

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»  
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ М.А. Иванов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Совершенствование технологии сборки и сварки контейнера с  
внутренними шпангоутами.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-15.03.01.2018.152. ПЗ ВКР

Руководитель работы

\_\_\_\_\_ Должность

\_\_\_\_\_ Подпись И.О., Фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы П-440

А.В.Штальман \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролёр  
преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Челябинск, 2018

Аннотация

Штальман А.В. Совершенствование технологии сборки и сварки контейнера с внутренними шпангоутами. – Челябинск: ЮУрГУ, П-440; 2018, 5 ил., библиогр. список – 11 наим., 6 листов чертежей ф.А1.

После изучения существующего процесса сборки и сварки контейнера предложено заменить ручную дуговую сварку продольных и кольцевых швов корпуса контейнера на автоматическую под слоем флюса, а сварку шпангоутов и прихваток – на механизированную в среде защитного газа.

В проекте проанализирована существующая и разработана новая технология сборки и сварки контейнера с программой выпуска 1500 изделий в год. Рассчитаны параметры режимов сварки, выбрано сварочное оборудование и сопутствующие материалы. Спроектирована установка для сборки и сварки корпуса контейнера, позволявшая существенно уменьшить трудоемкость и повысить качество его изготовления.

В разделе по безопасности жизнедеятельности описаны правила производства работ, обеспечивающие безопасные условия труда на сборочно-сварочном участке.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	8
1.1 Анализ конструкции изделия .....	8
1.2 Материал изделия и его свариваемость .....	9
1.3 Условия эксплуатации изделия .....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	12
2.1 Базовый вариант технологического процесса .....	12
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.....	15
2.3 Выбор способа сварки.....	15
2.4 Расчет режимов сварки .....	20
2.4.1 Расчет режима сварки для продольного стыка и кольцевых швов обечайки.....	20
2.4.2 Расчет режима механизированной сварки в смеси защитных газов плавящимся электродом .....	25
2.5.1 Центратор для сборки днища и горловины.....	33
2.5.2 Установка для автоматической сварки под слоем флюса.....	33
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	35
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	37
4.1. Анализ основных вредных и опасных производственных факторов ....	37
4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.....	38
4.2.1 Пожарная безопасность .....	40
4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами.....	41
4.4 Планировка оборудования и рабочих мест участка .....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А	

## ВВЕДЕНИЕ

В дипломном проекте разрабатывается технология изготовления контейнера из стали 30ХГСА, которая относится к среднеуглеродистой легированной стали перлитного класса. Сложностью при сварке этих сталей является образование закалочных структур в шве и зоне термического влияния, которые могут привести к хрупкому разрушению. В связи с этим для получения качественного сварного соединения необходимо:

- 1) выбрать сварочные материалы и определить технологические приемы и режимы сварки;
- 2) выполнить контроль качества соединений в соответствии с требованиями КД.

Таким образом, целью дипломного проекта является создание прогрессивной технологии изготовления контейнера из стали 30ХГСА

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

Контейнер (рисунок 1.1) является оболочковой конструкцией, состоящей из обечайки, днища, горловины и шпангоутов. Данный контейнер является герметичным изделием, предназначенным для хранения жидких отходов. Длина изделия составляет 838 мм, его диаметр 430 мм, толщина стенки 4 мм, толщина днища составляет 100 мм.

При изготовлении изделия выполняется один продольный шов, длиной 660 мм и два кольцевых шва, протяженностью 430 мм каждый, которые соединяют обечайку с горловиной и днищем. Сварку обечайки со шпангоутами, выполняют угловыми швами в шахматном порядке. Внутренние шпангоуты выполнены из прокатного двутавра и обеспечивают необходимую жесткость конструкции, а также предохраняют стенку обечайки от корабления, которое может произойти в процессе сварки и термообработки изделия. Днище контейнера толщиной 100 мм обеспечивает устойчивость изделия от опрокидывания.

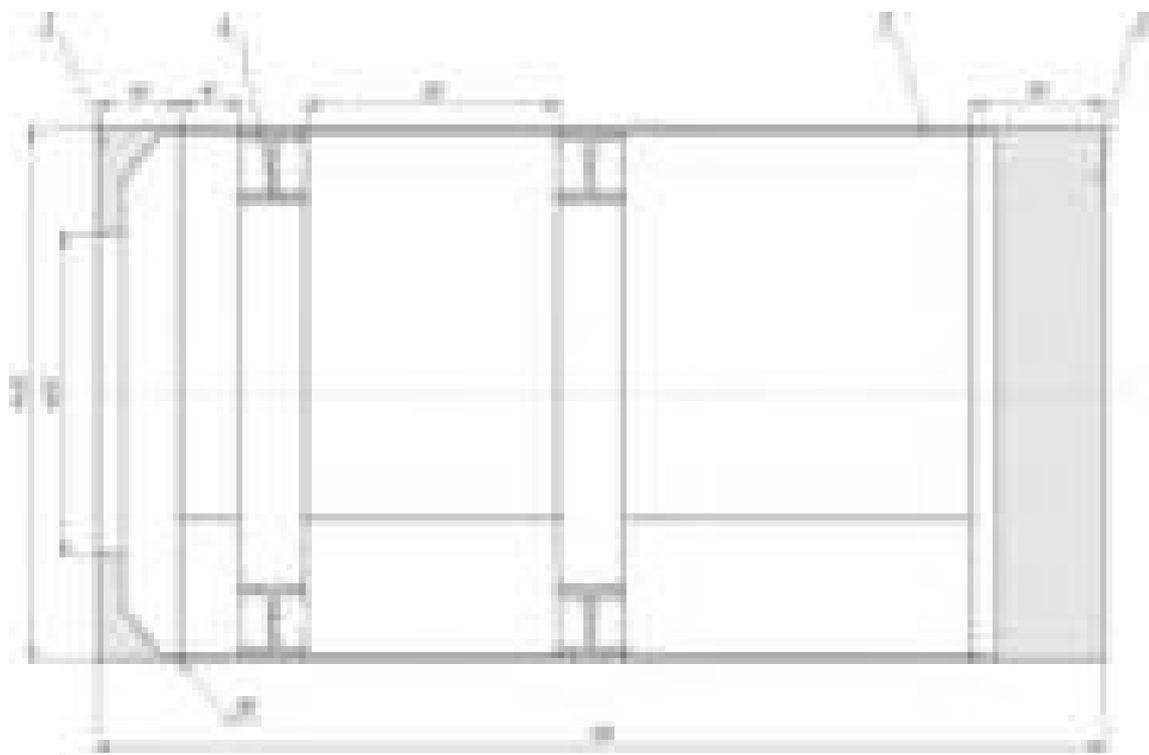


Рисунок 1.1 – Контейнер:

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1-обечайка,2-днище,3-горловина, 4-шпангоут

## 1.2 Материал изделия и его свариваемость

Материалом изделия является сталь 30ХГСА по ГОСТ 4543-71, которая относится к среднеуглеродистым легированным сталям перлитного класса. Механические свойства материала [1, с.179], указаны в таблице 1.1. Химический состав приведен в таблице 1.2. Особенностью при сварке данной стали является образование закалочных структур в шве и зоне термического влияния (ЗТВ), создающих опасность хрупкого разрушения.

