г ;

$J_{св}$  – сила сварочного тока, А ;

$K_H$  – коэффициент наплавки, г /А,·ч (определяется в зависимости от типа и марки электрода по таблице 3).

2.3.7. 4 Определить норму времени для сварки с учетом перерывов и остановок в работе сварочного поста  $t_{св}$ , ч по формуле:

$$t_{св} = \frac{t_0}{K_{исп}}, \quad (2.11)$$

где  $t_0$  – машинное время, ч;

$K_{исп}$  – коэффициент использования сварочного поста (при ручной дуговой сварке коротких швов, соответственно в единичном производстве и в серийном производстве  $K_{исп} = 0,4-0,6$ ,  $K_{исп} = 0,6-0,8$ ; при прихватке  $K_{исп} = 0,3-0,4$ ).

2.3.7. 5 Определить скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч по формуле

$$V_{св} = \frac{L}{t_0}, \quad (2.12)$$

где  $L$  – длина шва, м;  
 $t_0$  – время горения дуги, ч.

2.3.7. 6 Определить скорость перемещения дуги в каждом проходе  $V_d$ , м/ч по формуле:

$$V_d = \frac{L}{t_0} n, \quad (2.13)$$

где  $L$  – длина шва, м;  
 $t_0$  – время горения дуги, ч.;  
 $n$  – число проходов, шт.

2.3.7.7 Определить расход электроэнергии  $W_p$ , кВтч, непосредственно используемый для сварки по формуле:

$$W_p = \frac{U_d I_{св} t_0}{1000 \eta}, \quad (2.14)$$

где  $U_d$  – напряжение на дуге, В;  
 $I_{св}$  – сила сварочного тока, А;  
 $t_0$  – время горения дуги, ч;  
 $\eta$  – коэффициент полезного действия сварочного агрегата ( $\eta = 0,75-0,90$  для сварочных трансформаторов;  $\eta = 0,3-0,4$  для сварочных генераторов).

2.3.7.8 Определить общий расход электроэнергии (с учетом потерь на холостой ход и перемены в работе)  $W_{св}$ , кВт·ч по формуле:

$$W_{св} = W_p + N_{х.х.} (t_{св} - t_0), \quad (2.15)$$

где  $N_{х.х.}$  – мощность источника тока на холостом ходу, кВт ( $N_{х.х.} = 0,2-0,4$  кВт для трансформатора;  $N_{х.х.} = 2-4$  кВт для генератора);  
 $t_0$  – время горения дуги (машинное время), ч;  
 $t_{св}$  – общее время процесса сварки, (норма времени), ч.

2.3.7.9 Определить удельный расход электроэнергии (затраченный на 1 кг наплавленного металла)  $W_{уд}$ , кВтч /кг по формуле:

$$W_{уд} = \frac{W_{св}}{G_H}, \quad (2.16)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, кг.

### **Пример.**

**Задание.** Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки металлов постоянным током.

**Исходные данные.**

Тип шва – С2;

толщина детали, мм – 3;  
 длина детали, м – 3,0;  
 материал – сталь 10;  
 предел прочности, МПа – 340.

Решение.

1 Выбор формы разделки кромок свариваемых деталей

По ГОСТ–5264–80 для типа шва С2 принимаем форму разделки кромок деталей до сварки в соответствии с рисунком 1 а. Форма поперечного сечения шва после сварки показана на рисунке 1 б.

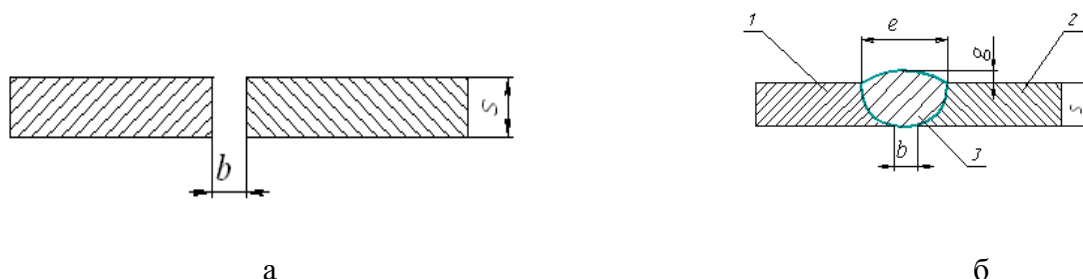


Рисунок 1 – а - форма поперечного сечения подготовленных кромок деталей для сварного соединения С2 до сварки, б – форма поперечного сечения сварного соединения С2 после сварки:  $s$  – толщина детали,  $b$  – расстояние между кромками деталей до сварки  $s = 3$  мм,  $b = 1,0-2,0$  мм,  $e = 6$  мм,  $g = 2$  мм, 1, 2 свариваемые детали, 3 – сварной шов

## 2 Определение площади сечения сварного шва

Вычерчиваем на миллиметровой бумаге форму поперечного сечения шва сварного соединения С2 после сварки в соответствии с ГОСТ и выделяем в этом сечении геометрические фигуры площадью  $F_1$  и  $F_2$  заполненные расплавленным электродом (рисунок 2).

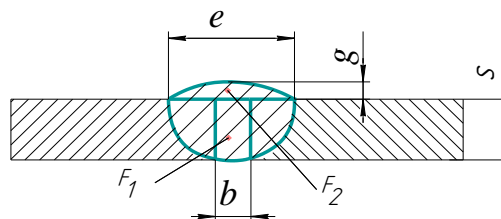


Рисунок 2 – Сечение сварного шва

Путем подсчета в них клеточек определяем суммарную площадь этих геометрических фигур  $F_{с.ш.} = F_1 + F_2, \text{ мм}^2$ . Подсчеты показали, что площадь сечения  $F_{с.ш.} = 17,0 \text{ мм}^2$ .

Определяем площадь сечения  $F_{с.ш.}, \text{ мм}^2$ , расчетным путем по формулам:

$$F_{с.ш.} = F_1 + F_2, \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где  $F_1$  – площадь прямоугольника,  $\text{мм}^2$ ;

$F_2$  – площадь сегмента,  $\text{мм}^2$ .

$$F_1 = sb = 2 \times 3 = 6 \text{ мм}^2; F_2 = 2/3eg = 2/3 \times 2 \times 6 = 10,56 \text{ мм}^2;$$

$$F_{с.ш.} = F_1 + F_2 = 6 + 10,56 = 16,56 \text{ мм}^2.$$

Расчеты показывают, что площадь сечения сварного шва определенная первым и вторым методом не имеют существенных различий. Поэтому для дальнейших расчетов принимаем общую площадь сечения сварного шва  $F_{с.ш} = 17 \text{ мм}^2$ .

