

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический универси-  
тет»

Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики профессиональ-  
ного обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой МСП

\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОРПУСА  
БАРАБАНА МОСТОВОГО КРАНА**

Пояснительная записка к дипломной работе  
направления подготовки 051000.62 Профессиональное обучение  
(по отраслям)

профиля Машиностроение и материалобработка  
профилизации Технологии и технологический менеджмент  
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР: 557

Исполнитель:

студент группы ЗСМ-404С

*подпись*

А.В. Разуев

Руководитель:

доц., канд. техн. наук

*подпись*

Л.Т.Плаксина

Нормоконтролер:

ст. преподаватель

*подпись*

Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2018

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа выполнена на \_\_\_ страницах, содержит \_\_\_ рисунка, \_\_\_ таблиц, \_\_\_ источников литературы, а также \_\_\_ приложения на \_\_\_ страницах.

Ключевые слова: КОРПУС БАРАБАНА МОСТОВОГО КРАНА, УРАЛМАШЗАВОД, УСТАНОВКА ДЛЯ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

Объектом проекта является корпус барабана мостового крана из стали 10ХСНД.

Проблема: высокая стоимость изготовления изделия и недостаточная автоматизация.

В дипломной работе произведены расчеты автоматической аргонодуговой сварки. Определена последовательность сборки и сварки изделия. Подобраны сварочные материалы: автоматической сварка под флюсом, выбрана проволока Св –10ГА и подобран флюс АН-348А.

Выполнены расчёты экономической эффективности спроектированной технологии изготовления корпуса барабана мостового крана.

Разработана учебная программной документации для переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», с участием которых возможна реализация спроектированной технологии в условиях промышленного предприятия.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1 Техническая характеристика изделия .....	7
1.1 Назначение изделия и условия эксплуатации .....	7
1.2 Характеристика материала .....	8
1.3 Свариваемость материала .....	9
1.4 Особенности конструкции материала .....	10
2 Базовая технология сборки и сварки обечаек .....	12
2.1 Заготовительное производство .....	12
2.2 Тип сварного соединения .....	12
2.3 Сварочные материалы .....	13
2.4 Режимы сварки .....	14
2.5 Сварочное оборудование .....	14
2.6 Послесварочная термообработка .....	16
2.7 Неразрушающий контроль .....	16
2.8 Послесварочная механообработка .....	16
2.9 Операционное описание технологии .....	16
2.10 Анализ базовой технологии .....	19
2.11 Выбор и обоснование способа автоматической сварки .....	20
3 Разработка технологии сварки .....	22
3.1 Заготовительное производство .....	22
3.2 Выбор типа соединения .....	22
3.3 Выбор сварочных материалов .....	24
3.4 Сборка обечаек .....	25

3.5	Режимы для прихваток.....	26
3.6	Расчет режимов для автоматической сварки под флюсом.....	26
3.7	Послесварочные операции.....	30
3.8	Контрольные операции .....	30
3.9	Операционное описание технологии .....	33
4	Установка для сварки.....	38
4.1	Сварочная колонна .....	38
4.2	Стенд роликовый .....	40
4.3	Сварочная головка.....	40
4.4	Сварочный полуавтомат .....	43
5	Экономические показатели.....	44
5.1	Расчет себестоимости базового варианта .....	44
5.2	Расчет себестоимости проектного варианта .....	48
5.3	Расчет экономической эффективности .....	50
6	Методическая часть .....	53
6.1	Сравнительный анализ Профессиональных стандартов .....	54
6.2	Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» .....	60
6.3	Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология» .....	61
6.4	Разработка плана - конспекта урока .....	62
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	

## ВВЕДЕНИЕ

Сварка, процесс получения неразъемного соединения деталей машин, конструкций и сооружений при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или при совместном действии того и другого в результате установления межатомных связей в месте их соединения. Сваривают детали из металлов, керамических материалов, пластмасс, стекла и др. Существуют способы сварки, при которых материал расплавляется (дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменная, лазерная, газовая и др.), нагревается и пластически деформируется (контактная, высокочастотная, газопрессовая и пр.) или деформируется без нагрева (холодная, взрывом и др.); способ диффузионного соединения в вакууме. Различают также сварки: по виду используемого источника энергии - дуговая, газовая, электронно-лучевая и др.; по способу защиты материала - под флюсом, в защитных газах, вакууме и др.; по степени механизации - ручная, полуавтоматическая и автоматическая.

Для изготовления корпуса барабана мостового крана до сих пор используется метод механизированной сварки. Для оптимизации производственного процесса, что в итоге приведет к улучшению качества и увеличению экономических показателей, необходимо использовать более современные методы сварочного процесса, например метод автоматической сварки под слоем флюса. В данной работе мы рассмотрим и обоснуем переход от метода механизированной сварки (базовый метод) к методу автоматической сварки под слоем флюса (проектируемый метод).

*Объектом* разработки является технология изготовления металлоконструкций.

*Предметом* разработки является процесс сборки и сварки корпуса барабана мостового крана.

*Целью* дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления корпуса барабана мостового крана использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант изготовления корпуса барабана мостового крана;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки корпуса барабана мостового крана;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для автоматической сварки под слоем флюса.

# 1 Техническая характеристика изделия

## 1.1 Назначение изделия и условия эксплуатации

Грузовые барабаны основной элемент тяговых и грузоподъемных механизмов, которые используются для намотки тягового каната и применяются на крановых грузовых тележках, а также на лебедках различных видов (маневровых, монтажных, крановых), монтажно-тяговых механизмах.

Современное производство требует изготовление грузовых барабанов мостовых кранов для работы в строительстве, металлургической, горнодобывающей и атомной промышленности, а также на объектах повышенной опасности и в сложных климатических условиях.



Рисунок – 1 Барабан мостового крана

Грузовые барабаны, производимые на нашем предприятии, делятся на типы:

- нарезные
- гладкие

- фрикционные

Грузовые барабаны или крановые барабаны производства компании ПАО «Уралмашзавод» обеспечат качественной и надежной работой грузоподъемное оборудование. Поставляют следующие виды крановых барабанов в сборе:

- с левой или правой нарезкой канавок
- с многослойной навивкой каната
- с однослойной навивкой каната

Грузовой или крановый барабан изготавливается из трубы, литой заготовки или обечайки. На нашем производстве чаще всего в качестве заготовки барабана используется обечайка, при этом заготовка может состоять из нескольких частей и иметь диафрагму для усиления конструкции. В дальнейшем на обечайку с помощью сварки привариваются фланцы, на которые болтами прикрепляются ступицы, в которых запрессован вал. Для соединения редуктора с барабаном используется зубчатый венец или зубчатая ступица.

На все изготовленные грузовые барабаны мостовых кранов предоставляется паспорт изделия, куда входят следующие документы:

- Сборочный чертеж
- Руководство по эксплуатации
- Акты, подтверждающие проведение контроля сварных швов
- Копии сертификатов на материалы, которые применялись в процессе изготовления изделия
- Разрешения Ростехнадзора
- Свидетельство о производственной аттестации технологии сварки

На всю продукцию предоставляется гарантия.

## 1.2 Характеристика материала



Материал изделия – конструкционная низколегированная сталь 10ХСНДГОСТ 19281-89. Используется для изготовления ответственных крупногабаритных сварно-литых и литых конструкций, деталей машин.

Химический состав и механические свойства в соответствии с ГОСТ 19281-89 приведены в таблицах 1.1 и 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 – Химический состав материала 10ХСНД, %

Химический элемент	Процентное содержание
C, %	0,10
Si, %	0,8-1,1
Mn, %	0,5-0,8
Ni, %	0,5-0,8
S, %	До 0,04
P, %	До 0,035
Cr, %	0,6-0,9
V, %	До 0,12
Cu, %	0,4-0,6

Таблица 1.2 – Механические свойства материала 10ХСНД

Сортамент	ГОСТ	Размеры – толщина, диаметр мм	Термообработка	KCU Дж/см <sup>2</sup>	Ψ %	δ <sub>5</sub> %	σ <sub>T</sub> Мпа	σ <sub>B</sub> Мпа
Листовой прокат	19281-89	до 100	Нормализация 900–920 <sup>0</sup> С. Отпуск 630–650 <sup>0</sup> С	50	30	19	400	540

где KCU – ударная вязкость, кДж/мм<sup>2</sup>;

Ψ – относительное сужение, %;

δ<sub>5</sub> – относительное удлинение при разрыве, %;

σ<sub>B</sub> – предел прочности, Мпа;

σ<sub>T</sub> – предел текучести, Мпа.

### 1.3 Свариваемость металла

Оценка склонности к горячим трещинам основного металла рекомендуется по эквиваленту Уилкинсона[1]:

$$HCS = \frac{(C * (S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100})) * 1000}{3 * Mn + Cr + Mo + V} \quad (1)$$

Для расчета принимается среднее содержание элементов в металле по ГОСТ 19281-89.

$$HCS = \frac{(0,10 * (0,04 + 0,035 + \frac{0,95}{25} + \frac{0,65}{100})) * 1000}{3 * 0,70 + 0,80 + 0,12} = 3,96$$

Стальнесклонна к горячим трещинам, так как  $HCS > 4,0$ .

Оценка к холодным трещинам выполняется по эквиваленту углерода [2]:

$$C_{\text{эКВ}} = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Cu/13 + V/14 + P/2 \quad (2)$$

Для расчета принимается среднее содержание элементов в металле по ГОСТ 19281-89.

$C_{\text{эКВ}} = 0,10 + 0,70/6 + 0,95/24 + 0,65/40 + 0,80/5 + 0,5/13 + 0,12/14 + 0,035/2 = 0,51$  – сталь при определенных конструктивно-технологических условиях склонна к образованию холодных трещин т.к.  $C_{\text{эКВ}} = (0,45 \dots 0,60 \%)$ .