Таблица 1.1 – Механические свойства изделия из стали 30ХГСА (закалка 880 °С, масло. Отпуск 600 °С, вода)

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/м <sup>2</sup>	$HV$
940	1040	19	62	127	300

Таблица 1.2 – Химический состав стали 30ХГСА по ГОСТ 4543-71

в процентах

<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
0,3	0,8..1,2	0,8..1,1	0,8..1,1	0..0,3	0..0,3	0,025	0,025

Повышенное содержание углерода в стали 30ХГСА способствует склонности к перегреву и закалке, образованию горячих и холодных трещин в сварном соединении и пор в шве и зоне термического влияния (ЗТВ), создающих опасность хрупкого разрушения.

Для оценки склонности металла сварного соединения к трещинообразованию в процессе сварки необходимо выполнить соответствующие расчёты [1]. Для оценки склонности стали к образованию холодных трещин определим общий эквивалент углерода по формуле (1)

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr+V}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \leq 0,45\% \quad (1)$$

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2018.152.00 ПЗ					



безразмерный показатель склонности металла к образованию горячих трещин по формуле:

$$HSC = 0,55 \cdot \left( \frac{0,3 \cdot (0,025 + 0,025 + 0,04 \cdot 1,1 + 0,01 \cdot 0,3) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,1 + 1,2 + 0,3} \right) +$$

$$+ 0,45 \cdot \left( \frac{0,18 \cdot (0,025 + 0,025 + 0,04 \cdot 0,3 + 0,01 \cdot 0,3) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,7 + 1,2 + 1,1} \right) = 2,8 + 1,09 = 3,89.$$

Полученное значение  $HSC < 4$ , поэтому горячие трещины не образуются, сопутствующий подогрев не требуется. [2, с.58].

### 1.3 Условия эксплуатации изделия

Контейнер является герметичным изделием, предназначенным для хранения жидких неагрессивных промышленных отходов при температуре от -20 до +40 С. Хранимые продукты помещаются в контейнер способом налива через горловину. В процессе эксплуатации контейнер воспринимает статическую нагрузку от веса хранимого продукта.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологического процесса.

В настоящее время изготовление контейнера на сборочно-сварочном участке представляет собой следующие технологические операции:

- 1) сборка и сварка шпангоутов с обечайкой; сварка продольного стыка обечайки;
- 2) сборка и сварка днища и обечайки;
- 3) сборка и сварка горловины и обечайки;
- 4) термообработка после сварки;
- 5) контроль качества;
- 6) окончательная термообработка.

Все сварные швы контейнера выполняются ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264-80 электродом типа Э100 по ГОСТ 9467-75 марки ВИ10-6. Сварочные работы проводятся с использованием сварочным инвертором FoxWeld Varteg 180 DC. Технические характеристики источника питания приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Технические параметры сварочного инвертора

Диапазон сварочного тока, А	Напряжение питания, В	КПД (%) / коэффициент мощности	Род тока
160-180	220	85/0,7	Постоянный

Таблица 2.2 – Режимы сварки изделия

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Марка электрода	Напряжение на дуге, В	Сила тока, А.	Род тока
3	2.5	ВИ10-6	20	80	Постоянный

Таблица 2.3 – Химический состав электрода марки ВИ10-6

в процентах

С	Мо	Мn	Si	S	P
0.09	0.4	0,9	0.6	0,015	0,020

Места сварки, которые относятся к группе особо ответственных подвергаются радиографическому контролю по ГОСТ 7512-82 перед проведением окончатель-

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2018.152.00 ПЗ					

ной термообработки корпуса контейнера. После термообработки проводится визуально-измерительный контроль сварного соединения, корпуса контейнера на корабле.

Для сварки продольного стыка обечайки используется клавишный стенд (рисунок 2.1), который состоит из станины 1, консоли 2, боковых балок 3 и 4, переходника 5, штурвала 6, подкладки 7, поворотного колеса 8 и колеса 9.

Штурвал 6 отводится в крайнее верхнее положение и производится установка обечайки на консоль 2. После возвращения штурвала в исходное положение в пневмосистему стенда подается воздух. Рукава при прохождении сжатого воздуха, стремясь принять правильную форму, оказывают давление на клавиши стенда, которые прижимают свариваемые кромки к медной подкладке, установленной на консоли. Медная подкладка служит для формирования обратного валика шва. После выполнения сварного шва отключается подача сжатого воздуха в пневмосистему стенда, штурвал 6 отводится в крайнее верхнее положение и обечайка снимается с консоли 2.

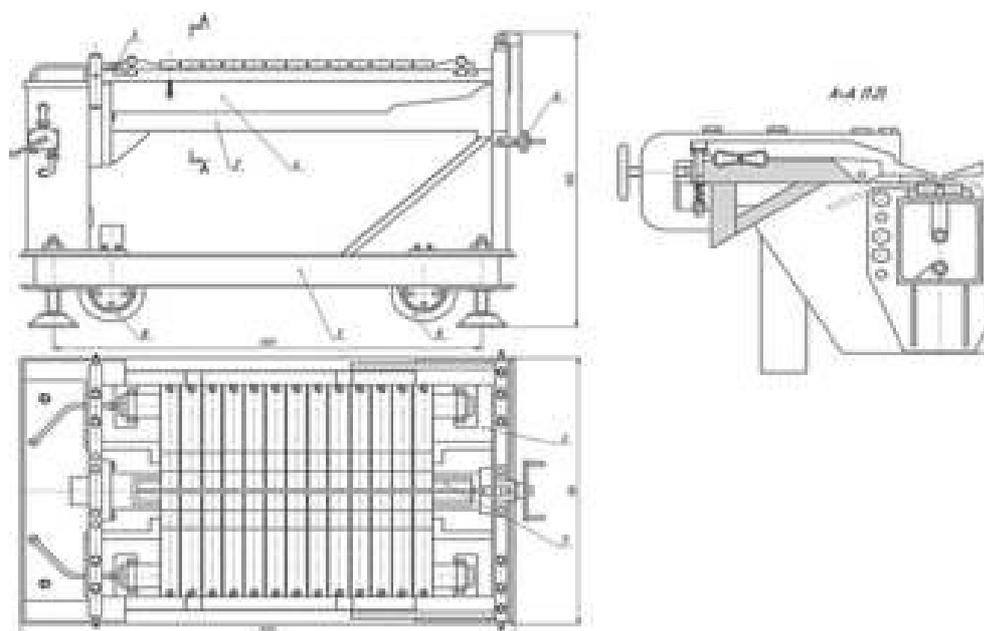


Рисунок 2.1 – Клавишный стенд

Для сварки днища и горловины с обечайкой применяется сварочный вращатель (рисунок 2.2). Вращатель предназначен для вращения свариваемого изделия со сварочной или маршевой скоростью.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



## 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

Для снижения трудоемкости изготовления конструкции, а также повышения качества сварных швов нами было предложено применить автоматическую сварку в среде защитного газа для протяженных (более 400 мм) прямолинейных и кольцевых швов. Для сварки шпангоутов с обечайкой, а также выполнения прихваток и приварки технологических планок предлагаю применять сварку плавящимся электродом в среде защитных газов. Обечайка поставляется компанией поставщиком.