### 3 Выбор электрода для ручной дуговой сварки

#### 3.1 Определение марки электродной проволоки.

Марка электродной проволоки определяется по химическому составу и механическим свойствам свариваемого металла (в основном ориентируясь на легирующие элементы) по справочной таблице 4.1. В нашем случае для стали 30 выбираем низкоуглеродистую проволоку Св-08.

#### 3.2 Определение типа электрода.

Тип электрода должен обеспечить прочность наплавленного металла, близкую к прочности заданного материала детали (таблица 2.2). Так в нашем случае для стали 30 предел прочности на разрыв  $\sigma_B = 340 \text{ МПа}$ . Выбираем по таблице 2.2 для этой марки стали тип электрода Э 42А у которого предел прочности на разрыв  $\sigma_B = 420 \text{ МПа}$ .

#### 3.3 Определение марки электрода.

Она определяется в зависимости от типа выбранного электрода по справочной таблице 2.3. В нашем случае принимает марку электрода УОНИ 13/45. Для нее определяем коэффициент  $K_n$  наплавки, пространственное положение, род тока, предел прочности наплавленного металла шва  $\sigma_B$  и относительное удлинение наплавленного металла  $\delta$  определяем по таблице 2.3.

В нашем случае коэффициент наплавки равен  $K_n = 8,5 \text{ г/Ач}$ , пространственное положение – любое, род тока – постоянный, обратной полярности; предел прочности наплавленного металла шва –  $\sigma_B = 360 \text{ МПа}$  и относительное удлинение наплавленного металла –  $\delta = 26 \%$ ; ударная вязкость –  $a_n = 180 \text{ Дж/см}^2$ .

#### 3.4 Определение диаметра электрода.

Диаметр электрода выбираем в зависимости от толщины свариваемого металла по справочной таблице 2.4. В нашем случае толщина свариваемого металла  $S = 3 \text{ мм}$ , поэтому принимаем диаметр металлического стержня электрода  $d = 3 \text{ мм}$ .

#### 3.5 Выбор индекса характеризующего назначение электрода.

По назначению электроды подразделяются в зависимости от свойств свариваемого металла. В нашем случае сваривается углеродистая конструкционная сталь 30, которая обозначается индексом У.

#### 3.6 Определение вида и толщины покрытия электрода

Для нашего случая принимаем основное покрытие Б – в составе которого плавленый шпат, мел, мрамор. При кристаллизации металл шва не образует трещин. Применяется для сварки деталей больших сечений, постоянным током обратной полярности, во всех пространственных положениях.

Толщину покрытия определяем по коэффициенту наплавки  $K_n$ . В нашем случае для  $K_n = 8,5$  принимаем среднее (С) покрытие электрода.

#### 3.7 Определение морозостойкости наплавленного металла

В нашем регионе температура окружающей среды не превышает  $T_x = -40^\circ\text{C}$ ., поэтому принимаем индекс морозостойкости равный 5 по таблице 2.6 (при этой температуре сохраняется ударная вязкость не менее  $34,3 \text{ Дж/см}^2$ ).

3.8 Определение допустимого пространственного положения сварки.

Пространственное положение сварки определяем по таблице 2.3.

3.9 Определение полярности тока.

Полярность тока определяется по таблице 2.10. Для марки электрода УОНИ 13/45 рекомендуется обратная полярность источника постоянного тока, которая обозначается индексом (0).

3.10 Структурная схема маркировки выбранного электрода.

Все последующие индексы маркировки электрода назначаются в соответствии с требованиями задания, а затем сводятся в одну структурную схему:

$$\frac{\text{Э42А} - \text{УОНИ13/45} - 3,0 - \text{УС2}}{\text{Е362 (5) - Б10}} \text{ ГОСТ 9466 - 75, ГОСТ 9467 - 75,}$$

где: Э42А – тип электрода;

УОНИ 13/45 – марка электродного покрытия;

3,0 мм – диаметр электрода;

У – углеродистая сталь;

С – среднее покрытие;

2 – коэффициент учитывавший качество наплавленного металла по содержанию серы и фосфора;

$\sigma_b$  – 360 временное сопротивление на разрыв наплавленного металла шва для МПа – 36;

2 – относительное удлинение металла (не менее 26 %);

5 – морозостойкость до ( $-60^\circ\text{C}$ );

Б – покрытие основное;

1 – пространственное положение (любое);

0 – полярность тока (обратная полярность постоянного тока согласно таблицы 3 и 10).

ГОСТ 9466 – 75 – условное обозначение электродов;

ГОСТ 9467 – 75 – стандарты на тип электродов.

#### 4 Расчет параметров режима сварки

4.1 Определение силы сварочного тока.

Сила сварочного тока  $J_{\text{св}}$ , А определяется по формуле:

$$J_{\text{св}} = d\kappa, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр металлического стержня электрода, мм;

$\kappa$  – коэффициент, А/мм ( $\kappa = 40\text{--}60$  А/мм, для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали и  $\kappa = 35\text{--}40$  А/мм, при сварке потолочных, вертикальных швов и для электродов со стержнем из высокоуглеродистой стали. Для низкоуглеродистой стали принимаем среднее значение  $\kappa = 50$  А/мм.

$$J_{\text{св}} = 50 \cdot 3 = 150 \text{ А.}$$

#### 4.2 Определение напряжения на дуге.

Напряжение на дуге  $U_{\text{д}}$ , В, определяем по формуле:

$$U_{\text{д}} = \alpha + \beta \ell_{\text{д}}, \quad (2)$$

где – суммарное падение напряжения на концах анода и катода, обычно  $\alpha = 10\text{--}12$  В; принимаем  $\alpha = 10$  В;

$\beta$  – падение напряжения на 1 мм длины дуги, В/мм; при сварке сталей  $\beta = 2\text{--}3$  В/мм., принимаем  $\beta = 2$  В/мм;

$\ell_{\text{д}}$  – длина дуги, мм.