Расчет температуры предварительного подогрева по методике Д.Сефериана [1]:

$$360C_x = [360C + 40(Mn + Cr) + 20Ni + 28Mo] \quad (3)$$

$$C_x = [360 * 0,10 + 40(0,70 + 0,80) + 20 * 0,65 + 0] / 360 = 0,30$$

$$C_p = C_x * (1 + 0,005 * \delta) \quad (4)$$

где  $\delta$  – толщина детали, мм

$$C_p = 0,30 * (1 + 0,005 * 90) = 0,43$$

$$[C] = C_x + C_p \quad (5)$$

$$[C] = 0,30 + 0,43 = 0,73$$

$$T_o = 350 * \sqrt{[C] - 0,25} \quad (6)$$

$$T_o = 350 * \sqrt{0,73 - 0,25} = 242^\circ\text{C}.$$

Примем  $T_{\text{под}} = 242^\circ\text{C}$ .

#### 1.4 Особенности конструкции и материала

Основная сложность заключается в выполнении сварных швов для соединения трех обечаек большой толщины.

Деталь имеет следующие конструктивные особенности:

- 1) Для соединения используются кольцевые швы длиной 7980мм.
- 2) Толщина обечаек 90мм.

Материал имеет следующие особенности:

- 1) Склонность к холодным трещинам.

Большая толщина заготовок способствует быстрому охлаждению ЗТВ при сварке, что может привести к трещинообразованию.

## 2. Базовая технология сборки и сварки обечаек

В базовой технологии используется механизированная сварка в защитных газах.

### 2.1 Заготовительное производство

Поставляются 3 листа размерами 8000x1500x90 мм. Листы очищаются на линии Гутман, после очистки заготовок

После очистки заготовок, механообработкой выполняется снятие двухсторонней X-образной фаски по торцам.

При помощи вальцовочной установки, вальцуем данные листы в обечайки, для дальнейшей сборки и сварки.

### 2.2 Тип сварного соединения.

Применяется соединение С25 ГОСТ 14771. Конструктивные элементы подготовленных кромок на рисунке 1, конструктивные элементы шва сварного соединения на рисунке 2. Размеры конструктивных элементов таблица 2.2.1.

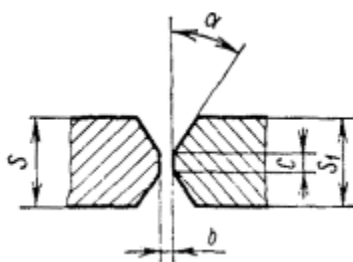


Рисунок 2– Конструктивные элементы подготовленных кромок

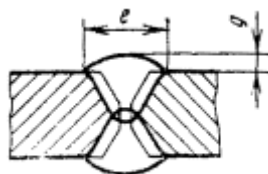


Рисунок 3– Конструктивные элементы сварного шва

Таблица 2.2.1 – Размеры конструктивных элементов сварного шва подготовленных кромок

S, мм	b, мм		c, мм		e, мм		g, мм		α, °	
	Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.
90	2	+2 -1	2	+1 -2	40	±5	2	+1, -2	20	±2

Площадь сечения наплавленного металла вычисляется по формуле:

$$F = Sb + 0,5(S-c)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1,50 \cdot e \cdot g \quad (7)$$

где S – толщина свариваемого металла мм<sup>2</sup>;

α – угол разделки кромок °;

c – притупление мм;

e – ширина шва мм;

g – усиление шва мм.

$$F = 90 \cdot 2 + 0,5 \cdot (90 - 2)^2 \cdot \operatorname{tg} 20 + 1,50 \cdot 40 \cdot 2 = 1694 \text{ мм}^2. (3049 \text{ мм}^2)$$

### 2.3 Сварочные материалы

Сварочная проволока Св 08Г2С Ø1,2 мм. Химический состав в соответствии с сертификатом поставщика приведен в таблице 2.3.1, механические свойства в таблице 2.3.2. ГОСТ 2246-70.

Таблица 2.3.1 – Химический состав проволоки Св 08Г2С

C,%	Mn,%	Si,%	P,%	S,%	Cu,%
0.05-0.08	1.80-1.95	0.70-0.95	Не более 0.025	Не более 0.020	Не более 0.25

Таблица 2.3.2 – Механические свойства проволоки Св 08Г2С

Предел текучести, Мпа	Предел прочно- сти, Мпа	Удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
400	510	22	47 при -20°С 43 при -60°С

В качестве защитного газа применяется смесь Каргон 20, содержащая в качестве основного газа Ar 80%, в качестве компонента CO<sub>2</sub> 20%.

## 2.4 Режимы сварки

Режимы для сварки указаны в таблице 2.4.1.

Таблица 2.4.1 – Режимы для сварки обечаек

Шов, №	Положение шва в про- странстве	Длина шва, м	Общее число прохо- дов	№ зо- ны	Количе- ство про- ходов в зоне	Свароч- ный ток, А	Напряжение дуги, В
1	Нижнее	7,9	42	корень шва	2	180-220	22-25
				после- дующие швы	40	330-370	30-33

## 2.5 Оборудование для сварки

Полуавтомат сварочный FroniusTransSteel 5000 с поддержкой ручной дуговой сварки используется для выполнения прихваток и основных швов. Технические характеристики аппарата приведены в таблице 2.5.1.

Таблица 2.5.1 – Технические характеристики FroniusTransSteel 5000

Параметры	Значения
-----------	----------

Вес, кг	32,5
Ширина, мм	300
Высота, мм	497
Длина, мм	747
Частота сети, Гц	50-60
Сетевой предохранитель, А	35
Напряжение холостого хода, В	65
Сетевое напряжение, В	3*400/460
Диапазон рабочего напряжения	14.5-39.5
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	360/100
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	500/40
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	420/60
Максимальный сварочный ток, А	500
Минимальный сварочный ток, А	10

Для установки и вращения обечаек используются роликовые опоры ОВРП-20. Технические характеристики приведены в таблице 2.5.2.

Таблица 2.5.2 – Технические характеристики роликовых опор ОВРП-20

Параметры	Значения
Диаметр свариваемых изделий, мм	400-4600
Рабочая скорость мм/мин	100-1000
Маршевая скорость м/мин	13
Диаметр роlikоопор, мм	410
Мощность, кВт	2*0,37

## 2.6 После сварочная термообработка

После сварки конструкция подвергается отпуску при 520-580<sup>0</sup>С и выдерживается в течение 10 часов. Изделие охлаждается вместе с печью до температуры 300<sup>0</sup>С. Затем охлаждение выполняется на воздухе.

## 2.7 Неразрушающий контроль

В качестве неразрушающего контроля применяется ультразвуковой эхо-импульсный метод и магнитно – порошковый метод.

## 2.8 Механообработка

После сварки выполняется механическая обработка для обеспечения требуемых размеров, конусности, шероховатости изделия.

## 2.9 Операционное описание технологии

### 005 Сборка на плите или стеллажах

Изготовить согласно размерам и требованиям чертежа с учетом допуска на механическую обработку и естественной усадки металла при сварке (1 мм на 1 м конструкции, в стыках 1,5 мм на 1 стык). При сборке обеспечить взаимную соосность стыкуемых обечаек. При сборке обеспечить гарантированный равномерный зазор по всему периметру сопряжения элементов не менее 2 мм. Допускается для обеспечения зазора установка кусков сертифицированной проволоки диаметр 3 мм.

Прихватить детали в местах будущих швов проволокой Св-08Г2С диаметр 1,2 мм, имеющими сертификат качества НАКС.

Прихватить с предварительным подогревом 150-200<sup>0</sup>С. Температуру подогрева контролировать на расстоянии 50 мм от оси шва – пирометром.

### 010 Контрольная

ТК проверить:



- размеры согласно требованиям чертежа с учетом припуска на механическую обработку;
- количество и качество прихваток внешним осмотром и измерениями (расположение и размеры);
- состояние и чистоту поверхности свариваемых кромок и прилегающей к ней зоны (отсутствие окалины, ржавчины и других загрязнений);
- температуру предварительного подогрева на расстоянии 50 мм от оси шва 150-200 °С;
- наличие сертификата на сварочные материалы для прихватки – с одобрением НАКС, для сварки – со знаком соответствия европейскому стандарту (EN).

#### 015 Сварка механизированная в смеси газов

Все сварочные материалы должны иметь сертификат качества со знаком соответствия европейскому стандарту (EN).

Выполнять сварку с местным предварительным подогревом до 150-200°С. Температуру подогрева контролировать на расстоянии 50 мм от оси шва – термопарой. Температура подогрева не должна превышать 200°С в зоне сварного шва. Варить сварщику не ниже 5 разряда, имеющему удостоверение установленного образца п/а сваркой в смеси газов сварочной проволокой Св 08Г2С диаметр 1,2 мм с соблюдением числа проходов и режимов сварки, с постепенным заполнением фаски с послойной зачисткой и контрольным осмотром. Сварку выполнить обратноступенчатым способом, длина ступени от 0,3 до 0,5 м встречными участками.

Для обеспечения медленного остывания после сварки стыки накрыть асбестовым полотном.

После сварки сварщику зачистить: сварной шов от шлака и брызг наплавленного металла, околошовную зону термического влияния (не менее 5 мм) от брызг.

Сварку и зачистку предъявить ТК.

#### 020 Зачистка под магнитно-порошковую дефектоскопию (МПД)

Выборку корневых валиков зачистить для МПД контроля.

Подготовка поверхности под контроль МПД должна быть предъявлена ТК.

025 Неразрушающий контроль

Контроль МПД производят аттестованные специалисты. ТК занести результаты контроля в предъявку и операционную карту.

030 Зачистка после сварки

Рубщику зачистить: брызги на изделии и швы от неровностей.

035 Зачистка под ультразвуковой контроль (УЗК)

Сварные швы согласно требованиям чертежа и околошовную зону зачистить для контроля УЗК.

Подготовка поверхности должна быть предъявлена ТК с отметкой в предъявке.

040 Зачистка под МПД

Сварные швы после получения положительных результатов УЗК зачистить для МПД контроля.