Предлагаемая технология сборки и сварки контейнера выглядит следующим образом:

- 1) сборка обечайки и приварка технологических планок;
- 2) предварительный подогрев изделия;
- 3) сборка обечайки со шпангоутами, прихватка шпангоутов механизированной сваркой в среде защитных газов;
- 4) сварка продольного стыка обечайки автоматической сваркой под слоем флюса;
- 5) термообработка изделия после сварки;
- 6) отрезка технологических планок;
- 7) сборка обечайки с днищем и их прихватка;
- 8) сварка обечайки с днищем автоматической сваркой под слоем флюса;
- 9) сборка обечайки с горловиной и их прихватка;
- 10) сварка обечайки с горловиной автоматической сваркой под слоем флюса;
- 11) контроль качества сварных швов;
- 12) термообработка изделия после сварки;
- 13) контроль качества сварных швов.

## 2.3 Выбор способа сварки

Для автоматизации производства и уменьшения влияния человеческого фактора на количество и качество производимых изделий необходимо выбрать способ который будет отвечать следующим требованиям:

- качество сварного соединения
- производительность

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

-гибкость производственной линии

Рассмотрим следующие варианты сварки:

-Автоматическая сварка под слоем флюса

-Автоматическая сварка в среде защитного газа

Изучив существующие аналоги производства контейнеров, пришли к выводу о преимуществах и недостатках представленных методов:

Преимущества автоматической сварки под слоем флюса:

-повышенная производительность;

-возможность резкого увеличения силы сварочного тока. Лучшее использование тока заметно экономит расход электроэнергии;

-заключение дуги в газовый пузырь со стенками из жидкого флюса практически сводит к нулю потери металла на угар и разбрызгивание, суммарная величина которых не превышает 2% веса расплавленного электродного металла. Отсутствие потерь на угар и разбрызгивание, и уменьшение доли электродного металла в образовании шва позволяют весьма значительно экономить расход электродной проволоки;

-максимально надёжная защита зоны сварки;

-минимальная чувствительность к образованию оксидов;

-мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;

-не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;

-низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;

-малые затраты на подготовку кадров;

-сварные швы получаются равномерного и очень высокого качества;

Недостатки сварки под слоем флюса:

-трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;

-расход флюса по весу в среднем равняется весу израсходованной проволоки, и стоимость его оказывает существенное влияние на общую стоимость сварки;

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

-невидимость места сварки, закрытого толстым слоем флюса. Невидимость места сварки повышает требования к точности подготовки и сборки изделия под сварку, затрудняет сварку швов сложной конфигурации;

Автоматическая сварка в среде защитного газа:

Преимущества:

-высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;

-возможность сварки в различных пространственных положениях;

-отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;

-возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;

-высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;

-низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

Недостатки метода:

-необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла;

-потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия;

-наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Проанализировав оба метода (их достоинства и недостатки), выбор сделан в пользу автоматической сварки под слоем флюса, так как материал изделия 30ХГСА, имеет склонность к образованию горячих и холодных трещин, и для уменьшения вероятности их появления необходимо снизить высокую скорость охлаждения, которая находится вне рекомендованного диапазона для данной стали при автоматической сварке в среде защитного газа, в свою очередь скорости охлаждения при автоматической сварке под слоем флюса отвечают рекомендациям

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

для сварки стали 30ХГСА, что дополнительно позволяет не прибегать к специальным мерам для термообработки и повышения качества сварного соединения.

Выбрав подходящий метод сварки, выберем сварочные материалы.

Для сварки кольцевого и продольного шва необходимо выбрать марку проволоки и флюса. Сначала произведем выбор сварочной проволоки[3]:

Рассмотрим два варианта проволоки по ГОСТ-2246-70:Св-12Х2НМА(ТУ-14-1-2680-78) и Св-18ХМА.

Сравним химический состав проволок Св-12Х2НМА (Таблица 2.4) и Св-18ХМА (Таблица 2.5), и их механические свойства (Таблица 2.6)

Таблица 2.4 – Химический состав проволоки Св-12Х2НМА

в процентах

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Mo	Ce
0.09-0.16	0.015	0.015	0.3-0.7	1.9-2.4	0.4-0.8	0.8-1.2	0.35-0.6	0.04

Таблица 2.5 – Химический состав проволоки Св-18ХМА

в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	N
0.5-0.22	0.12-0.35	0.4-0.7	До 0.3	До 0,025	До 0.025	0.8-1.1	0.15-0.3	До 0.012

Таблица 2.6 – Основные показатели свойств проволоки Св-12Х2НМА и Св18ХМА[3]

Показатель	Расчетная формула	Св-12Х2НМА	Св-18ХМА
Чувствительность к горячим трещинам	$HSC = \frac{C \cdot (S + P + 0,04 \cdot Si + 0,01 \cdot Ni) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \leq 4$	4.2	2.35
Чувствительность к холодным трещинам	$C_{экр} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \leq 0,4$	0.68	0.70

Продолжение таблицы

Предел прочности металла шва после сварки, МПа	$\delta_B = 15.4(16 + 12.5C + 15(Mn + Cr) + 12Mo + 8Ni)$	1178	1629
--	--	------	------

Исходя из данных таблицы 2.6, можно сделать вывод о том, что пониженная сопротивляемость проволоки Св-12Х2НМА холодным трещинам компенсируется сопротивляемостью горячим трещинам и повышенной прочностью металла шва после сварки. Прочностные показатели проволоки 12Х2НМА по сравнению 18ХНМА, выше на 20-40% в зависимости от температуры отпуска. При сварке стали проволокой 18ХМА структуру металла составляет ферритно-перлитная смесь, при сварке 12Х2НМА структура состоит из мартенсита и игольчатого троостита. Таким образом, применив проволоку Св-12Х2НМА, взамен проволоки Св-18ХМА, обеспечивается повышение прочностных свойств примерно на 30%, при сохранении пластических и вязких характеристик.

Выбор сварочного флюса:

Учитывая рекомендации производителя сварочной проволоки, рассмотрим сварочный флюс марганцево-силикатного типа, распространенным представителем которого, является флюс АН-348А по ГОСТ 9087-81. [11] Рассмотрим химический состав флюса АН-348А (Таблица 2.8) и его зарубежного аналога НЖ-431 (Таблица 2.7). [12]

Таблица 2.7 – Химический состав флюса НЖ-431

в процентах

CaF+CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	SiO <sub>2</sub> + MnO	CaF <sub>2</sub>	S	P
10-14	9-12	74-82	17.6-19.1	0-0.06	0-0.08

Таблица 2.8 – Химический состав флюса АН-348А

в процентах

CaO+ MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MnO	SiO <sub>2</sub> +MnO	CaF <sub>2</sub>	S	P
19	47,5	76	4.5	0-0,11	0-0,12

Химические свойства рассматриваемых флюсов, несмотря на разницу в содержании элементов, отличаются незначительно. Главной особенностью данных флюсов является то, что кремне-марганцевосстановительные процессы протекают сравнительно медленно. В результате наплавленный металл в значительной степени обогащен мелкодисперсными оксидными включениями. Содержание кислорода в металле шва составляет 0,05%.