Определяем длину дуги  $\ell_{\text{д}}$ , мм, по формуле:

$$\ell_{\text{д}} = 0,5d + 1,$$

$$\ell_{\text{д}} = 0,5 \cdot 3 + 1 = 2,5. \quad (3)$$

Подставив значения  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\ell_{\text{д}}$  в формулу 2 получим

$$U_{\text{д}} = 10 + 2 \cdot 2,5 = 15 \text{ В.}$$

#### 5 Выбор оборудования для ручной дуговой сварки.

В соответствии с родом тока и принятым электродом по таблице 8 выбираем генератор ГСО–300, у которого, напряжение дуги 30 В, сила сварочного тока 75–320 А, мощность 21 кВт, масса 850 кг.

#### 6 Определение технологии наложения валиков в сварном шве.

##### 6.1 Определение количество валиков на сварочном шве.

Количество накладываемых  $n$ , шт. валиков в сварном шве рассчитываем по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{с.ш.}} - F_1}{F_2} + 1, \text{ шт.}, \quad (4)$$

где  $F_{\text{с.ш.}}$  – площадь сечения сварочного шва,  $\text{мм}^2$ ;

$F_1$  – площадь сечения первого валика,  $\text{мм}^2$ :

$$F_1 = (6\text{--}8)d_1 \text{ мм}^2;$$

где  $d_1$  – диаметр электрода для первого валика,  $d_1 = (3\text{--}4)$  мм,

$$\text{тогда } F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2,$$

$F_2$  – площадь сечения второго и всех последующих валиков,  $\text{мм}^2$ ;

$$F_2 = (8\text{--}10)d, \text{ мм}^2,$$

где  $d$  – диаметр металлического стержня электрода, мм:

$$F_2 = 8 \cdot 3 = 24 \text{ мм}^2.$$

Тогда

$$n = \frac{16,56 - 18}{24} + 1 = 0,94 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 1$  шт.

## 6.2 Последовательность наложения валиков по сечению.

В нашем случае при толщине металла 3 мм шов состоит из 1 валика (рисунок 3).

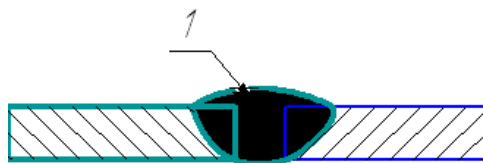


Рисунок 3 – Схема наложения валиков по сечению

## 6.3 Последовательность наложения валиков по длине шва.

В зависимости от длины различают швы короткие ( $L < 300$  мм), средние ( $L = 350 - 1000$  мм) и длинные ( $L > 1000$  мм).

Последовательность наложения шва по длине принимаем в соответствии с рисунком 4.

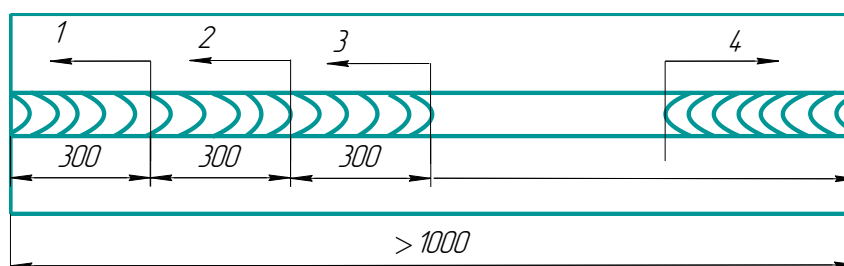


Рисунок 4 – Схема наложение шва по длине детали

## 6.4 Траектория движения контактного торца электрода.

Траектория движения контактного торца электрода принимаем в соответствии с рисунком 5.



Рисунок 5 – Траектория движения контактного торца электрода

## 7 Определение расхода материальных и энергетических ресурсов.

### 7.1 Определение массы наплавленного металла.

Масса наплавленного металла  $G_H$ , кг рассчитывается по формуле:

$$G_H = F_{с.ш} \cdot L \cdot \rho, \quad (5)$$

где  $F_{с.ш}$  – площадь сечения сварного шва,  $m^2$ ;

$L$  – длина шва, м;

$\rho$  – плотность металла,  $кг/м^3$  (для стали  $\rho = 7800$   $кг/м^3$ ),

$$G_H = 16,56 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 7800 = 0,39 \text{ кг.}$$

### 7.2 Определение расхода электродов.

Расход электродов  $G_э$ , кг рассчитывается по формуле:

$$G_э = G_H (1 + K_{пэ}), \quad (6)$$



где  $K_{пэ}$  – коэффициент, учитывающий потери электродного материала ( $K_{пэ} = 0,2 - 0,3$  для электродов стабилизирующих и с тонким покрытием;  $K_{пэ} = 0,4 - 0,6$  для электродов качественных с толстым покрытием), принимаем для расчета  $K_{пэ} = 0,3$ .

Тогда

$$G_э = 0,39 (1 + 0,3) = 0,517 \text{ кг.}$$

### 7.3 Определение машинного времени.

Машинное время  $t_0$ , ч (время горения дуги) рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{св} \cdot K_H}, \quad (7)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, г;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$K_H$  – коэффициент наплавки, г / А · ч.

$$t_0 = \frac{397,8}{150 \cdot 8,5} = 0,31 \text{ ч.}$$

### 7.4 Определение продолжительности сварки.

Продолжительность сварки  $t_{св}$ , ч, с учетом перерывов и остановок в работе сварочного поста рассчитывается по формуле:

$$t_{св} = \frac{t_0}{K_{исп}}, \quad (8)$$

где  $t_0$  – машинное время, ч ;

$K_{исп}$  – коэффициент использования сварочного поста ( $K_{исп} = 0,4 - 0,6$  при ручной дуговой сварке коротких швов, а также в единичном производстве;  $K_{исп} = 0,6 - 0,8$  в серийном производстве;  $K_{исп} = 0,3 - 0,4$  при прихватке; принимаем  $K_{исп} = 0,5$ ):

$$t_{св} = \frac{0,31}{0,5} = 0,62 \text{ ч.}$$

### 7.5 Определение скорости сварки.

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

$$V_{св} = \frac{L}{t_0}, \quad (9)$$

где  $L$  – длина шва, м;

$t_0$  – машинное время (время горения дуги), ч.

$$V_{св} = \frac{3}{0,31} = 9,67 \text{ м/ч.}$$

### 7.6 Определение скорость перемещения дуги.

Скорость перемещение дуги в каждом проходе  $V_d$ , м/ч рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{L}{t_0} n, \text{ м/ч,} \quad (10)$$