Подготовка поверхности под контроль МПД должна быть предъявлена ТК с отметкой в предъявке.

045 Правка

1. При необходимости править нагретым газовым пламенем.
2. Разметить припуск на механообработку.

050 Неразрушающий контроль

Контроль сварных швов МПД и УЗК производят аттестованные специалисты до и после термообработки с дробеструйной очисткой узла. ТК занести результаты контроля в предъявку и операционную карту.

055 Маркировка м/к

Замаркировать согласно ТТ чертежа и сдать ТК.

060 Контрольная окончательная

ТК проверить с отметкой в предъявке:

а) размеры согласно требований чертежа с учетом припуска на механо-обработку – замером;

б) качество сварки – внешним осмотром и измерениями и по результатам неразрушающих видов контроля;

в) наличие припуска на механообработку – по разметке;

г) температуру предварительного подогрева при сборке/прихватке/сварке – пирометром;

д) отсутствие видимых повреждений и деформаций на обработанных поверхностях – визуальным осмотром;

е) наличие квалификационного удостоверения у сварщика установленного образца, клеймение сварных швов, наличие сертификата на сварочные материалы.

#### 070 Неразрушающий контроль

После термообработки и дробеструйной очистки проверить:

а) отсутствие во внутренних полостях дроби и других инородных предметов;

б) сварные швы визуальным осмотром на отсутствие визуальных дефектов.

Удаление временных технологических элементов производится после полного остывания узла без повреждения основного металла кислородной или воздушнодуговой резкой, с последующей зачисткой заподлицо с основным металлом до удаления следов резки механическим способом. Зачистку мест реза предъявить ТК с отметкой в предъявке. Зарезывыхваты и другие повреждения основного металла не допускаются.

## 2.10 Анализ базовой технологии

Базовая технология механизированной сварки в защитных газах обечаек имеет ряд недостатков.

Главным является влияние человеческого фактора на качество сварных соединений вследствие низкой автоматизации труда. Это несет в себе боль-

шую вероятность появления дефектов соединений и как следствие дорогостоящий ремонт. Автоматизация позволит получать более качественные соединения.

При выборе X образного соединения в базовой технологии возникает большая вероятность появления трещины в корне шва. А это несет за собой дорогостоящий ремонт изделия.

Необходимость защиты от светового и теплового излучения дуги.

Экономические затраты при массовом производстве выше вследствие оплаты дорогостоящего труда сварщиков соответствующей квалификации, а также затрат на защитный газ.

Автоматизация сварки обечаек позволит:

- а) повысить качество соединений;
- б) сократить экономические затраты на производство.

## 2.11 Выбор и обоснование способа автоматической сварки

Основанием для выбора служат конструкционные особенности изделия и особенности материала.

Деталь имеет следующие конструкционные особенности:

- а) Для соединения используются кольцевые швы длиной 7700 мм;
- б) Толщина детали 90 мм;
- в) Длина детали 7980 мм;

Сталь 10ХСНД склонна к образованию холодных трещин.

Деталь имеет большую толщину и массивна, что несет в себе основную трудность. Здесь характерно быстрое охлаждение при сварке. Будет необходим подогрев. Выполнение кольцевых швов подразумевает вращение изделия.

Для сварки такого типа изделий чаще всего используются 3 способа: сварка в защитных газах, сварка под слоем флюса и электрошлаковая сварка.

Дуговая сварка в защитных газах. Данный способ позволит получить качественное соединение. Газ защитит зону сварки, а подбор сварочной про-

волоки обеспечит получение состава металла шва близкого к основному металлу. Главным преимуществом является возможность сварки в разных пространственных положениях, что невозможно при сварке под флюсом и электрошлаковой. Возможно соединение металлов больших толщин. А также, способ легко механизуемый.

Недостатком является необходимость защиты от светового и теплового воздействия дуги.

Электрошлаковая сварка. Обеспечивает качественное формирование шва. Слой флюса защищает шов от воздействия внешней среды. Возможно дополнительное легирование металла с помощью флюса. Главным преимуществом по отношению к предыдущему способу является то, что флюс способствует более медленному охлаждению зоны сварки. В условиях, когда необходимо замедлить охлаждение, это является важным фактором. Стоит отметить и большую производительность данного способа. Способ легко механизуемый. Возможность за один проход сваривать детали большей толщины.

Недостатком является возможность сварки только в вертикальном пространственном положении. Необходимо вращать заготовку вокруг оси. Необходимость предварительного подогрева кромок свариваемого изделия, сложной высокотемпературной термообработки изделия после сварки. Недопустимо вынужденно останавливать процесс сварки, так как это приводит к образованию дефектов в шве, которые нельзя удалить.

Сварка под флюсом. В отличие от электрошлаковой сварки выполнение швов возможно только в нижнем пространственном положении. Нет сложной высокотемпературной термообработки изделия после сварки. Применение более простой оснастки.

На основании приведенного выше сделаем вывод об использовании способа дуговой сварки под флюсом. Этот способ легко механизуемый. Обеспечит требуемые технологические характеристики шва и будет экономически выгодным.

## 3 Разработка технологии сварки

На этапе разработки технологии необходимо выбрать оптимальный тип соединения и параметры режима. Тип соединения выбирается из технологических особенностей изделия. При разработке режима необходимо учесть особенности металла. Назначить дополнительные технологические приемы для получения требуемого соединения.

### 3.1 Заготовительное производство

Корпус барабана включает в себя 3 детали-обечайки. Эти детали получают путем вальцевания листов с последующей сваркой и механообработкой.

Таким образом, заготовительные операции можно разделить на 6 этапов:

- 1) очистка поставляемых листов на линии гутман;
- 2) обработка кромок стыков листов под вальцовку;
- 3) вальцовка обечаек;
- 4) обработка кромок стыков готовой обечайки под сварку;
- 5) термообработка;
- 6) контроль.

Разделку под сварку выполняют механообработкой. Требуемые конструктивные размеры кромок выполняют стационарным фаскоснимателем.

### 3.2 Выбор типа соединения

В данной технологии будет использоваться тип соединения С40 ГОСТ 8713-79, U – образная разделка с подварочным швом.

U– образное соединение применяется в связи со склонностью металла к трещинообразованию. Такая разделка обладает меньшим количеством концентраторов напряжения, чем Y, V– образная.

Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых элементов представлены на рисунке 5, конструктивные элементы сварного шва

на рисунке 4 Размеры конструктивных элементов представлены в таблице 3.2.1.

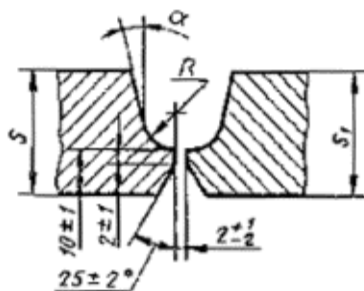


Рисунок 4– Конструктивные элементы подготовленных кромок.

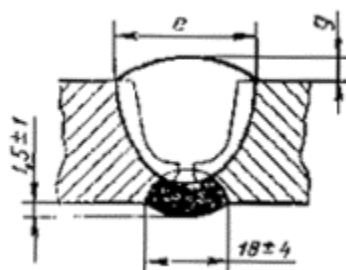


Рисунок 5– Конструктивные элементы сварного шва.

Таблица 3.2.1 – Размеры конструктивных элементов

S=S <sub>1</sub> , мм	c±1, мм	R, мм	e, мм		e <sub>1</sub> ±4, мм	g, мм		α°±2
			ном.	Пред. Откл.		Ном.	Пред. Откл.	
90	2	8	58	10	18	2,5	+1,5 -2,0	10

Площадь сечения наплавленного металла вычисляется по формуле:

$$F=Sb+1,57 \cdot R^2+2R(h-R)+(h-R)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha+(S-c-h)^2 \operatorname{tg} b+0,75 \cdot (e \cdot g+e_1 g_1) \quad (8)$$

где S – толщина свариваемого металла мм<sup>2</sup>;

α – угол разделки кромок °;

e – ширина шва мм;

g – усиление шва мм.

R – радиусскругления мм;

$$F=90*2+0,5*(90-2)^2 *tg20+1,50*40*2=1694 \text{ мм}^2.$$

Сечение базовой разделки.

$$F=90*2+1,57*8^2+28*(80-8)+(80-8)^2*0,18+(90-2-80)^2*0,46+0,75*(58*2,5+18*1,5)=2524 \text{ мм}^2.$$

### 3.3 Выбор сварочных материалов

Для получения равнопрочного соединения и обеспечения одинаковых химических и технологических свойств выбираем сварочную проволоку Св-10ГА. Химический состав в соответствии с ГОСТ 2246-70 приведен в таблице 3.3.2, механические свойства таблица 3.3.3

Таблица 3.3.2 – Химический состав Св-10ГА

Химический элемент	Процентное содержание
C, %	Не более 0,12
Si, %	Не более 0,06
Mn, %	1,1 – 1,4
Ni, %	Не более 0,30
S, %	Не более 0,025
P, %	Не более 0,030
Cr, %	Не более 0,20

Таблица 3.3.3 – Механические свойства Св-10ГА

КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	47
Ψ, %	25
δ <sub>5</sub> , %	22
σ <sub>Т</sub> , Мпа	630
σ <sub>В</sub> , Мпа	580

Склонность проволоки к образованию холодных трещин оценивается по эквиваленту углерода по формуле (2):

$$C_{\text{эКВ}}=0,12+1,25/6+0,06/24+0,3/40+0,20/5+0,030/2=0,53$$



При определенных конструктивно-технологических условиях возможно появление холодных трещин. Следовательно, необходим подогрев перед сваркой.

Флюс обеспечивает защиту зоны сварки. Также возможно дополнительное легирование сварного шва. Флюс выбирается по рекомендации [3].

С данной проволокой применяется флюс АН-348А. Этот флюс обеспечивает высокие технологические свойства шва. Легко отделяется от сварного шва. Что позволяет экономить время на зачистке. Перед сваркой флюс необходимо прокалить.