Выбор флюса сделаем в пользу отечественного АН-348А, стоимость которого ниже на 20%.

## 2.4 Расчет режимов сварки

### 2.4.1 Расчет режима сварки для продольного стыка и кольцевых швов обечайки

Сварку обечайки кольцевого и продольного шва, в виде соединения С4 производим автоматической сваркой под слоем флюса по ГОСТ 8713-79 на постоянном токе обратной полярности сварочной проволокой Св-12Х2НМА, под флюсом АН-348А без разделки кромок односторонним швом с полным проплавлением применением медной подкладки. Сварное соединение представлено на рисунке 2.3.

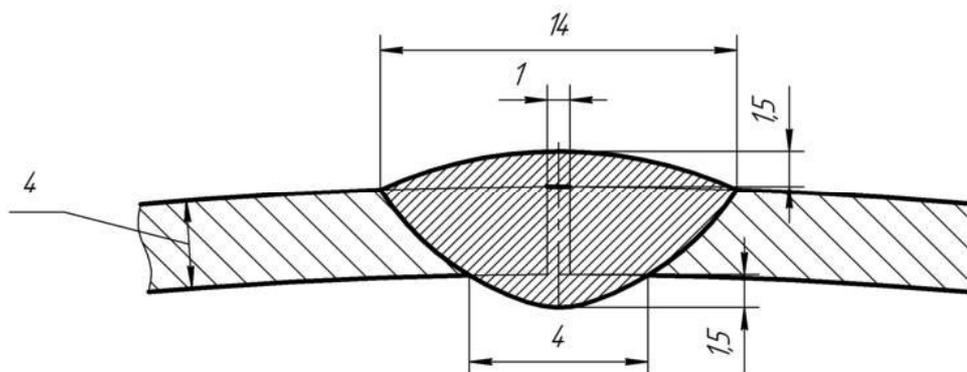


Рисунок 2.3 – Схема сварного шва для автоматической сварки под слоем флюса

Определим величину сварочного тока по эмпирической зависимости

$$I_{св} = 80 \cdot h_p, \quad (6)$$

где :

$$h_p = H - \frac{F_{нап}}{0,73 \cdot e \cdot c} - \text{расчетная глубина проплавления, мм}; \quad (7)$$

$H$  – высота шва, мм (рисунок 2.1);

$$F_{нап} = F_г + F_з + F_{обр.г} - \text{площадь наплавленного металла, мм}^2; \quad (8)$$

$$F_г = 0,73 \cdot e \cdot c - \text{площадь наплавленного валика, мм}^2; \quad (9)$$

$e = 14 \text{ мм}$  – предварительно принятая ширина шва с учетом рекомендаций ГОСТ 8713-79;

$c = 1,5 \text{ мм}$  – предварительная высота усиления шва с учетом рекомендаций ГОСТ 8713-79;

$$F_з = b \cdot S - \text{площадь наплавленного металла в зазор, мм}^2; \quad (10)$$

$b = 1 \text{ мм}$  – зазор между свариваемыми кромками по ГОСТ 8713-79;

$S = 4 \text{ мм}$  – толщина сварного соединения;

$$F_{обр.г} = 0,73 \cdot e_1 \cdot c_1 - \text{площадь наплавленного обратного валика, мм}^2; \quad (11)$$

$e_1 = 4 \text{ мм}$  – предварительная ширина усиления с обратной стороны шва с учетом рекомендаций ГОСТ 8713-79;

$c_1 = 1,5 \text{ мм}$  – предварительная высота усиления с обратной стороны шва с учетом рекомендаций ГОСТ 8713-79;

$$F_{нап} = 0,73 \cdot 14 \cdot 1,5 + 1 \cdot 4 + 0,73 \cdot 4 \cdot 1,5 = 23,71 \text{ мм}^2;$$

$$I_{св} = 80 \cdot \left( 7 - \frac{23,71}{0,73 \cdot 14} \right) = 375 \text{ А.}$$

Определим диаметр электродной проволоки из выражения

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{I_{св}/j}, \quad (12)$$

где  $j = 45 \dots 90 \text{ A/мм}^2$  – допуская плотность тока на вылете электрода [3, таблица 2.1].

Примем, что  $j = 45 \text{ A/мм}^2$ ,

тогда диаметр электродной проволоки

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{375/45} = 3,26 \text{ мм}.$$

Полученное значение округляем до целого, т.е.  $d_3 = 3 \text{ мм}$ . С учетом этого плотность тока определим как:

$$j = 1,277 \cdot \frac{I_{св}}{d_3^2} = 1,277 \cdot \frac{375}{3^2} = 53,21 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}.$$

Вылет электрода определим по формуле

$$l_3 = 10 \cdot d_3 = 30 \text{ мм}. \quad (13)$$

Также необходимо выполнение условия  $l_3 \leq 30 \text{ мм}$ , что выполнено в формуле (13).

Определим напряжение на дуге из выражения

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{св}}{1000 \cdot \sqrt{d_3}} \pm 1 = 30,82 \pm 1 \text{ В} \quad (14)$$

Коэффициент наплавки определим по формуле

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\kappa}{100}\right) = 16 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 15,2 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}, \quad (15)$$

где  $\alpha_p = 16 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$  – коэффициент расплавления [3, рисунок 2];

$\kappa = 5\%$  – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание при автоматической сварке под слоем флюса.

Скорость сварки определим из выражения

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \rho}, \quad (16)$$

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2018.152.00 ПЗ					

где  $F_{нан}$  – площадь наплавленного металла,  $см^2$ ;

$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность металла [3, страница 5];

$$V_{св} = \frac{15,2 \cdot 375}{3600 \cdot 23,71 \cdot 10^{-2} \cdot 7,85} = 0,856 \frac{см}{с}.$$

Скорость подачи проволоки определим по формуле

$$V_{мн} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \rho}, \quad (17)$$

где  $F_э = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4}$  – площадь электродной проволоки,  $см^2$ ;

$$V_{мн} = \frac{16 \cdot 375}{3600 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,3^2}{4} \cdot 7,85} = 3,02 \frac{см}{с}.$$