где  $n$  – число проходов (количество валиков), шт.

$$V_d = \frac{3}{0,31} \cdot 1 = 9,67 \text{ м/ч.}$$

### 7.7 Определение расход электроэнергии .

Расход электроэнергии  $W_p$ , кВт·ч, используемой для сварки, рассчитывается по формуле:

$$W_p = \frac{U_d I_{св} t_0}{1000\eta}, \quad (11)$$

где  $U_d$  – напряжение на дуге, В;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$t_0$  – машинное время (время горения дуги), ч;

$\eta$  – коэффициент полезного действия сварочного агрегата (по справочным данным для сварочных трансформаторов  $\eta = 0,75–0,90$ , для сварочных генераторов  $\eta = 0,3–0,4$ ), принимаем  $\eta = 0,3$ .

$$W_p = \frac{150 \times 15 \times 0,31}{1000 \times 0,3} = 2,33 \text{ кВт.ч.}$$

### 7.8 Определение общего расхода электроэнергии

Расход электроэнергии с учетом потерь на холостой ход и перерывы в работе  $W_{св}$ , кВт·ч рассчитывается по формуле:

$$W_{св} = W_p + N_{х.х.}(t_{св} - t_0), \quad (12)$$

где  $N_{х.х.}$  – мощность источника тока на холостом ходу, кВт (для трансформатора  $N_{х.х.} = 0,2–0,4$  кВт; для генератора; для нашего случая  $N_{х.х.} = 2–4$  кВт), принимаем  $N_{х.х.} = 3,0$  кВт);

$t_0$  – машинное время (время горения дуги), ч;

$t_{св}$  – общее время процесса сварки, (норма времени), ч.

$$W_{св} = 2,33 + 3,0(0,62–0,31) = 3,26 \text{ кВт.ч.}$$

### 7.9 Определение удельного расхода электроэнергии.

Удельный расход электроэнергии  $W_{уд}$ , кВт·ч/кг, затраченный на 1 кг наплавленного металла, рассчитывается по формуле:

$$W_{уд} = \frac{W_{св}}{G_n}, \quad (13)$$

где  $G_n$  – масса наплавленного металла, кг.

$$W_{уд} = \frac{3,26}{0,397} = 8,2 \text{ кВт.ч/кг}$$

### Выводы.

1 Освоили методику разработки технологического процесса ручной дуговой сварки постоянным током. При этом научились определять параметры режима ручной дуговой сварки; выбирать электроды, электросварочное оборудование и принадлежности для рабочего места сварщика, а также разрабатывать технологическую документацию.

2 В результате расчетов определили: норму расхода электродов  $G_n = 0,4$  кг и удельный расход электроэнергии  $W_{уд} = 8,2$  кВтч/кг (на один кг массы наплавленного металла).

### 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

#### 3.1 Цель работы.

Освоить методику и получить практические навыки по разработке технологического процесса и определению параметров режима газовой сварки металлов.

#### 3.2 Задание.

3.2.1 Изучить соответствующие разделы учебников по технологии конструкционных материалов. При этом необходимо знать физическую сущность, способы газовой сварки металлов и сплавов, технологические операции, материалы, оборудование и параметры процесса сварки.

3.2.2 Получить у преподавателя варианты индивидуального задания (приложение 5.1).

3.2.3 Разработать технологический процесс газовой сварки металлов.

При этом определить:

параметры режима сварки;

технологии наложения валиков в сварном шве;

расход материальных и энергетических ресурсов.

3.2.4 Составить пояснительную записку и представить ее к защите в указанный срок.

#### 3.3 Методика и порядок выполнения работы.

3.3.1 Выбрать форму разделки кромок свариваемых деталей по ГОСТ–5264–80 в зависимости от типа шва (согласно заданию).

3.3.2 Определить площадь сечения сварочного шва.

Для этого: вычерчивают форму разделки кромок сварного шва на миллиметровой бумаге; выделяют сечение шва и разделяют ее на геометрические фигуры; вычисляют площадь каждой фигуры путем подсчета клеточек или по формулам геометрических фигур. Площади отдельных геометрических фигур складывают и определяют общую площадь сечения сварного шва  $F_{с.ш.}$ , мм<sup>2</sup>, по формуле:

$$F_{с.ш.} = F_1, F_2, F_n, \quad (3.1)$$

где  $F_1, F_2, F_n$  – площади геометрических фигур, (на которые разделена общая площадь сварного шва) мм<sup>2</sup>.

3.3.3 Выбрать марку присадочной проволоки в соответствии с химическим составом и механическими свойствами свариваемого материала (в основном ориентируясь по легирующим элементам) по справочной таблице 3.1.

3.3.4 Определить диаметр присадочной проволоки.

Диаметр присадочной проволоки  $d$ , мм определяют в зависимости от толщины свариваемых деталей по формулам:

для левого способа перемещения горелки и прутка,

$$d = 0,5s + 1, \quad (3.2)$$

для правого способа перемещения горелки и прутка,

$$d = 0,5s + 2,$$

где  $s$  – толщина свариваемого металла, мм.

Таблица 3.1 – Выбор присадочной проволоки

Сталь	Марка проволоки
Низкоуглеродистая	Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2
Легированная	Св-08ГС, Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-10ГН, Св-08ГСМТ, Св-15СТЮЦА, Св-20ГСТЮА, Св-18ХГС, Св-10НМА, Св-08МХ, Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХНМ, Св-08ХМФА, Св-10ХМФТ, Св-08ХГ2С, Св-08ГСМА, Св-10ХГ2МА, Св-08ГСМФА, Св-14Х2МА, Св-13МФТ, Св-08ХН2А, Св-08ХЗГ2СМ, Св-08ХМНФБА, Св-10ХН2МТ

### 3.3.5 Выбрать горелку, номер наконечника, расход ацетилена и кислорода

В зависимости от толщины свариваемых пластин определяется марка горелки, номер наконечника по таблице 3.2.

Путем интерполяции данных таблицы 3.2 определяется расход ацетилена и кислорода.