Химический состав в соответствии с ГОСТ 9087-81 приведен в таблице 3.3. 4.

Таблица 3.3.4– Химический состав флюса АН-348А

Химический элемент	Процентное содержание
MnO, %	31 –38
CaO, %	До 12,0
MgO, %	до 7,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	до 13,0
CaF <sub>2</sub> , %	3,0 – 6,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,5-2,2
PиS, %	до 0,12

### 3.4 Сборка обечаек

Сборка производится на роликовом стенде.

Перемещение заготовок и изделия выполняется краном грузоподъемностью не менее 25 т.

Для предотвращения смещения стыков заготовок применяется наружный звенный центратор ЦЗН рисунок 6.



Рисунок 6–Центраторзвенный наружный

Блокируются от перемещения упорными роликами.

При сборке выполняются прихватки. Обязателен предварительный подогрев  $T_{\text{под}}=170 - 200^{\circ}\text{C}$ .

### 3.5 Режимы для прихваток

Режимы выбираются по рекомендациям [4] и из практического опыта.

Прихватки выполняются полуавтоматической сваркой. Режимы приведены в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1 – Режимы для прихваток

Количество	Длина, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
8	40-50	1,2	180-220	24

### 3.6 Расчет режимов для автоматической сварки под флюсом

Эту методику можно применять для низколегированных сталей толщиной более 8 мм.

Выберем диаметр электрода:  $d_э=4\text{мм}$

При плотности тока:  $j=60\text{ А/мм}^2$  в первом проходе не образуются горячие трещины. [3]

Рассчитываем ток сварки:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot j}{4}. \quad (9)$$

$$I_{св} = \frac{3,1418 \cdot 4^2 \cdot 60}{4} = 754\text{ А.}$$

Применяем ток равный 750 А.

Уточним плотность тока:

$$j = \frac{4 \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_э^2} \quad (10)$$

$$j = \frac{4 \cdot 750}{3,14 \cdot 4^2} = 59,7\text{ А/мм}^2$$

Рассчитаем напряжение на дуге:

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{\sqrt{d_э}} \quad (11)$$

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05 \cdot 750}{\sqrt{4}} = 38\text{ В}$$

Установим скорость сварки:

$$V_{св} = A / I_{св}, \quad (12)$$

где  $A$  - коэффициент зависящий от диаметра сварочной проволоки

$$A = 16 \cdot 10^3\text{ А} \cdot \text{м/ч}$$

$$V_{св} = 16 \cdot 10^3 / 750 = 21\text{ м/ч}$$

Определим вылет электрода:

$$l_э = 10d_э = 10 \cdot 4 = 40\text{мм} \quad (13)$$

Рассчитаем величину погонной энергии:

$$q_{п} = 36 \cdot I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_э / V_{св} \quad (14)$$

где  $\eta_э$  - эффективный КПД нагрева изделия дугой, для сварки под флюсом  $\eta_э = 0,8$ .

$$q_{п} = 36 * 750 * 38 * 0,8 / 21 = 39085 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем коэффициент формы проплавления:

$$\varphi_{пр} = k * (19 - 0,01 * I_{св}) * \frac{d_{э} * U_{д}}{I_{св}} \quad (15)$$

где  $k$  - коэффициент для тока для обратной полярности

$$k = 0,367 * j^{0.1925} \quad (16)$$

$$k = 0,367 * 60^{0.1925} = 0,81$$

$$\varphi_{пр} = 0,81 * (19 - 0,01 * 750) * \frac{4 * 38}{750} = 1,89$$

Определим глубину проплавления

$$h_p = 0.076 * \sqrt{q_{п} / \varphi_{пр}} \quad (17)$$

$$h_p = 0,076 * \sqrt{39085 / 1,89} = 11 \text{ мм}$$

Рассчитаем ширину шва:

$$e = h_p * \varphi_{пр} \quad (18)$$

$$e = 11 * 1,89 = 20,6 \text{ мм}$$

Определим величину коэффициента наплавки:

$$\alpha_{н} = \alpha_{р} = 14 \text{ г*А/ч (для тока обратной полярности)}$$

Определим площадь сечения наплавленного металла:

$$F_{н} = \frac{\alpha_{н} * I_{св}}{\gamma * V_{св}}, \quad (19)$$

где  $\gamma$  - плотность электродной проволоки г/см<sup>3</sup>

$\alpha_{н}$  - коэффициент наплавки г\*А/ч

$V_{св}$  - скорость сварки м/ч

$I_{св}$  - сварочный ток

$$F_{н1} = \frac{20 * 750}{7,8 * 21} = 91,5 \text{ мм}^2$$

Определим общую высоту шва

$$H = h + g = 90 + 3 = 93 \text{ мм} \quad (20)$$

Определим высоту заполнения разделки:

$$C = \sqrt{\frac{F_{н1} - Hb}{\text{tg}\alpha/2}} = \sqrt{\frac{91,5 - 93 * 0}{\text{tg}60/2}} = 10 \text{ мм} \quad (21)$$

Определим скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{шт}} = \frac{V_{\text{св}} * F_H * (1 + 0.01 * \psi) * 4}{\pi d_3^2} = \frac{21 * 91,5 * (1 + 0,01 * 0) * 4}{3,14 * 4^2} = 120 \text{ м/ч} \quad (22)$$

Высота флюса: 40 мм

Грануляция частиц: 1,6мм

Общая площадь разделки по формуле (8) разд. 3.2  $F_p = 2524 \text{ мм}^2$ .

Тогда незаполненная площадь разделки равна:

$$F_{p1} = F_p - F_{H2} \quad (23)$$

$$F_{p1} = 2524 - 91,5 = 2432,5 \text{ мм}^2.$$

Количество последующих проходов:

$$N = F_{p1} / F_{H1} \quad (24)$$

$$N = 2432,5 / 91,5 = 26 \text{ проходов.}$$

Протяженность всех швов равна 20460 мм,

Рассчитаем объем наплавленного металла:

$$V_{\text{шва}} = S * l_{\text{шва}}, \quad (25)$$

$$V_{\text{шва}} = 2524 * 20460 = 51641040 \text{ мм}^2$$

$$G_H = V_{\text{шва}} * \rho, \quad (26)$$

$$G_H = 51641,04 * 7,8 = 402800 \text{ г}$$

$$G_{\text{пр}} = 402,8 * (1 + \varphi) = 402,8 * (1 + 0,05) = 422,94 \text{ кг.} \quad (27)$$

$$G_{\text{ф}} = \frac{(U_d - 1,8) * 780}{V_{\text{св}}} = \frac{(38 - 1,8) * 780}{21} = 1344 \text{ г/пог.м} \quad (28)$$

Рассчитываем объем флюса для сварки:

$$V_{\text{ф}} = l_{\text{шва}} * 1344 = 532 \text{ кг.} \quad (29)$$

Параметры режима приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Параметры режима сварки под флюсом

Диаметр электрода, мм	4
Ток, А	750
Полярность	обратная
Напряжение, В	38
Скорость сварки м/ч	21
Вылет электрода, мм	40
Скорость подачи проволоки м/ч	120

Количество проходов	26
Высота флюса, мм	40
Грануляция флюса, мм	1,5

### 3.7 Послесварочные операции

#### 3.7.1 Термообработка

После сварки для снятия напряжений конструкция подвергается отпуску при 630-650<sup>0</sup>С и выдерживается в течение 10 часов. Изделие охлаждается вместе с печью до температуры 300<sup>0</sup>С. Затем охлаждение выполняется на воздухе. Деталь поместить в печь при температуре <250<sup>0</sup>. Скорость нагрева 25-27 °/ч.

#### 3.7.2 Дробеструйная очистка

Для полной очистки поверхности изделия от технологических загрязнений выполняется дробеструйная очистка.

#### 3.7.3 Механообработка

Выполняется обработка детали с целью получения заданной геометрии в соответствие с чертежами.

### 3.8 Контрольные операции

Контроль выполняется как перед сваркой, так и после. Предварительный контроль необходим для предотвращения сварки деталей с дефектами литья. Для этого выполняется УЗК и МПД. УЗК не обнаруживает дефекты на поверхности изделия до 2 мм, поэтому целесообразно применение МПД.

#### 3.8.1 Контроль перед сваркой

Проверить наличие сертификата на основной материал марки 10ХСНД. Установить соответствие химического состава и механических

свойств стали, представленными в сертификате с химическим составом, механическими свойствами данной стали по ГОСТ 19281-89.

Проверить внешним осмотром наличие заусенец, неровностей, вмятин на обечайках. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить.

Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.

Проверить наличие маркировки на заготовках под сборку-сварку.

Контролировать габаритные размеры: ширину, длину, толщину полученных заготовок, согласно чертежу.

Инструмент: рулетка ГОСТ 7502-89.

Контролировать разделку кромок свариваемых элементов согласно технологическому процессу. Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Инструмент УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Проверить соответствие марки, диаметра, химического состава и механических свойств проволоки Св-10ГА, представленными в сертификате с химическим составом, маркой, диаметром и механическими свойствами данной проволоки по ГОСТ 2246-70.

Инструмент УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Проверить соответствие марки, химического состава флюса АН-348А, представленными в сертификате с химическим составом, маркой, данного флюса по ГОСТ 9087-81.

Контролировать УЗК качество заготовок. Наличие трещин, газовых дефектов, пригаров, пористости, шлаковых раковин и других внутренних дефектов недопустимо. Контроль проводить до 20 мм от кромок разделки по всей длине стыка.

Оборудование: УД2-12.

Контролировать МПД качество заготовок. Наличие трещин, газовых дефектов, пригаров, пористости, шлаковых раковин и других внутренних де-

фектов недопустимо. Контроль проводить до 20 мм от кромок разделки по всей длине стыка.

Оборудование: МПД-70.