Определим погонную энергию сварки из выражения

$$q_{ног} = \frac{U_d \cdot I_{св} \cdot \eta}{V_{св}}, \quad (18)$$

где  $\eta = 0,85$  – эффективный КПД дуги [3, страница 7];

$$q_{ног} = \frac{30,82 \cdot 375 \cdot 0,85}{0,856} = 11476,49 \frac{Дж}{см}.$$

По рассчитанным режимам определим значение реального коэффициента формы провара по формуле

$$\psi_{пр} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (19)$$

где  $k = 0,367 \cdot j^{0,1925}$  – коэффициент, зависящий от рода, полярности и плотности тока;

$$\psi_{пр} = 0,367 \cdot 53,21^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 375) \cdot \frac{3 \cdot 30,82}{375} = 2,96.$$

Определим фактическую глубину проплавления из выражения

$$h = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_{ног}}{\psi_{пр}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{11476,49}{2,96}} = 0,473 \text{ см} = 4,73 \text{ мм}. \quad (20)$$

Определим фактическую ширину шва по формуле

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$e = h \cdot \psi_{np} = 4,73 \cdot 2,96 = 14 \text{ мм} \quad (21)$$

Высоту усиления шва определим из выражения

$$c = \frac{F_{\epsilon}}{0,73 \cdot h \cdot \psi_{np}} = \frac{0,73 \cdot 14 \cdot 1,5}{0,73 \cdot 4,73 \cdot 2,96} = 1,49 \text{ мм}. \quad (22)$$

Определим коэффициент формы валика по формуле

$$\psi_{\epsilon} = \frac{e}{c} = \frac{14}{1,5} = 9,34. \quad (23)$$

Глубина проплавления, высота усиления и ширина шва при сравнении с ранее принятыми значениями (рисунок 2.3) имеют погрешность, но не превышающую нормы 5-7 % [3, страница 10].

Скорость охлаждения определим из выражения:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot S^2 \cdot (T_m - T_0)^3}{q_{noz}^2}, \quad (24)$$

где  $\lambda = 0,38 \text{ Вт/см} \cdot \text{°C}$  – коэффициент теплопроводности

$T_m = 550 \text{°C}$  – температура наименьшей устойчивости аустенита

$c\gamma = 3,89 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{°C}$  – объемная теплоемкость

$T_0 = 200 \text{°C}$  – начальная температура металла;

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,38 \cdot 3,89 \cdot 0,4^2 \cdot (550 - 200)^3}{11476,49^2} = 1,68 \frac{\text{°C}}{\text{с}}.$$

Найденная скорость охлаждения  $\omega = 1,68 \text{°C/с}$  входит в диапазон допустимых скоростей охлаждения  $\omega_{дон} = 1,0 \dots 6,0 \text{°C/с}$  [3, таблица 2.4]

Все рассчитанные параметры режима автоматической сварки под слоем флюса занесены в таблицу 2.9

Таблица 2.9 – Параметры режима автоматической сварки под слоем флюса

Параметры	Обозначение	Величина
Сварочный ток, А	$I_{св}$	365-375
Диаметр электродной проволоки, мм	$d_{\epsilon}$	3
Вылет электрода, мм	$l_{\epsilon}$	30

Продолжение таблицы

Напряжение на дуге, В	$U_d$	30-32
Скорость сварки, см/с	$V_{св}$	0,85
Скорость подачи электродной проволоки, см/с	$V_{пп}$	3
Погонная энергия сварки, Дж/см	$q_{ног}$	11476
Глубина проплавления, мм	$h$	4,8
Ширина шва, мм	$b$	14
Высота усиления, мм	$c$	1,4
Коэффициент формы провара	$\Psi_{пр}$	2,9
Коэффициент формы валика	$\Psi_v$	9,34
Скорость охлаждения, °С/с	$\omega$	1,68

При выполнении кольцевых швов электрод смещаем с зенита в сторону вращения на расстояние 20 мм [7].

Оценка склонности металла к образованию холодных трещин не проводится, т.к. скорость охлаждения (см. таблица 2.9) металла входит в допустимый интервал скоростей охлаждения для стали 30ХГСА [1, таблица 1.5].

*2.4.2 Расчет режима механизированной сварки в смеси защитных газов плавящимся электродом*

Сварку шпангоутов с обечайкой производим механизированной сваркой на постоянном токе обратной полярности проволокой Св-12Х2НМА по ГОСТ 2246-70 в смеси газов  $CO_2 + Ar$  (75%  $CO_2$ , 25%  $Ar$ ). Сварное соединение представлено на рисунке 2.4

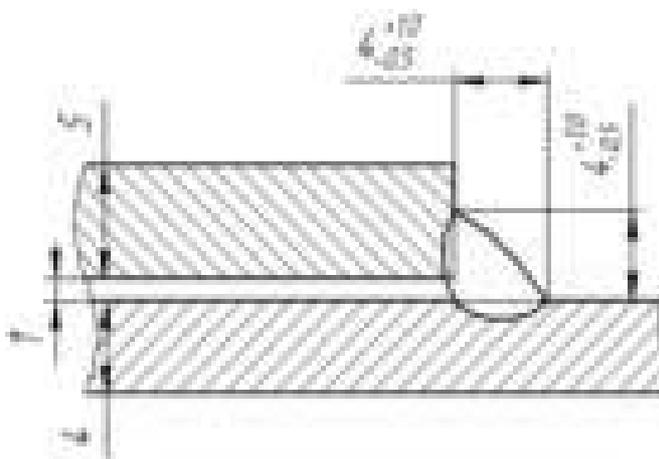


Рисунок 2.4 – Схема сварного шва для механизированной сварки в смеси защитных газов

Определим величину сварочного тока по формуле (6)

$$I_{св} = 80 \cdot h_p,$$

где

расчетная глубина проплавления определяется по формуле (7), мм;

$H$  – высота шва, мм(рисунок 2.4);

$e = 10$  мм – предварительно принятая ширина шва с учетом рекомендаций ГОСТ 14771-76;

$c = 0,3$  мм – предварительно принятая высота усиления шва с учетом рекомендаций ГОСТ 14771-76;

$b = 1$  мм – зазор между свариваемыми кромками по ГОСТ 14771-76;

$S = 4$  мм – толщина сварного соединения;

$F_{раздел.} = e_1 \cdot c_1$  – площадь наплавленного металла в разделку, мм<sup>2</sup>;

$e_1 = S - g = 3$  мм – высота разделки;

$c_1 = 1,73$  мм – ширина разделки;

Площадь наплавленного металла определим по формуле (8)

$$F_{нан} = 0,73 \cdot 10 \cdot 0,3 + 1 \cdot 4 + 1,73 \cdot 3 = 11,38 \text{ мм}^2;$$

$$I_{св} = 100 \cdot \left( 5 - \frac{11,38}{0,73 \cdot 10} \right) = 285 \text{ А}.$$

Определим диаметр электродной проволоки по формуле (12)

где  $j = 80 \dots 200 \text{ А/мм}^2$  – допуская плотность тока на вылете электрода [3, таблица 2.1].