### 3.3.6 Определить технологию наложения валиков в сварном соединении.

#### 3.3.6.1 Определить количество накладываемых валиков $n$ , шт. в сварном шве по формуле:

$$n = \frac{F_{с.ш.} - F_1}{F_2} + 1, \quad (3.3)$$

где  $F_{с.ш.}$  – площадь сечения сварочного шва, мм<sup>2</sup>;

$F_1$  – площадь сечения первого валика, мм<sup>2</sup>

$$F_1 = (6-8)d_1 \text{ (мм}^2\text{)},$$

где  $d_1$  – диаметр прутка присадочной проволоки для первого валика  $d_1 = 3-4$  мм.

$F_2$  – площадь сечения второго и всех последующих валиков, мм<sup>2</sup>;

$$F_2 = (8-10)d \text{ (мм}^2\text{)},$$

где  $d$  – диаметр основной присадочной проволоки, определенный по формуле 2.

3.3.6.2 Выбрать направление перемещения горелки и присадочного прутка. Оно может быть правое и левое. Рекомендуется применять перемещение горелки влево при сварке тонкого металла толщиной не более 6 мм и перемещение горелки вправо при толщине металла свыше 6 мм (рисунок 3.1).

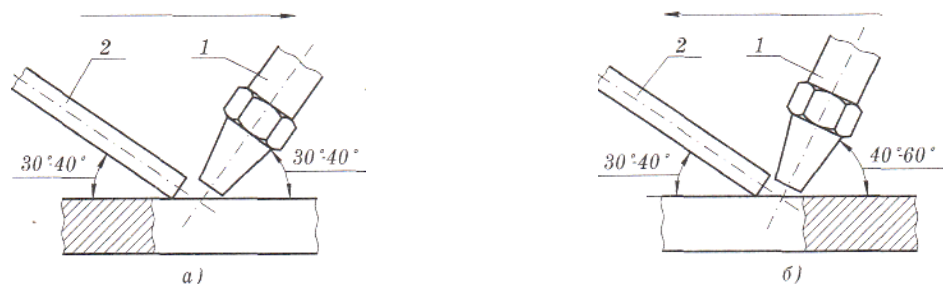


Рисунок 3.1 – Схема направления перемещения горелки и присадочного прутка а) правое направление горелки и прутка, б) левое направление горелки и прутка, 1– присадочный материал, 2 – мундштук горелки.

Таблица 3.2 – Характеристика горелок

Горелки	Распределение по номерам наконечника						
	0	1		2	3		
Горелка ГС–2(М) инжекторная малой мощности							
Толщина свариваемого металла, мм	0,2–0,7	0,5–1,5		1,0–2,5	2,5–4,0		
Давление кислорода, МПа	0,05–0,4	0,05–0,4		0,15–0,4	0,2–0,4		
Давление ацетилена, МПа	0,001	0,001		0,001	0,001		
Расход кислорода л/ч	27–80	55–135		130–260	250–440		
Расход ацетилена л/ч	25–80	50–125		120–240	230–400		
ГС–3 инжекторная, средней мощности	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла, мм	0,5–1,5	1–2,5	2,5–4,0	4–7	7–11	11–18	17–30
Давление кислорода, МПа	0,1–0,4	0,15–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4
Давление ацетилена, МПа	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Расход кислорода, л/ч	55–135	130–160	250–440	430–750	740–1200	1150–950	1900–3100
Расход ацетилена, л/ч	50–125	120–140	230–400	400–700	660–1100	1050–1750	1700–2800
ГС–4 инжекторная большой мощности	8			9			
Толщина свариваемого металла, мм	30–50			50–100			
Давление кислорода, МПа	0,2–0,4			0,2–0,4			
Давление ацетилена, МПа	0,035			0,035			
Расход кислорода л/ч	3100–5000			5000–8000			
Расход ацетилена л/ч	2800–4500			4500–7000			

3.3.6.3 Выбрать траекторию движения горелки и присадочного прутка по рисунку 5.2 в зависимости от площади сечения сварного шва, количество проходов, и необходимости большей или меньшей степени прогревания одной из деталей.

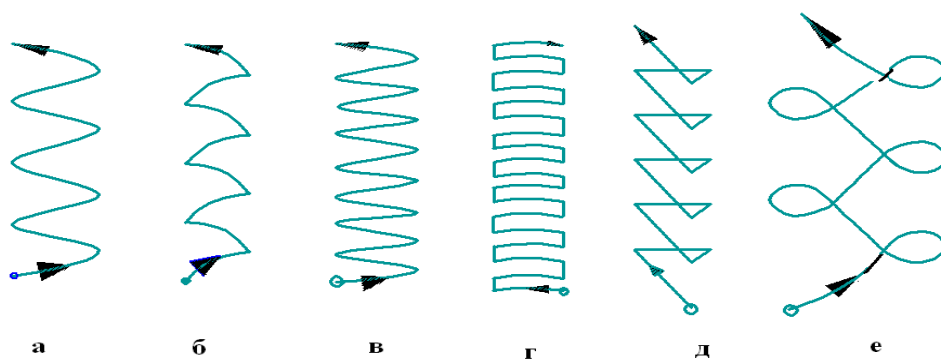


Рисунок 3.2 – Траектория движения горелки и присадочного прутка

3.3.6.4 Определить угол наклона горелки к свариваемым деталям, в зависимости от толщины металла (по справочной таблице 3.3).

Таблица 3.3 – Справочные материалы для определения угла наклона горелки

Толщина металла, мм	До 1	1–3	3–5	5–7	7–10	10–12	12–15	Свыше 15
Угол наклона горелки, град.	10	20	30	40	50	60	70	80

3.3.7 Определить расход ресурсов.

3.3.7.1 Определить массу  $G_H$ , кг наплавленного металла по формуле:

$$G_H = F_{с.ш.} \cdot L \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (3.4)$$

где  $F_{с.ш.}$  – площадь сечения сварного шва,  $m^2$  ;

$L$  – длина шва, м;

$\rho$  – плотность металла,  $кг/м^3$  (для стали  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ ).

3.3.7.2 Определить норму расхода присадочной проволоки на всю сварку (с учетом разбрызгивания, угара и отходов)  $G_{пр}$ , кг по формуле:

$$G_{пр} = (1,2 - 1,3)G_H, \text{ кг}, \quad (3.5)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, кг.

3.3.7.3 Определить машинное время сварки  $t_0$ , ч по формуле:

$$t_0 = \frac{G_H \cdot 1000}{K_H \cdot 60}, \quad (3.6)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, г;

$K_H$  – коэффициент наплавки, г/мин (в основном зависит от марки свариваемого металла и номера наконечника горелки и выбирается по справочной таблице 5.4).