### 3.8.2 Контроль сборки

Контролировать правильность установки обечаек на роликовый стенд в соответствии с требованиями установки, указанными в технологическом процессе.

Отклонение от оси шва не должно превышать  $\pm 0,5$  мм.

Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Контролировать правильность установки центраторов и их фиксации на изделии.

Контролировать температуру подогрева для выполнения прихваток термопарой  $T_{\text{под}}=170-200^{\circ}\text{C}$ .

Контролировать качество прихваток и их размеры в соответствии с технологическим процессом.

### 3.8.3 Контроль оборудования

Проверить наличие поверки на оборудование Fronius TransSteel 5000, ESABA6 SArcMaster, LAF 1251, PEKA2/A6, ESABCaB 300S, роликовый стенд.

Контролировать состояние приборов, регистрирующих режим сварки, состояние кабелей, щитков.

Проверить исправность работы сварочного оборудования и аппаратуры. Сварить пробную заготовку на режимах согласно ТП.

Проверить полученное сварное соединение внешним осмотром. Трещины недопустимы.

### 3.8.4 Контроль носителей энергии

Контролировать первичное напряжение сети  $380\text{В}\pm 20\%$ .

Контроль режимов сварки.

Контролировать последовательность выполнения сварных швов согласно ТП.



Контролировать напряжение сварочной дуги, силу сварочного тока, скорость сварки согласно ТП до и в процессе сварки.

Оборудование: вольтметр ГОСТ 8.118-85, амперметр ГОСТ 8.497-83, линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75.

### 3.8.5 Контроль квалификации сварщика

Проверить наличие сертификата и квалификации сварщика. До работы допускается сварщик 4 разряда.

Проверить внешним осмотром качество выполнения пробного сварного изделия. Трещины недопустимы.

### 3.8.6 Контроль окончательный сварного соединения

Контроль по НТД на изделие.

ВИК готового изделия. Проверить диаметр и длину сварного изделия согласно ТП. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натёки зачистить.

Инструмент: линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10<sup>х</sup> ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.

Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ТП. Соединение является не стандартным. Проверить ширину шва, высоту усиления.

Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.

Оборудование: УД2-12.

Проверить сварные швы МПД. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.

Оборудование: МПД-12.

### 3.9 Операционное описание технологии

#### 005 ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ

Проверить наличие сертификата на основной материал марки 10ХСНД. Установить соответствие химического состава и механических свойств стали, представленными в сертификате с химическим составом, маркировкой и механическими свойствами данной стали по ГОСТ 21357-87.

Проверить внешним осмотром наличие заусенец, неровностей, вмятин на обечайках. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натёки зачистить.

Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.

Проверить наличие маркировки на заготовках под сборку-сварку.

Контролировать габаритные размеры: ширину, длину, толщину полученных заготовок, согласно чертежу.

Инструмент: рулетка ГОСТ 7502-89.

Контролировать разделку кромок свариваемых элементов согласно ГОСТ 8713-79 тип соединения С40. Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Инструмент УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Проверить соответствие марки, диаметра, химического состава и механических свойств проволоки Св-10ГА, представленными в сертификате с химическим составом, маркой, диаметром и механическими свойствами данной проволоки по ГОСТ 2246-70.

Инструмент УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Проверить соответствие марки, химического состава флюса АН-348А, представленными в сертификате с химическим составом, маркой, данного флюса по ГОСТ 9087-81.

#### 010 НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Контролировать УЗК качество заготовок. Наличие трещин, газовых дефектов, пригаров, пористости, шлаковых раковин и других внутренних дефектов недопустимо. Контроль проводить до 20 мм от кромок разделки по всей длине стыка.

Оборудование: УД2-12.

Контролировать МПД качество заготовок. Наличие трещин, газовых дефектов, пригаров, пористости, шлаковых раковин и других внутренних дефектов недопустимо. Контроль проводить до 20 мм от кромок разделки по всей длине стыка.

Оборудование: МПД-70.

#### 015 ДРОБЕСТРУЙНАЯ ОБРАБОТКА

Зачистить разделку под сварку.

Инструмент: установка дробеструйной очистки.

#### 020 КОНТРОЛЬ

Контролировать зачистку разделки и ОШЗ визуально. Ржавчина, масляные и другие загрязнения недопустимы.

#### 025 СБОРКА

Собрать две обечайки согласно размерам и требованиям чертежа с учетом припуска на механообработку и естественной усадки металла при сварке (1 мм на 1 м конструкции, в стыках 1,5 мм на стык). При сборке обеспечить взаимную соосность стыкуемых обечаек.

При сборке обеспечить зазор не более 1 мм по всему периметру сопряжения элементов.

Установить центратор ЦЗН на стык, собираемых обечаек, контролировать зазор в стыке не более 1 мм. После выполнения прихваток центратор снять.

Прихватить детали с предварительным подогревом 150-200°С на режимах местях будущих швов полуавтоматом FroniusTransSteel 5000.

Оборудование: Кран-балка, сварочный полуавтомат FroniusTransSteel 5000.

Инструмент: Центратор наружный звенный, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10<sup>x</sup> ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.

### 030 КОНТРОЛЬ

Контролировать правильность установки обечаек на роликовый стенд в соответствии с требованиями установки, указанными в технологическом процессе.

Отклонение от оси шва не должно превышать  $\pm 0,5$  мм.

Инструмент: УШС 3 ГОСТ 15150-69.

Контролировать правильность установки центраторов и их фиксации на изделии.

Контролировать температуру подогрева для выполнения прихваток пирометром  $T_{\text{под}}=170 - 200^{\circ}\text{C}$ .

Контролировать качество прихваток и их размеры в соответствии с технологическим процессом.

### 035 СВАРКА

Выполнить автоматическую сварку под флюсом в соответствие с режимами, приведенными в таблице 3.9.3. Сварку выполнять с местным предварительным подогревом  $T_{\text{под}}=170 - 200^{\circ}\text{C}$ . Температуру подогрева контролировать на расстоянии 50 мм от оси шва – пирометром. Температура подогрева не должна превышать  $200^{\circ}\text{C}$  в зоне сварного шва. После каждого прохода выполнять зачистку шва от шлака. Сваривать с соблюдением числа проходов и режимов сварки, с «позонным» послойным контролем, внешним осмотром.

Таблица 3.9.2 – Параметры режима сварки под флюсом

Сварочные материалы: проволока Св-10ГА, флюс АН-348А	
Диаметр электрода, мм	4
Ток, А	750
Полярность	обратная
Напряжение, В	38
Скорость сварки м/ч	21

Вылет электрода, мм	40
Скорость подачи проволоки м/ч	120
Количество проходов	26
Высота флюса, мм	40
Грануляция флюса, мм	1,5

Оборудование: роликовый стенд, сварочная головка ESABA6, сварочная колонна ESABCaB 300S.

#### 040 ЗАЧИСТКА

Выполнить зачистку после сварки по всей поверхности соединения.

Инструмент: щетка стальная.

#### 045 МАРКИРОВКА

Маркировать согласно ТТ чертежа и сдать ТК.

Инструмент: молоток, клеймо сварщика.

#### 050 КОНТРОЛЬ ВИЗУАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ

ВИК готового изделия. Проверить диаметр и длину сварного изделия согласно ТП. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натёки зачистить.

Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ТП. Проверить ширину шва, высоту усиления.

Инструмент: линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10<sup>x</sup> ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.

#### 055 КОНТРОЛЬ МПД

Проверить сварные швы МПД. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.

Оборудование: МПД-12.

#### 060 КОНТРОЛЬ УЗК

Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.

Оборудование: УД2-12.

#### 065 ТЕРМООБРАБОТКА

Выполнить отпуск изделия в согласно ТП.

#### 070 КОНТРОЛЬ

Контроль режима 520-580°C, время выдержки 10 часов. Наружный осмотр на отсутствие трещин, поверхностных и других дефектов.

#### 075 ДРОБЕСТРУЙНАЯ ОЧИСТКА

Выполнить дробеструйную очистку согласно ТП.

### 4 Установка для сварки

Сварочный комплекс используется для дуговой сварки под флюсом кольцевых соединений обечаек. Состоит из сварочной колонны, роликового стенда, трехфазного источника сварочного тока, автоматической сварочной головки и контроллера для управления режимами сварки.

Для выполнения прихваток и корня шва используется сварочный полуавтомат FroniusTransSteel 5000.

#### 4.1 Сварочная колонна

Для перемещения сварочной головки используется колонна.

В данном случае целесообразно использование колонны ESABCaB 300S рисунок 7. Колонна состоит из: платформы, стойки, каретки, консоли, и трех электроприводов – передвижения тележки, вертикального и горизонтального перемещения консоли. Колонна перемещается на рельсах электродвигателем через редуктор, зубчатую и червячную передачи, установленные на платформе. Может перемещаться с рабочей и маршевой скоростями. Кольцевые швы сваривают при неподвижной тележке и вращении изделия на роликовом

стенде. Технические характеристики приведены в таблице 4.1.1. В таблице 4.1.2 технические характеристики консоли колонны, в таблице 4.1.3 технические характеристики направляющих рельс [6].

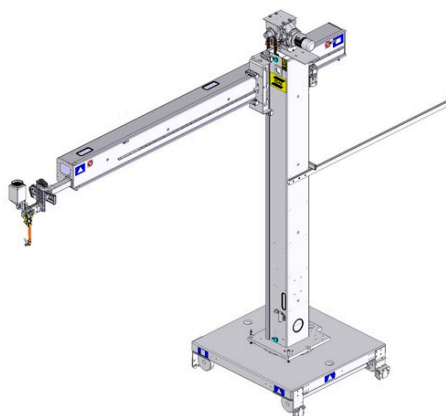


Рисунок 7 – Сварочная колонна ESABCaB 300S

Таблица 4.1.1– Технические характеристики сварочной колонны

Эффективный рабочий диапазон, м	3
Максимальная высота консоли А, мм с использованием рельсового перемещения, min мм	4070 930
Общая высота D с использованием рельсового перемещения, min мм	5170
Скорость подъема, м/мин	0,7
Максимальная общая нагрузка на платформу сварочной колонны, кг	1500

Таблица 4.1.2– Технические характеристики сварочной консоли

Вылет G, max мм min мм	3580 540
Допустимая нагрузка: общая, max кг на конце, max кг	300 240
Диаметр поперечного сечения H, мм	325
Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0

Таблица 4.1.3– Технические характеристики направляющих рельс

Ширина колеи L по внутренним сторонам, мм	1730
Ширина x длина, мм	2060x2330
Высота I, мм	365

Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0
Общий вес, кг	1670

Выбранная сварочная колонна позволит закрепить сварочную головку, кассету сварочной проволоки, флюсобункер, источник питания, блок управления источником питания.