Примем, что  $j = 140 \text{ А/мм}^2$ ,

тогда диаметр электродной проволоки:

$$d_s = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{285}{140}} = 1,61 \text{ мм}.$$

Полученное значение округляем до ближайшего стандартного размера, т.е.  $d_3 = 1,6 \text{ мм}$ . С учетом этого плотность тока определим как:

$$j = 1,277 \cdot \frac{I_{св}}{d_3^2} = 1,277 \cdot \frac{285}{1,6^2} = 142,17 \frac{A}{\text{мм}^2}.$$

Вылет электрода определим из выражения (13)

$$l_3 = 10 \cdot d_3 = 16 \text{ мм}$$

Также необходимо выполнение условия  $l_3 \leq 30 \text{ мм}$ , что выполнено в формуле (29).

Определим напряжение на дуге из выражения (14)

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{св}}{1000 \cdot \sqrt{d_3}} \pm 1 = 31,3 \pm 1 \text{ В}.$$

Коэффициент потерь определим по формуле

$$\kappa = B \cdot j \cdot 10^{-2} - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 - 4,72,$$

где  $B$  – коэффициент, зависящий от защитного газа. Для смеси  $CO_2 + O_2 + Ar$  он равен  $B=17,3$ ;

$$\kappa = 17,3 \cdot 142,17 \cdot 10^{-2} - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 142,17^2 - 4,72 = 11,5 \text{ \%}.$$

Подставляя полученное значение коэффициента потерь в выражение (15) находим коэффициент наплавки

$$\alpha_n = 15 \cdot \left(1 - \frac{11,5}{100}\right) = 13,2 \frac{г}{A \cdot ч}.$$

Подставим значения в формулу (16) и определим скорость сварки

$$V_{св} = \frac{13,2 \cdot 285}{3600 \cdot 11,38 \cdot 10^{-2} \cdot 7,85} = 1,16 \frac{\text{см}}{с}.$$

Скорость подачи проволоки определим из выражения (17)

где  $F_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$  – площадь электродной проволоки,  $\text{см}^2$ ;

$$V_{nn} = \frac{15 \cdot 285}{3600 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 7,85} = 7,52 \frac{\text{см}}{с}.$$

Определим погонную энергию сварки подставив значения в выражение (18)

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2018.152.00 ПЗ					

$$q_{noz} = \frac{31,3 \cdot 285 \cdot 0,8}{1,16} = 6152,1 \text{ Дж/см}.$$

По рассчитанным режимам определим значение реального коэффициента формы провара по формуле (19)

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 285) \cdot \frac{1,6 \cdot 31,3}{285} = 2,6.$$

Определим фактическую глубину проплавления из выражения (20)

$$h = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_{noz}}{\psi_{np}}} = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{6152,1}{2,6}} = 0,38 \text{ см} = 3,8 \text{ мм}$$

Определим фактическую ширину шва по формуле (21)

$$e = h \cdot \psi_{np} = 3,8 \cdot 2,6 = 9,88 \text{ мм}$$

Высоту усиления шва определим из выражения (22)

$$1 \quad c = \frac{F_e}{0,73 \cdot h \cdot \psi_{np}} = \frac{0,73 \cdot 10 \cdot 0,3}{0,73 \cdot 3,8 \cdot 2,6} = 0,303 \text{ мм}.$$

Определим коэффициент формы валика по формуле (23)

$$\psi_e = \frac{e}{c} = \frac{9,88}{0,303} = 32,6.$$

Полученные значения глубины проплавления, высоты усиления и ширины шва, сравнивая с принятыми ранее, имеют погрешность, не превышающую нормы.

Скорость охлаждения определим подставив значение в выражение (24).

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,38 \cdot 3,89 \cdot 0,4^2 \cdot (550 - 200)^3}{6152,1^2} = 5,84 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}$$

Найденная скорость охлаждения  $\omega = 5,84 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{сек}}$  входит в диапазон допустимых скоростей охлаждения  $\omega_{дон} = 1,0 \dots 6,0 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{сек}}$  [3, таблица 2.4].

Все параметры режима механизированной сварки в среде защитных газов приведены в таблице 2.10.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28



Продолжение таблицы

Напряжение на дуге, В	$U_d$	25-27
Скорость сварки, см/с	$V_{св}$	1,0
Скорость подачи электродной проволоки, см/с	$V_{пп}$	3,8
Погонная энергия сварки, Дж/см	$q_{пог}$	3900
Глубина проплавления, мм	$h$	2,5
Ширина шва, мм	$b$	8,0
Высота усиления, мм	$c$	0,68
Площадь наплавки, мм <sup>2</sup>	$F_{нап}$	7,9

### 2.5 Выбор сварочного и сборочного оборудования

На участке сварки, для выполнения сварочных работ, необходимо расположение следующего оборудования:

Для выполнения предварительного подогрева зоны сварки до температуры 200 °С применим пропано–кислородную горелку и бесконтактный термометр «ТЕРМОPOINT».

Для автоматической сварки продольных швов будет использоваться сварочная колонна, на которую в качестве источника питания установлен выпрямитель ВДУ-506С. Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-506С приведена в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-506С

Параметр	Величина
Номинальный сварочный ток при ПВ-60%, А	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Сетевое напряжение, В	3×380
Частота тока в сети, Гц	50
Габариты аппарата Д×Ш×В, мм	840×505×795
Вес сварочного аппарата, кг	230

При автоматической сварке под слоем флюса на колонну устанавливается автомат сварочный А-1406. Техническая характеристика автомата представлена в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Техническая характеристика автомата сварочного А-1406

Параметры	Величина
Номинальное напряжение сети, В	380
Частота тока питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток при ПВ-60%, А	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Сетевое напряжение, В	3×380
Количество электродов, шт	1
Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	2,0-5,0
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	17-553
Поперечное перемещение сварочной головки, мм	±70
Габариты Д×Ш×В, мм	1010×890×1725

Для механизированной сварки в среде защитного газа, используя параметры режимов сварки, выбираем полуавтомат сварочный для импульсной сварки Mig/Mag с плавной регулировкой PHOENIX 351 PULS немецкой фирмы EWM. Техническая характеристика полуавтомата приведена в таблице 2.14.

Таблица 2.14–Техническая характеристика полуавтомата сварочного PHOENIX 351 PULS

Параметр	Величина
Номинальный сварочный ток при ПВ-60%, А	350
Номинальный сварочный ток при ПВ-100%, А	300
Сетевое напряжение, В	3×400 (±20 %)
Частота тока в сети, Гц	50/60
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5-24



### 2.5.1 Центратор для сборки днища и горловины

Для выполнения кольцевых швов соединения днища и горловины с обечайкой применяют центратор (рисунок 2.5). Центратор состоит из корпуса 1, скоб 2 и 3, ручек 4, подкладки 5. Установка центратора производится поэлементно. После установки всех трех частей вращением ручки 4 производится прижатие подкладки 5 к стыку. Подкладка 5 выполняется из меди и основой ее целью является предотвращение прожогов. После сварки, вращая ручку 4, диаметр центратора уменьшается, и он извлекается из обечайки.