3.3.7.4 Определить скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч по формуле:

$$V_{св} = \frac{L}{t_0}, \quad (3.7)$$

где  $L$  – длина шва, м ;

$t_0$  – машинное время сварки, ч.

Таблица 3.4 – Коэффициент наплавки

№ наконечника горелки	$K_H$ , г/мин			
	сталь	чугун	латунь	медь
1	4 – 6	–	–	2
2	6 – 7	3,5	6	6
3	7 – 10	6	10	12
4	13 – 14	9	16	20
5	15 – 16	12	20,5	26,5
6	17 – 18	13	23,5	30
7	18 – 21	15	27	37

3.3.7.5 Рассчитать скорость перемещения горелки с присадочным прутом в каждом проходе  $V_d$ , м/ч по формуле:

$$V_d = \frac{L}{t_0} n, \quad (3.8)$$

где  $L$  – длина шва, м;

$n$  – число проходов, шт. ;

$t_0$  – машинное время сварки, ч.

3.3.7.6 Определить общий расход ацетилен на сварку  $V_{ac}$  л по формуле:

$$V_{ac} = M_f t_0, \quad (3.9)$$

где  $M_f$  – тепловая мощность горелки, л/ч.;

$t_0$  – машинное время сварки, ч.

3.3.7.8 Определить норму расхода карбида кальция  $CaC_2$ , (необходимого для получения ацетилена)  $G_{кк}$ , кг по формуле:

$$G_{кк} = \frac{V_{ac}}{A}, \quad (3.10)$$

где  $V_{ac}$  – расход ацетилена, л ;

$A$  – выход ацетилена из 1 кг карбида кальция, л/кг ( $A = 240-280$  л/кг в зависимости от фракции  $CaC_2$ ).

3.3.7.9 Определить норму расхода кислорода (необходимого на сварку)  $V_{кc}$ . л по формуле:

$$V_{кc} = (1,10-1,25)V_{ac}, \quad (3.11)$$

где  $V_{ac}$  – расход ацетилена, л.

3.4 Выбрать ацетиленовый генератор с учетом тепловой мощности горелки по справочной таблице 3.5 (при этом производительность ацетиленового генератора должна превышать тепловую мощность газовой горелки на 15–25 %).

Таблица 3.5 – Характеристики ацетиленовых генераторов

Марка генератора	Принцип действия	Производительность, м³/ч	Рабочее давление ацетилена, МПа	Единовременная загрузка карбида кальция, кг	Масса незаряженного генератора, кг
ГВД-0,8 МГВ-0,8 АСМ-1-66	Контактный вытеснение	0,8	Менее 0,3	2	19,5 19
ГВН-1,25	Комбинированный «вода на карбид» и вытеснение	1,25	0,0025-0,003	4	42
АНВ-1-66		2,0	0,0028-0,005	4	
АНД-1-61			0,0028-0,005	7	62
ГВР-1,25М		2,0	0,015-0,02	4	54
ГВР-1,25; МЧ		1,25	0,008-0,005		
ГВР-3		3	0,015-0,02	8	110
МГ-65 ГПР-65 ГРК-10	«Вода на карбид»  «Карбид на воду»	2 35 10	0,001 0,09-0,12 0,07	3 150 25	65 750 52

3.5 Разработать комплект документов на маршрутный технологический процесс газовой сварки металлов.

Разрабатывается в соответствии с ГОСТ 3.1105-84 (форма 3, 7) и ГОСТ 3.1404-86 форма 3. Смотри приложение 3.3

**Пример.** Разработать технологический процесс газовой сварки металлов.

Смотри приложение 3.1.

### Приложение 3.1.

**Пример.**

Задание. Разработать технологический процесс газовой сварки металлов.

Исходные данные для расчета:

тип шва – С2;

толщина детали, мм – 3;

длина детали, м – 3,0;

материал – сталь 10;

предел прочности, МПа 340.

Решение:

1 Выбор формы разделки кромок свариваемых деталей.

По ГОСТ–5264–80 для типа шва С2 принимаем форму разделки кромок деталей в соответствии с рисунком 1.

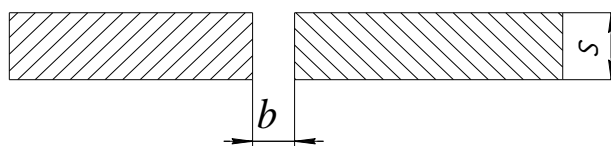
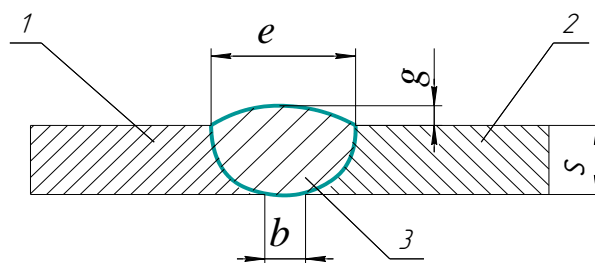


Рисунок 1 – Форма поперечного сечения подготовленных кромок деталей для сварного соединения С2 до сварки:

$s$  – толщина детали,  $b$  – расстояние между кромками деталей до сварки



а

$s = 3$  мм,  $b = 1,0-2,0$  мм,  $e = 6$  мм,  $g = 2$  мм

1, 2 свариваемые детали, 3 – сварной шов



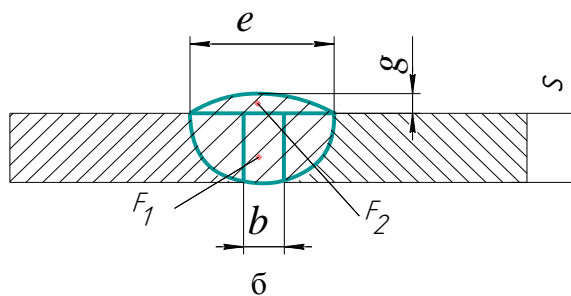


Рисунок 2– Форма поперечного сечения сварного соединения С2 после сварки:  
 $F_1$  – площадь прямоугольника,  $F_2$  – площадь сегмента