## 4.2 Стенд роликовый

Для вращения заготовок используется роликовый стенд. Использование стенда с роликовыми вращателями должно обеспечить вращение изделия со сварочной скоростью.

Целесообразным является применение роликовых опор ОВРП – 20. Используются 5 холостых опор и 1 приводная. Опоры устанавливаются на основание в виде плиты. Помимо роликовых опор устанавливаются упорные ролики, которые выполняют функцию «антидрейф», что повышает точность позиционирования обечаек при сварке.

Данный стенд предназначен для сварки кольцевых швов цилиндрических изделий.

## 4.3 Сварочная головка

Сварочная головка используется для подачи проволоки и флюса в зону сварки. Она должна обеспечить заданные параметры: скорость подачи проволоки и ток, при выбранном диаметре проволоки.

В данном случае целесообразно использование сварочной головки ESABA6 S ArcMaster рисунок 8. Технические характеристики приведены в таблице 4.3.1.





Рисунок 8 – Сварочная головка ESABA6 S ArcMaster

Таблица 4.3.1– Технические характеристики ESABA6 S ArcMaster.

Передаточное число	156:1
Макс. Скор.подачи проволоки, м/мин	0,2-4,0
Диам. Проволоки одинарная, мм	3,0-6,0
Диам. Проволоки двойная, мм	2*2,0-2*3,0
Трубчатая проволока, одинарная, мм	3,0-4,0
Длина хода линейных слайдеров (механиз.), мм	300
Поворотный слайдер	180°
Механизм спрямления проволоки	45°
Допустимая нагрузка при ПВ=100%, А	1500

С данной сварочной головкой используется источник питания ESA-VLAF 1251 рисунок 9. Технические характеристики приведены в таблице 4.3.2.



Рисунок 9 – Источник питания ESABLAF 1251

Таблица 4.3.2 – Технические характеристики LAF 1251

Напряжение питания, В	400
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемый ток, А	99
Номинальное рабочее напряжение	44
Диапазон регулирования, А	40-1250
Класс защиты	IP 23
Продолжительность нагрузки, %	100
КПД, % не менее	87
Класс изоляции	S
Напряжение холостого хода, В	51
Мощность холостого хода, В	220
Размеры, ДхШхВ, мм	774x598x1428
Масса, кг	490

Для управления источником питания применяется блок управления РЕК А2/А6. Технические характеристики приведены в таблице 4.3.3 [6].

Таблица 4.3.3– Технические характеристики РЕК А2/А6

Рабочее напряжение, В/Гц	42/50-60
Рабочая температура, °С	-15/+45
Размеры, ДхШхВ, мм	246x235x273
Масса, кг	6,6

Выбранные сварочная головка и источник питания обеспечат сварочный ток, напряжение, скорость подачи проволоки и подачу флюса.

#### 4.4 Сварочный полуавтомат

Сварочный полуавтомат FroniusTransSteel 5000 используется для выполнения прихваток. Технические характеристики приведены в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Технические характеристики FroniusTransSteel 5000

Вес, кг	32,5
Ширина, мм	300
Высота, мм	497
Длина, мм	747
Частота сети, Гц	50-60
Сетевой предохранитель, А	35
Напряжение холостого хода, В	65
Сетевое напряжение, В	3*400/460
Диапазон рабочего напряжения	14.5-39.5
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	360/100
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	500/40
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	420/60
Максимальный сварочный ток, А	500
Минимальный сварочный ток, А	10

## 5 Технико-экономическое обоснование

Данные для технико-экономического обоснования проекта были получены в ПАО «Уралмашзавод».

Программа выпуска – 30 шт. в год.

### 5.1 Расчет себестоимости базового варианта

### 5.1.1 Расход материалов для сварки

-Сварочная проволока Св-08Г2СØ 1,2 мм, кг – 310,5.

-Защитный газ Ar+20%CO<sub>2</sub>, кг – 372,6.

Оптовая цена расходных материалов:

-Сварочная проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм – 100 руб/кг.

-Защитный газ Ar+20%CO<sub>2</sub> – 38 руб/кг.

### 5.1.2 Расчет технологической себестоимости изделия

#### 5.1.2.1 Затраты на материалы

Затраты на наплавляемый металл  $Z_n$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_n = \sum_{i=1}^m K_{pi} \cdot q_{ni} \cdot C_{ni} \left(1 + \frac{P_{mз}}{100}\right) \quad (30)$$

где  $K_{pi}$ – расходный коэффициент  $i$ -го материала;

$q_{ni}$ – масса нанесенного металла, кг;

$C_{ni}$ – оптовая цена проволоки, руб./кг;

$P_{mз}$  – транспортно – заготовительные работы, %;

$$Z_{n1} = 310,5 \cdot 100 \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 38812,5 \text{ руб.}$$

Затраты на газы  $Z_g$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_g = \sum_{i=1}^m H_i \cdot C_i \left(1 + \frac{P_{mз}}{100}\right) \quad (31)$$

где  $H_i$ – расход газа, кг;

$C_i$ – оптовая цена газа, руб./кг;

$P_{mз}$  – транспортно – заготовительные работы, %;

$m$ – количество видов применяемых газов.

$$Z_c = 372,6 \cdot 38 \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 17698,5 \text{ руб.}$$

#### 5.1.2.2 Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на технологическую электроэнергию  $Z_m$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_m = \frac{C_{эн} \cdot hn}{1000} \left( \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot t_0 \cdot \eta}{100} + W_{x.x.} (t_{ук} - t_o) \right) \quad (32)$$

где  $C_{эн}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт;

$q_{ni}$ – коэффициент потерь в электрической сети;

I–ток, А;

U– напряжение, В;

$\eta$  – КПД источника питания;

$t_o$  – основное время сварки, ч;

$W_{x.x.}$  – мощность холостого хода источника питания, Вт;

$t_{ш.к.}$  – штучно – калькуляционное время операции сварки, ч.

$$Z_T = \frac{5,2 \cdot 1,05}{1000} \left( \frac{350 \cdot 32 \cdot 157,85 \cdot 90}{100} + 0(171,2 - 157,85) \right) = 8687,5 \text{ руб}$$

### 5.1.2.3 Заработная плата производственных рабочих

Заработную плату производственных рабочих  $Z_{пр}$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_{пр} = K_p \cdot K_{доп} \cdot K_{сс} \cdot C_{тар} \cdot t_{ш.к.} \quad (33)$$

где  $K_p$ – районный коэффициент;

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$K_{сс}$ –коэффициент, учитывающий отчисления в единый социальный фонд;

$C_{тар}$ – часовая тарифная ставка, руб./ч;

$t_{ш.к.}$  – штучно – калькуляционное время операции сварки

$$Z_{пр} = 1,15 \cdot 1,26 \cdot 1,3 \cdot 119 \cdot 171,2 = 38376,2 \text{ руб.}$$

### 5.1.2.4 Расходы по содержанию оборудования

Общая стоимость оборудования составляет 1500000 руб.

а) Затраты на амортизационные отчисления  $Z_a$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_a = \frac{C_{оборуд} \cdot a \cdot t_{шк}}{F_d \cdot K_з \cdot K_{ен} \cdot 100} \quad (34)$$

где  $C_{оборуд}$ – стоимость оборудования, руб.;

$a$ – нормативный коэффициент амортизационных отчислений, %;

$F_d$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования;

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$  – штучно – калькуляционное время операции сварки, ч.

$$Z_a = \frac{1500000 * 1,13 * 171,2}{1800 * 0,8 * 0,9 * 100} = 2239 \text{ руб.}$$

б) Заработную плату ремонтных рабочих  $Z_{pp}$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_{pp} = K_p \cdot K_{доп} \cdot K_{сс} \cdot C_{тар} \cdot \frac{T_p \cdot t_{шк}}{F_{\partial} \cdot K_{вн} \cdot K_z}, \quad (35)$$

где  $K_p$  – районный коэффициент;

$K_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

$K_{сс}$  – коэффициент, учитывающий отчисления в единый социальный фонд;

$C_{тар}$  – часовая тарифная ставка, руб./ч;

$T_p$  – трудоемкость ремонтных рабочих, ч;

$K_z$  – коэффициент загрузки оборудования;

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$  – штучно – калькуляционное время операции, ч.

$$Z_{pp} = 1,15 * 1,26 * 1,3 * 110 * \frac{90 * 171,2}{1800 * 0,9 * 0,8} = 2463 \text{ руб.}$$

в) Материальные затраты на ремонт оборудования  $Z_p$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_p = Z_{pp} \cdot K_p \quad (36)$$

где  $K_p$  – коэффициент, учитывающий материальные затраты на ремонт оборудования.

$$Z_p = 2463 * 0,5 = 1231,5 \text{ руб.}$$

г) Затраты на износ малоценных инструментов и быстроизнашивающихся приспособлений  $Z_N$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_N = \frac{t_{шк} \cdot h_{нс}}{K_{вн}}, \quad (37)$$

где  $h_{нс}$  – средние затраты на инструмент за один час эксплуатации оборудования, руб./час;

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$  – штучно – калькуляционное время операции, ч.

$$Z_N = \frac{172,2 \cdot 1,4}{0,9} = 267 \text{ руб.}$$

5.1.2.5 Затраты на освещение  $Z_{л}$ , руб., вычисляют по формуле:

$$Z_{л} = \frac{C_{э} \cdot h_n \cdot n \cdot N \cdot t_{шк}}{1000}, \quad (38)$$

где  $C_{э}$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт;

$n$  – количество осветительных приборов, шт;

$N$  – средняя мощность элементов освещения, кВт.

$$Z_{л} = \frac{5,2 \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot 700 \cdot 171,2}{1000} = 6543 \text{ руб.}$$

Себестоимость корпуса барабана мостового крана в базовом варианте приведена в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1 – Себестоимость базового варианта

Статьи себестоимости		Сумма, руб
1	Материалы	
1.1	Проволока, электроды	38812,5
1.2	Газ	17698,5
2	Технологическая электроэнергия	
2.1	Электроэнергия для сварки	8687,5
2.3	Электроэнергия для освещения	6543
3	Заработная плата основных рабочих	38376,2
4	РСЭО	
4.1	Амортизационные отчисления	2239
4.2.	Заработная плата ремонтных рабочих	2463
4.2.1	Материальные затраты на ремонт оборудования	1231,5
4.2.2	Износ быстроизнашивающихся инструментов	267
Итого: технологическая себестоимость		116318,2

## 5.2 Расчет себестоимости проектного варианта

### 5.2.1 Расход материалов для сварки

-Сварочная проволока Св-10ГА $\varnothing$  4 мм, кг – 422,94.