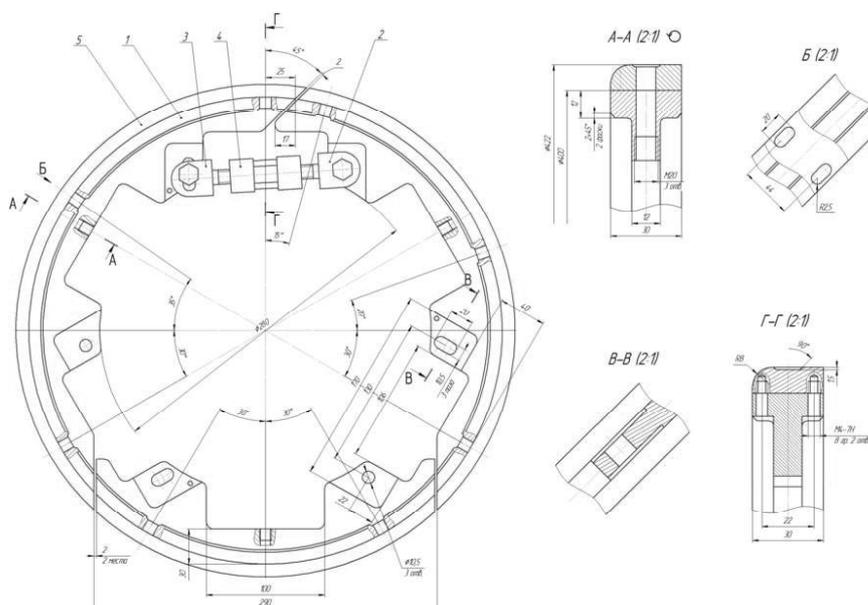


Рисунок 2.6 – Центратор для сборки днища и горловины

### 2.5.2 Установка для автоматической сварки под слоем флюса

Для выполнения автоматической сварки корпуса контейнера применим установку ПКТБА-УСФ-1500-2000-35000 КПНВ (Рисунок 2.6). Данная установка позволяет выполнять сварку продольного стыка, для сварки обечайки, и кольцевых швов, для сварки горловины и днища с обечайкой. Сварка продольного шва происходит при неподвижных вращателях 4, 3, за счет горизонтального перемещения консоли 1. Сварка кольцевых швов выполняется с помощью двух роликовых вращателей, один из которых выполнен с электродвигателем, второй совершает холостое движение, при этом консоль перемещается лишь к месту сварки, в процессе сварки узлов изделия консоль неподвижна. Доставка флюса, выполнена с помо-



### 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К изделию предъявляются высокие требования по качеству сварных швов. Все дефекты сварных соединений делятся на внутренние и внешние. Внешние дефекты возникают при формировании сварного шва. К ним относятся нарушение формы сварного шва, подрезы, трещины горячие и холодные. К внутренним дефектам относят трещины, пористость, несплавления и непровары. Качество сборки оказывает существенную роль на качество соединения.

В процессе сборки контейнера осуществляем контроль расположения деталей друг относительно друга, расположение и размеры прихваток, отсутствие трещин, прожогов и т.д. Допускается все наружные дефекты устранять механическим путем, при этом размеры шва и толщина основного металла не должна выходить за нижние предельные отклонения. При обнаружении дефектного участка определяют его границы. Исправляют дефекты засверловкой, фрезеровкой, вырубкой с последующей подваркой. Подварку дефектных участков выполняют до проведения окончательной термообработки.

Для выявления дефектов при сборке используется визуально-измерительный контроль (ВИК). С помощью ВИК выявляют, прожоги, грубую чешуйчатость, наплывы металла, подрезы, непровары, трещины, поры, раковин, отступления от проектных размеров сварного шва. Для проведения ВИК применяются: сварочные шаблоны для проверки правильности геометрии шва, увеличительные лупы, угольники, линейки, рулетки, штангенциркуль по ГОСТ 23479-79.

Для выявления внутренних дефектов сварных швов используем ультразвуковой контроль по ГОСТ 55724-2013. Согласно конструкторской документации ультразвуковому контролю подвергаются сварные швы I-ой группы, к которым относятся швы № 1, 2, 3 (см. рисунок 1.1) Нормы на количество и размеры дефектов для сварных швов I группы, допущенных в швах без исправления и допускаемых к исправлению, приведены в таблице 3.1. Ультразвуковой контроль проводится для выявления внутренних трещин, пор, различного рода включения. Для проведения

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



Таблица 3.2– Основные характеристики аппарата ПАМИР-300

Параметр	Величина
Размер томограммы	256 х 256 точек
Глубина измерения залегания дефекта	2 – 7 200 мм
Диапазон устанавливаемых рабочих частот ультразвука	1 – 10 МГц
Источник питания	литиевый аккумулятор
Номинальное значение напряжения питания	11,1 В
Диапазон рабочих температур	от -10 до +55°С
Масса электронного блока	1,8 кг



Рис 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп А1550 IntroVisor

#### 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

##### 4.1. Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

На здоровье и работоспособность человека во время труда влияет совокупность факторов производства и трудового процесса.

Вредный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который вызывает профессиональную патологию, временное или стойкое снижение работоспособности, повышает частоту соматических и инфекционных заболеваний.

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который является причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья, смерти. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменением №1)» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К физическим опасным и вредным производственным факторам на СТО относятся:

- подвижные части оборудования, механизмы, машины;
- повышенная или пониженная температура воздуха; поверхности оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха;
- повышенный уровень статического электричества; электромагнитные излучения
- повышенный уровень шума, вибрации, ультразвука и инфразвука;
- отсутствие или недостаток естественного и искусственного освещения;
- острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхностях заготовок инструментов и оборудования.

#### 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

Сварочные работы относятся к виду работ с повышенным показателем опасности. Среди небезопасных производственных факторов выделяются:

- 1) высокий уровень напряжения электросети;
- 2) световое и ультрафиолетовое излучение сварочной дуги;
- 3) вероятность появления искры и брызг;
- 4) высокая температура сварочной дуги и материалов;

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

5) давление газов, находящихся в баллонах.

Исходя из этого, техника безопасности при выполнении сварочных работ является очень актуальной темой. Ведь ее нарушение влечет за собой самые серьезные последствия. Среди самых частых травм, которые фигурируют в статистике, преобладают поражение электрическим током, ожоги глаз и незащищенных участков кожи и травмы механического свойства.

Для обеспечения электробезопасности на сборочно-сварочном участке в соответствии с требованиями ПОТ Р М-020-2001 приняты следующие меры:

-провода и кабели для питания электрооборудования машин и установок имеют надежную изоляцию и защиту от механических повреждений;

-электрооборудование машин термической резки должно иметь заземление. Заземлению подлежат у стационарных машин станина или рельсовый путь, у переносных машин - корпус машины;

-заземлены все цеховые газопроводы. Электрическое сопротивление между заземляющим устройством и любой точкой газопровода не превышает 100 Ом;

-запрещается производить ремонт машин термической резки под напряжением. Переносные машины термической резки во время их передвижения необходимо отключать от электрической сети;

-применяемое оборудование и приспособления удовлетворяют требованиям действующих стандартов и нормалей на соответствующее сварочное оборудование. Напряжение холостого хода источников сварочного тока не превышает максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование;

-соединение сварочных кабелей производят опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения;

-в электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением закрыты оградительными устройствами;

-электросварочные установки присоединяются к источнику питания через рубильник и предохранитель или автоматический выключатель.