## 2 Определение площади сечения сварного шва.

Вычерчиваем на миллиметровой бумаге форму поперечного сечения сварного соединения С2 после сварки в соответствии с ГОСТ (рисунок 2 а). Выделяем в сечении сварного шва площади  $F_1$  и  $F_2$  заполняемые расплавленным электродом (рисунок 2 б). Путем подсчета в них клеточек определяем суммарную площадь этих геометрических фигур  $F_{с.ш.} = F_1 + F_2$ . Подсчеты показали, что площадь сечения  $F_{с.ш.} = 17,0 \text{ мм}^2$

Определяем площадь сечения  $F_{с.ш.}$ ,  $\text{мм}^2$ , расчетным путем по формулам:

$$F_{с.ш.} = F_1 + F_2, \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где  $F_1$  – площадь прямоугольника,  $\text{мм}^2$  ;

$F_2$  – площадь сегмента,  $\text{мм}^2$

$$F_1 = sb = 2 \times 3 = 6 \text{ мм}^2; F_2 = 2/3eg = 2/3 \times 2 \times 6 = 10,56 \text{ мм}^2;$$

$$F_{с.ш.} = F_1 + F_2 = 6 + 10,56 = 16,56 \text{ мм}^2.$$

Расчеты показывают, что площадь сечения сварного шва определенная первым и вторым методом не имеют существенных различий. Поэтому для дальнейших расчетов принимаем общую площадь сечения сварного шва  $F_{с.ш.} = 17 \text{ мм}^2$ .

## 3 Выбор марки присадочной проволоки.

Для малоуглеродистой стали 10 наиболее близкая по химическому составу является присадочная проволока марки Св–08 по таблице 5.1.

## 4 Определение диаметра присадочной проволоки.

Он зависит от толщины свариваемых деталей и для левого способа перемещения горелки и прутка определяется  $d$ , мм по формуле:

$$d = 0,5s + 1, \quad (2)$$

где  $s$  – толщина свариваемого материала, мм.

$$d = 0,5 \cdot 3 + 1 = 2,5 \text{ мм}.$$

## 5 Определение марки горелки, номера наконечника, расхода ацетилен и кислорода.

Для пластины толщиной 3 мм выбираем по таблице 5.2 инжекторную горелку ГС–3, сред-

ней мощности и с наконечником № 3.

Методом интерполяции данных таблицы 5.2 для горелки ГС–3 определяем расход ацетилена  $M_r$  (тепловую мощность), л/ч и кислорода  $O_2$  л/ч. Для этого составляем следующие пропорции:

при толщине детали 2,5 мм – расход ацетилена  $M_r$  составляет 230 л/ч;

при толщине детали 3 мм – расход ацетилена  $M_r$ , неизвестен,

$$\text{тогда } M_r = \frac{3,0 \cdot 230}{2,5} = 276 \text{ л/ч};$$

при толщине детали 2,5 мм – расход кислорода  $O_2$  составляет 250 л/ч,

при толщине 3 мм – расход кислорода  $O_2$  неизвестен,

$$\text{тогда } O_2 = \frac{3,0 \cdot 250}{2,5} = 300 \text{ л/ч}.$$

## 6 Определение технологии наложения валиков в сварном шве.

6.1 Рассчитываем количество накладываемых валиков в сварном шве  $n$ , шт. по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{сш}} - F_1}{F_2} + 1, \quad (3)$$

где  $F_{\text{сш}}$  – площадь сечения сварного шва,  $\text{мм}^2$ ;

$F_1$  – площадь сечения первого валика,  $\text{мм}^2$ ;

$$F_1 = (6-8)d_1, \text{ мм}^2,$$

$F_1$  – для первого прохода (для первого валика  $d_1 = 3-4$  мм),  $F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2$ .

$F_2$  – площадь сечения второго и всех последующих валиков,  $\text{мм}^2$ ,

$F_2 = (8-10)d$ ,  $\text{мм}^2$ ,  $d$  – диаметр присадочной проволоки, мм,  $F_2 = 8 \cdot 2,5 = 20 \text{ мм}^2$ .

$$n = \frac{16,58 - 18}{20} + 1 = 0,92 \approx 1,0 \text{ шт.}$$

Таким образом, сварной шов состоит из одного валика.

6.2 Определение направления перемещения горелки и присадочного прутка. При этом руководствуется тем, что при сварке тонкого металла толщиной не более 6 мм рекомендуется применять левое направление. В нашем задании толщина свариваемого металла составляет 3 мм, поэтому выбираем левое направление перемещение горелки и прутка (рисунок 3).

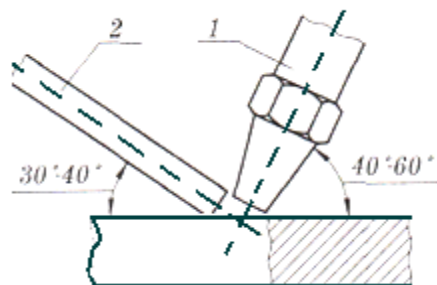


Рисунок 3 – Схема перемещения горелки и прутка (левое):

1 – горелка; 2 – электрод

6.3 Определение траектории движения горелки и присадочного прутка. Она зависит от площади сечения сварного шва, количества проходов и необходимости большей или меньшей степени прогревания свариваемого металла. Для нашего случая выбираем траекторию движения горелки и прутка в соответствии с рисунком 4.



Рисунок 4 – Траектория движения горелки и прутка

6.4 Определение угла наклона горелки к свариваемым деталям.

Он зависит от толщины металла. В нашем случае угол наклона горелки принимаем равным  $20^\circ$  (рисунок 5).

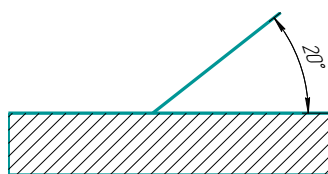


Рисунок 5 – Угол наклона горелки и прутка

7 Определение расхода материальных и энергетических ресурсов.

7.1 Определение массы наплавленного металла.

Масса наплавленного металла  $G_n$ , кг рассчитываем по формуле:

$$G_n = F_{с.ш.} \cdot L \cdot \rho, \quad (4)$$

где  $L$  – длина шва, м;

$F_{с.ш.}$  – площадь сечения сварного шва,  $m^2$ ;

$\rho$  – плотность металла,  $kg/m^3$  (для стали  $\rho = 7800 kg/m^3$ ).

$$G_n = 0,000017 \times 3 \times 7800 = 0,39 \text{ кг.}$$

7.2 Определение массы присадочной проволоки.