-Сварочная проволока Св-08Г2С  $\varnothing$ 1,2 мм, кг – 0,9.

-Защитный газ Ar+20%CO<sub>2</sub>, кг – 1,08.

-Флюс АН-348А, кг – 532.

-Оптовая цена расходных материалов:

-Сварочная проволока Св-10ГА  $\varnothing$  4 мм – 59 руб./кг

-Сварочная проволока Св-08Г2С  $\varnothing$  1,2 мм – 100 руб./кг

-Защитный газ Ar+20%CO<sub>2</sub> – 38 руб/кг.

-Флюс АН-348А – 35 руб./кг

### 5.2.2 Расчет технологической себестоимости изделия

#### 5.2.2.1 Затраты на материалы

Затраты на наплавляемый металл  $Z_n$ , руб., вычисляют по формуле (30):

$$Z_{n1}=422,94*59(1+25/100)=31191,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{n2}=0,9*100(1+25/100)=112,5 \text{ руб.}$$

$$Z_n=31191,8+112,5=31304,3 \text{ руб.}$$

Затраты на газы  $Z_g$ , руб., вычисляют по формуле (31):

$$Z_g=1,08*38(1+25/100)=51,3 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс  $Z_f$ , руб.:

$$Z_f=532*35(1+25/100)=23275 \text{ руб.}$$

#### 5.2.2.2 Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на технологическую электроэнергию  $Z_m$ , руб., вычисляют по формуле (32):

$$Z_T = \frac{5,2*1,05}{1000} \left( \frac{750*38*25,3*87}{100} + 0 * (31,625 - 25,3) + \frac{200*24*1,37*80}{100} + 0 * (31,625 - 1,37) \right) = 3714 \text{ руб.}$$

#### 5.2.2.3 Заработная плата производственных рабочих

Заработную плату производственных рабочих  $Z_{np}$ ,руб, вычисляют по формуле (33):



$$Z_{\text{пр}}=1,15*1,26*1,3*119*60,72=13611 \text{ руб.}$$

#### 5.2.2.4 Расходы по содержанию оборудования

Общая стоимость оборудования составляет 3500000 руб.

а) Затраты на амортизационные отчисления  $Z_a$ , руб., вычисляют по формуле (34):

$$Z_a = \frac{3500000 * 1,13 * 31,625}{1800 * 0,8 * 0,9 * 100} = 965 \text{ руб.}$$

б) Заработную плату ремонтных рабочих  $Z_{\text{пр}}$ , руб., вычисляют по формуле (35):

$$Z_{\text{пр}} = 1,15 * 1,26 * 1,3 * 110 * \frac{90 * 31,625}{1800 * 0,9 * 0,8} = 455 \text{ руб.}$$

в) Материальные затраты на ремонт оборудования  $Z_p$ , руб., вычисляют по формуле (36):

$$Z_p = 455 * 0,5 = 227,5 \text{ руб.}$$

г) Затраты на износ малоценных инструментов и быстроизнашивающихся приспособлений  $Z_N$ , руб., вычисляют по формуле (37):

$$Z_N = \frac{60,72 * 1,4}{0,9} = 94 \text{ руб.}$$

5.2.2.5 Затраты на освещение  $Z_l$ , руб., вычисляют по формуле (38):

$$Z_l = \frac{5,2 * 1,05 * 10 * 700 * 60,72}{1000} = 2320 \text{ руб.}$$

Себестоимость корпуса барабана мостового крана в проектом варианте приведена в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Себестоимость проектного варианта

Статьи себестоимости		Сумма, руб
1	Материалы	

1.1	Проволока	31304,3
1.2	Газ	51,3
1.3	Флюс	23275
2	Технологическая электроэнергия	
2.1	Электроэнергия для сварки	3714
2.3	Электроэнергия для освещения	2320
3	Заработная плата основных рабочих	13611
4	РСЭО	
4.1	Амортизационные отчисления	965
4.2.	Заработная плата ремонтных рабочих	455
4.2.1	Материальные затраты на ремонт оборудования	227,5
4.2.2	Износ быстроизнашивающихся инструментов	94
Итого: технологическая себестоимость		76017,1

### 5.3 Расчет экономической эффективности

Полная себестоимость изделия с учетом коммерческих расходов  $C_{кс}$ , руб., вычисляют по формуле:

$$C_{кс} = C_{тс} * K_1 \quad (39)$$

где  $C_{тс}$  – технологическая себестоимость, руб;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы и налоги.

$$C_{кс(базовый)} = 116318,2 * 1,95 = 226820,1 \text{ руб.}$$

$$C_{кс(проект)} = 76017,1 * 1,95 = 148233,345 \text{ руб.}$$

Стоимость годового выпуска:

$$C_{г} = n * C \quad (40)$$

где  $n$  – объем годового выпуска.

$C$  – полная себестоимость руб.

$$C_{г(базов)} = 30 * 226820,1 = 6804603 \text{ руб.}$$

$$C_{г(проект)} = 30 * 148233,345 = 4447000,35 \text{ руб.}$$

Условно-годовую экономию  $\mathcal{E}_{уг}$ , руб., вычисляют по формуле:

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{г(базов)} - C_{г(проект)})n \quad (41)$$

где  $C_{в}$  – полная себестоимость изделия в базовом варианте, руб;

$C_{п}$  – полная себестоимость изделия в проектном варианте, руб;

$n$  – объем годового выпуска.

$$\mathcal{E}_{\text{yr}}=(6804603-4447000,35)=2357602,65 \text{ руб.}$$

Время окупаемости проекта  $T_o$ , руб., вычисляют по формуле:

$$T_o = I / \mathcal{E}_y \quad (42)$$

где  $I$  – инвестиционные затраты, руб.

Капитальные вложения  $K$ , руб., по данным контрагентов составляют: стоимость оборудования 3500000;

В стоимость оборудования включены транспортные расходы и пуско-наладочные работы:

$$T_o=3500000/2357602,65=1,5 \text{ года.}$$

Технико-экономические показатели проекта приведены в таблице 5.3.1

Таблица 5.3.1 – Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Ед. изм.	До внедрения проекта	После внедрения
Годовой выпуск продукции	шт.	30	30
Полная себестоимость одного корпуса	руб.	226820,1	148233,345
Себестоимость годового объема выпуска	руб.	6804603	4447000,35
Инвестиционные затраты	руб.	1500000	3500000
Годовая эффективность проекта	руб.	2357602,65	
Срок окупаемости проекта	год	1,5	

## 6 Методическая часть

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки корпуса барабана мостового крана. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической электродуговой сварки корпуса барабана мостового крана на автоматическую электродуговую сварку под слоем флюса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сварочного оборудования на более современное. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

*Профессиональные стандарты применяются:*

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

## 6.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован в Министерстве юстиции России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 6.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
Трудовая функция	<p>Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.</p>	<p>Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов с настройкой и регулировкой оборудования.</p>
Трудовые действия:	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций(возможностей) сварочного оборудования.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмен-</p>	<p>Выполнение настройки оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Выбор и регулировка режимов полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.</p> <p>Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением с регулировкой параметров сварочного оборудования в процессе сварки.</p> <p>Проведение инструктажа специалистов, работающих на настраиваемых установках.</p>

	<p>та сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <p>Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	
<p>Необходимые умения:</p>	<p>Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p> <p>Исправлять дефекты частично механизированной</p>	<p>Определять нарушения режимов по внешнему виду сварных швов.</p> <p>Выполнять настройку и регулировку оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, в том числе в процессе выполнения сварки.</p> <p>Настраивать устройства промышленной визуализации (тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические) и устройства слежения за процессом сварки.</p> <p>Выполнять наладку оборудования и приспособлений для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, устранять неисправности в их работе.</p> <p>Контролировать работу оборудования для механизированной и автоматической сварки плавлением с использованием контрольно-измерительных приборов и автоматики.</p> <p>Рассчитывать и измерять</p>

	сваркой (наплавкой).	основные параметры электрических, магнитных и электронных цепей.
Необходимые знания:	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p> <p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций.</p>	<p>Конструкция оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением (электрические, кинематические схемы), причины возникновения неисправностей и способы их устранения.</p> <p>Тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические устройства промышленной визуализации сварочных процессов и слежения за сварочными процессами.</p> <p>Особенности настройки и регулировки оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки, в том числе в процессе выполнения сварки.</p> <p>Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях.</p> <p>Виды коррозии и факторы, приводящие к ее появлению.</p> <p>Функциональные и принципиальные электрические схемы, чертежи механизмов и узлов используемого оборудования.</p> <p>Основы металлографии сварных швов.</p> <p>Основные виды термической обработки сварных соединений.</p>



	Порядок исправления дефектов сварных швов.	
Другие характеристики:	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.</p>	
Характеристики выполняемых работ:	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой	

	<p>плавлением во всех пространственных положениях сварного шва;</p> <p>частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками;</p> <p>наплавка простых и сложных инструментов, баллонов и труб, дефектов деталей машин и механизмов;</p> <p>исправление дефектов сваркой</p>	
--	--	--

*Вывод:* результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

- Особенности автоматизированной сварки.
- Особенности регулировки оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки.