Расход присадочной проволоки на всю сварку  $G_{пр}$ , кг (с учетом разбрызгивания, угара, отходов) рассчитываем по формуле:

$$G_{пр} = (1,2-1,3) G_n, \quad (5)$$

где  $G_{пр}$  – расход присадочной проволоки на сварку, кг.

$$G_{пр} = 1,2 \cdot 0,39 = 0,46 \text{ кг.}$$

7.3 Определение машинного времени сварки.

Машинное время сварки  $t_0$ , ч рассчитываем по формуле:

$$t_0 = \frac{G_n \cdot 1000}{K_n \cdot 60}, \quad (6)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, кг;

$K_H$  – коэффициент наплавки, г/мин (величина  $K_H$  зависит в основном от марки свариваемого металла и номера наконечника горелки; по таблице 4 для нашего случая принимаем коэффициент наплавки  $K_H = 7$  г/мин.),

$$t_0 = \frac{0,39 \cdot 1000}{7 \cdot 60} = \frac{390}{420} = 0,92 \text{ ч.}$$

#### 7.4 Определение скорости сварки.

Скорость сварки  $V_{св.}$ , м/ч рассчитываем по формуле:

$$V_{св} = \frac{L}{t_0}, \quad (7)$$

где  $L$  – длина шва, м;

$t_0$  – машинное время сварки, ч.

$$V_{св.} = \frac{3,0}{0,92} = 3,26 \text{ м/ч.}$$

#### 7.5 Определение скорости перемещения горелки и прутка.

Скорость перемещения горелки с присадочным прутком в каждом проходе  $V_d$ , м/ч рассчитываем по формуле:

$$V_d = \frac{L}{t_0} n, \quad (8)$$

где  $L$  – длина шва, м;

$t_0$  – машинное время сварки, ч;

$n$  – число проходов, шт.

$$V = \frac{3,0}{0,92} \cdot 1 = 3,26 \text{ м/ч.}$$

#### 7.6 Определение расхода ацетилена.

Расход ацетилена на всю сварку  $V_{ац.}$ , л рассчитываем по формуле:

$$V_{ац} = M_r t_0, \quad (9)$$

где  $M_r$  – тепловая мощность горелки, л/ч.;

$t_0$  – машинное время сварки, ч.

$$V_{ац} = 276 \cdot 0,92 = 253,9 \text{ л.}$$

#### 7.7 Определение расхода карбида кальция.

Расход карбида кальция, необходимого для получения ацетилена  $G_{кк}$ , кг рассчитываем по формуле:

$$G_{кк} = \frac{V_{ац}}{A}, \quad (10)$$

где  $V_{ац}$  – расход ацетилена, л;

$A$  – выход ацетилена из 1 кг карбида кальция, л/кг ( $A = 240$ – $260$  л/кг в зависимости от фракции карбида кальция; принимаем  $A = 250$  л/кг).

$$G_{kk} = \frac{253,9}{250} = 1,0 \text{ кг}.$$

7.8 Определение расхода кислорода.

Расход кислорода, необходимого на всю сварку  $V_{kc}$ , л рассчитываем по формуле:

$$V_{kc} = (1,10-1,2)V_{ac}, \quad (11)$$

где  $V_{ac}$  – расход ацетилена, л.

$$V_{kc} = 1,10 \cdot 253,9 = 279 \text{ л}.$$

7.9 Выбор оборудования для газовой сварки.

По справочной таблице 5.5 выбираем генератор ГВД–08 (производительность  $0,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ , рабочее давление  $0,3 \text{ МПа}$ , масса незаряженного генератора,  $19,5$ ), с учетом того, что его производительность должна превышать тепловую мощность газовой горелки на  $15-25\%$ .

7.10 Разработка комплекта документов на маршрутный технологический процесс газовой сварки металлов.

Разработан в соответствии с ГОСТ 3.1105-84 (форма 3, 7) и ГОСТ 3.1404-86 форма 3 с учетом выполненных расчетов.

Смотри приложение 5.3

Выводы.

1 Освоили методику разработки технологического процесса газовой сварки металла. При этом научились рассчитывать оптимальные параметры режима газовой сварки металла для конкретных условий, выбирать оборудование и принадлежности для рабочего места сварщика.

2 Для сварки детали толщиной  $3 \text{ мм}$  и длиной шва  $3 \text{ м}$  выбрали горелку средней мощности ГС–3, с наконечником № 3, а также генератор ГВД–0,8. При этом необходимо  $300$  литров ацетилена,  $330$  литров кислорода и  $0,53 \text{ кг}$  присадочной проволоки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Материаловедение» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко, С.А. Вологжанина. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2013. – 208 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38834](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38834).

2. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012. - 148с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.

3. Ржевская, С.В. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебник. – Электрон. дан. – М. : Горная книга, 2005. – 447 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3217](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3217).

4. Богодухов С.И. Курс материаловедения в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богодухов С.И., Синюхин А.В., Козих Е.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2010.— 352 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5121>.

Электронно–библиотечные системы библиотеки, используемые в Кубанском ГАУ  
Информационно–телекоммуникационные ресурсы сети «Интернет»:

1. Зарембо Е.Г. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное иллюстрированное пособие/ Зарембо Е.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009.— 49 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16216>.

2. Сазонов К.Е. Материаловедение [Электронный ресурс]: руководство к лабораторным работам/ Сазонов К.Е.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17932>.

3. Спицын, И.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Раздел: «Обработка материалов резанием» : рабочая тетрадь для выполнения лаб. работ / А.А. Орехов, И.А. Спицын .— Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – 40 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rucont.ru/efd/292798>.

4. Мельников, А. А. Материаловедение. Конспект лекций. Ч. 1. Материаловедение и термическая обработка [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), А. А. Мельников. – Самара : Изд-во СГАУ, 2011. – 65. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rucont.ru/efd/230134>.

**Методические указания**  
по расчетно-графическим работам и самостоятельной работе  
для обучающихся по очной и заочной форме обучения по направлению  
подготовки «Строительство»

*Составители:* Чеботарёв Михаил Иванович, Тарасенко Борис Фёдорович  
Карпенко Владимир Денисович, Горовой Сергей Алексеевич

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_  
Усл. печ.л. – 5,1. Уч. изд. л. – 3,3  
Тираж \_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Типография  
Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина,13