Необходимые умения:

- Выполнение настройки и регулировки оборудования.
- Владение техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

- Контролирование процесса полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.
- Настройка устройства промышленной визуализации.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

## 6.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автома-

тической сварки плавлением», который представлен в таблице 2. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 6. 2 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	56
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	6
1.3	Основы электротехника	4
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	42
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	120
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	32
2.2	Работа на предприятии	78
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	6
	ИТОГО	176

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### 6.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жиз-

ненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для автоматической сварки плавлением	3
2	Режим автоматической сварки плавлением	6
3	Оборудование для автоматической сварки плавлением	4
3.1	Устройство и основные узлы сварочной колонны ESAB	3
3.2	Типовые конструкции сварочных головок	4
3.3	Ролик опора для сварки	4
4	Технология автоматической сварки	5
4.1	Особенности автоматической сварки	4
4.2	Сварочные материалы для автоматической сварки под слоем флюса	4
5	Контроль качества сварных швов	2
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	3
	Итого:	42

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

#### 6.4 Разработка плана - конспекта урока

Тема урока «Устройство и основные узлы сварочной колонны ESABCaB 300S».

Цели занятия:

*Обучающая:* Формирование знаний устройства сварочной колонны ESAB. Формирование знаний основных узлов сварочной колонны ESAB.

*Развивающая:* развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

*Воспитательная:* воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета

Тип урока: Урок новых знаний.

Методы обучения: Словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративный.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат: «Сварочная колонна ESABCaB 300S».

– Учебники: Л.П. Шебеко «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки» - М.: «Высшая школа», 1986. – 279 с.; В.С. Виноградов «Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки», 1997. -319 с.

– Каталог оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://a-svarka.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 22.12.2017).

### План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изуче-	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки плавлением» Тема занятия:	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость

<p>нию нового материала</p> <p>5 минут</p>	<p>«Устройство и основные узлы сварочной колонны ESABCaB 300S».</p> <p>Цель нашего занятия:</p> <p>«Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочной колонны ESABCaB 300S, его назначение и принцип работы».</p>	<p>изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.</p>
<p>Актуализация опорных знаний</p> <p>10 минут</p>	<p>Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки?</li> <li>2. Расскажите особенности автоматической сварки?</li> </ol>	<p>Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.</p>
<p>Изложение нового материала</p> <p>30 минут</p>	<p>Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Назначение сварочного колонны для автоматической сварки;</li> <li>– Основные узлы и механизмы сварочной колонны;</li> </ul> <p>По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание.</p> <p>Прошу сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам.</p> <p>Сварочная колонна — приспособление для позиционирования сварочной горелки и, как следствие, проведения процесса сварки. Другими словами, колонна служит для механизации процесса сварки диаметром до 3000 мм (в особенности при сварке под флюсом).</p> <p>Разберем с Вами одну из разновидностей сварочного автомата.</p> <p>Установка для сварки обечаек включает в себя следующее оборудование: 1.сварочная на ESABCaB 300S</p>	<p>Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение.</p> <p>Рассказываю подробнее об автоматической сварке.</p> <p>Записываем основные моменты.</p> <p>Обращаю внимание обучаемых на плакат.</p> <p>Обучаемые внимательно рассматривают сварочная колонна ESABCaB 300S на плакате.</p> <p>Рассказываю и показываю устройство сварочной колонны, при этом использую плакат.</p>



По ходу объяснения прошу записать составляющие сварочной колонны. Диктую объяснение составных частей. Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю.

Плакат -сварочная колонна ESABCaB 300S  
Колонна состоит из: 1) платформа; 2)стойка; 3) каретка; 4) консоль; 5)три электропривода – передвижения тележки, вертикального и горизонтального перемещения консоли. Колонна перемещается на рельсах электродвигателем через редуктор, зубчатую и червячную передачи, установленные на платформе. Может перемещаться с рабочей и маршевой скоростями. Кольцевые швы сваривают при неподвижной тележке и вращении изделия на роликовой опоре.

#### Технические характеристики сварочной колонны

Эффективный рабочий диапазон, м	3
Максимальная высота консоли А, мм	4070
с использованием рельсового перемещения, min мм	930
Скорость подъема, м/мин	0,7
Максимальная общая нагрузка на платформу сварочной колонны, кг	1500

#### Технические характеристики сварочной консоли

Вылет G, max мм	3580
min мм	540
Допустимая нагрузка:	300
общая, max кг	240
на конце, max кг	
Диаметр поперечного сечения H, мм	325



Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0

Ролик опоры ОВРП – 20, технические характеристики.

Параметры	Значения
Диаметр свариваемых изделий, мм	400-4600
Рабочая скорость мм/мин	100-1000
Маршевая скорость м/мин	13
Диаметр роликоопор, мм	410
Мощность, кВт	2*0,37

2. Источник питания ESABLAF 1251– трехфазные тиристорные источники серии LAF(ЛАФ) с принудительным воздушным охлаждением предназначены для высокопроизводительных механизированных способов сварки под слоем флюса.

Технические характеристики

Напряжение питания, В	400
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемый ток, А	99
Номинальное рабочее напряжение	44
Диапазон регулирования, А	40-1250
Класс защиты	IP 23
Продолжительность нагрузки, %	100
КПД, % не менее	87
Класс изоляции	S
Напряжение холостого хода, В	51
Мощность холостого хода, В	220
Размеры, ДхШхВ, мм	774x598x1428
Масса, кг	490

3. Сварочная головка ESABA6 S ArcMaster - комплектная система, предназначенная для высокопроизводительной сварки. Она универсальна, прочна и надежна в работе.

**Преимущества:**

- Гибкость, надежность и превосходная работоспособность
- А6 VEC двигатель для надежной и последовательной подачи проволоки

Технические характеристики

Макс. Скор.подачи проволоки, м/мин	0,2-4,0
Диам. Проволоки одинарная, мм	3,0-6,0
Длина хода линейных слайдеров	300

	(механиз.), мм	
	Поворотный слайдер	180°
	Механизм спрямления проволоки	45°
	Допустимая нагрузка при ПВ=100%, А	1500
	4. Пульт управления обеспечивает полный контроль за качеством и производительностью сварки. С помощью пульта выполняются все работы по управлению сварочным процессом.	
Выдача домашнего задания	Теперь запишем домашнее задание, повторить §11.4. Автоматы для сварки под флюсом, по учебнику В.С. Виноградов- «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки» Просмотреть и повторить продукцию компании ESAB по ссылке в интернете <a href="https://a-svarka.ru">https://a-svarka.ru</a> .	Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была решена конкретная задача по модернизации технологии и оборудования производства сварной конструкции.

Проанализирована базовая технология и по результатам анализа выбран способ автоматической сварки с учетом особенностей конструкции и материала изделия.

Выбран тип соединения и сварочные материалы.

Рассчитаны режимы и описана технология автоматической сварки корпуса барабана мостового крана.

Оборудование для сварки подобрано так, что оно обеспечит заданные технологические режимы и обеспечит автоматизацию процесса сварки.

Рассчитаны технико-экономические показатели проекта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сюкасов Г.М.: Производство сварных конструкций. Сюкасов Г.М., Фивейский А.М., Шакуров С.А. Методические указания к выполнению курсового проекта – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» 2008. – 32с.
2. Коновалов А.В., Куркин А.С., Макаров Э.Л., Неровный В.М., Якушин Б.Ф.: Теория сварочных процессов. Коновалов А.В., Куркин А.С., Макаров Э.Л., Неровный В.М., Якушин Б.Ф. Учебник для ВУЗов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
3. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П.: Технология и оборудование сварки плавлением. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Учебник для студентов ВУЗов. М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
4. Катаев Р.Ф.: Расчет основных параметров механизированной дуговой сварки плавящимся электродом. Екатеринбург: «УГТУ-УПИ», 2009. – 37 с.
5. Шебеко Л.П. «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки» - М.: «Высшая школа», 1986. – 279 с.
6. Волченко В.Н. Сварка и свариваемые материалы: справочное пособие [Текст] / В.Н. Волченко. - М. :Металлургия, 1991 .- 256 с.
7. Куркин С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций: Атлас. М.: Машиностроение, 1986. – 327 с.
8. Волченко В.П. Контроль качества сварных конструкций. М.: Машиностроение, 1986. – 155 с.
9. Федулова М.А. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы. / М.А. Федулова, Д.Х. Билалов. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально – педагогический университет», 2014. 49 с.
10. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом [Текст] / А.Г. Потапьевский – 2-е изд. доп. и испр. – М.: Машиностроение, 2002. – 240 с.

11. Виноградов В.С. «Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки», 1997. - 319 с.
12. Севбо П.И.: Расчет и конструирование механического сварочного оборудования. Киев: «Наук.думка», 1978. – 400 с.
13. «Сварочное оборудование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esab.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.12.2017).
14. «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим па: <https://a-svarka.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 22.12.2017).
15. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов [Текст] А.С. Зубченко, Б.Г. Нефедьев. - 2-е издание доп. и испр. - М.: Машиностроение, 2003. 784с.
16. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01.– М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 2003. – 7с.
17. ГОСТ 14771 – 76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1976-28-07. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1976. – 38 с.
18. ГОСТ 8713 – 79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1981-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1976. – 60 с.