Основные меры безопасности технологических процессов приняты на сборочно-сварочном участке в соответствии с требованиями ПОТ Р М-020-2001:

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

- стационарное рабочее место имеет устройства для отсоса вредных веществ;
- для защиты от искр и брызг расплавленного металла сварщик пользуется защитными очками или защитным щитком, спецодеждой и перчатками;
- при перерывах в работе (обеденный перерыв и пр.) выключить рубильник электрической станции, закрыть вентили воды, охлаждающей системы воздуха. В зимнее время необходимо сохранять циркуляцию воды;
- при прекращении подачи электроэнергии выключить рубильник сварочной машины;
- сварочное оборудование, предназначенное для сварки под флюсом на стационарных постах имеет, приспособление для механизированной засыпки флюса в сварочную ванну и флюсоотсос с бункером и фильтром;
- пустые баллоны хранятся отдельно от баллонов, наполненных газом;
- газовые баллоны предохранены от ударов и действия прямых солнечных лучей. От отопительных приборов баллоны устанавливаются на расстоянии не менее 1 м;
- по окончании работы баллоны с газом размещаются в специально отведенном для хранения баллонов месте, исключающем доступ посторонних лиц;
- на рабочем месте под ногами рабочих расположен резиновый ковер диэлектрический.

#### *4.2.1 Пожарная безопасность*

Проектируемый участок по классификации производств по пожарной безопасности относится к категории Г – пожароопасное производство, использующее горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие материалы и вещества, процесс обработки которых сопровождается выделением искр, пламени.

Источниками пожара в цехе могут служить источники питания сварочной дуги, газовые баллоны, технические масла и жидкости обрабатывающих станков, поврежденные электропровода оборудования.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Предусмотрено, что места, отведенные для проведения сварочных работ и установки сварочного оборудования, должны быть очищены от легковоспламеняющихся материалов в радиусе не менее 5 м.

При проведении сварочных работ запрещается пользоваться одеждой и рукавицами со следами масел и жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей.

Перед началом работы сварщик проверяет исправность сварочной аппаратуры, подготовленность рабочего места в противопожарном отношении: наличие средств пожаротушения, внутренних пожарных кранов, песка, огнетушителей. Если рабочее место не подготовлено, к работам приступать нельзя. Во время работы не допускается попадание искр расплавленного металла и разбрасывание электродных огарков на горючие конструкции и материалы, а после работы рабочее место тщательно осматривается.

Запрещается загромождать и закрывать проходы к пожарному инвентарю. Курить необходимо в специально отведенных местах, оборудованных средствами пожаротушения.

При возникновении пожара или загорания необходимо немедленно отключить сварочную установку. Подать сигнал пожарной тревоги и сообщить о пожаре мастеру, руководителем, позвонить в пожарную охрану. До прибытия пожарной охраны необходимо приступить к ликвидации пожара наиболее целесообразными для данной ситуации способами.

В соответствии с выбранной категорией помещения по пожарной опасности на участке предусмотрены следующие средства пожаротушения:

- а) два порошковых огнетушителя массой 4 кг каждый;
- б) два ящика с песком;
- в) щит пожарный ЩПП оборудованный ломом, багром, двумя ведрами, совковой и штыковой лопатой, тележкой для перевозки оборудования, асбестовым полотном, емкостью для хранения воды объемом  $0,2 \text{ м}^3$ .

#### 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Подъемные устройства на производстве являются источником повышенной опасности, в работе с подъемными устройствами имеются специальные требования, невыполнение которых влечёт за собой тяжелые последствия различного рода. Общие требования:

- к работе с применением подъемника допускаются лица не моложе 18 лет;
- прошедшие медицинское освидетельствование, инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний охраны труда;
- имеющие группу по электробезопасности не ниже II группы.

Требования безопасности перед началом работ:

- проверить и надеть специальную одежду, средства индивидуальной защиты;
- осмотреть и подготовить свое рабочее место
- подготовить необходимый для данной работы инструмент, проверить их внешним осмотром и убедиться в их исправности;
- проверить состояние изоляционных проводов. При повреждении изоляции эксплуатировать подъемник запрещается;
- проверить оборудование подъемника,
- перед началом работ необходимо подать предупреждающий сигнал

Требования безопасности во время работы:

- при нормальной работе подъемника не должен наблюдаться повышенный шум механизма подъемника, повышенный нагрев винтовой пары;
- запрещается проводить какие-либо работы с подъемником и его пультом управления при поднятом грузе
- перед подъемом груза убедиться в правильном положении зацепных устройств
- во время работы на подъёмнике необходимо использовать средства индивидуальной защиты, спецодежда должна быть застегнута.

Требования безопасности в аварийной ситуации:

- немедленно прекратить работы и известить руководителя работ;
- под руководством руководителя работ оперативно принять меры по устранению причин аварий или ситуаций, которые могут привести к авариям или несчастным случаям;

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

#### 4.4 Планировка оборудования и рабочих мест участка

Данный раздел посвящен описанию организационно-технических мероприятий и средств, примененных на спроектированном участке. Расчеты режимов сварки, выбора оснастки и оборудования выявили необходимость использования и размещения на участке сварки сварочного полуавтомата MIRA 221MV, сварочной колонны и полуавтомата EWM PHOENIX 351 PULS. В дипломном проекте была разработана планировка участка сборки и сварки резервуаров с внутренними шпангоутами. Принятые меры направлены на предотвращение и снижение опасных производственных факторов, связанных с освещенностью, микроклиматом, шумом, вредными веществами, ультрафиолетовым излучением, пожарной и электробезопасностью, а также безопасностью технологических процессов. Планировка участка приведена на рисунке 4.1

На планировке участка показаны основные размеры цехов в масштабе 1:100, высота, длина, ширина цеха, расстояние между опорными колоннами цеха. Указана высота на которой расположена кран балка. Указан пожарный проезд в соответствии с нормами пожарной безопасности. Так же на участке показано расположение средств пожаротушения. Рабочие места, где производится сварка, огорожены специальной ширмой, для предотвращения поражения сварочным излучением незащищенных работников цеха. Помимо этого на планировке указано рабочее место сварщика. Печи в которых производится термообработка изделия указаны под цифрами 3 и 9, консольный кран, производящий перемещение изделия по рабочим местам указан под цифрами 11 и 12, краны расположены так, чтобы изделие перемещалось от промежуточного склада к печи, месту ремонта 13 и сварки 2. Перемещение изделия по всей территории цеха производится с помощью мостового крана 13 грузоподъемность которого составляет 3 тонны. Склад готовой продукции отмечен цифрой 14, на данном складе хранятся изделия, прошедшие все проверки НК и отвечающие соответствующим требованиям.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

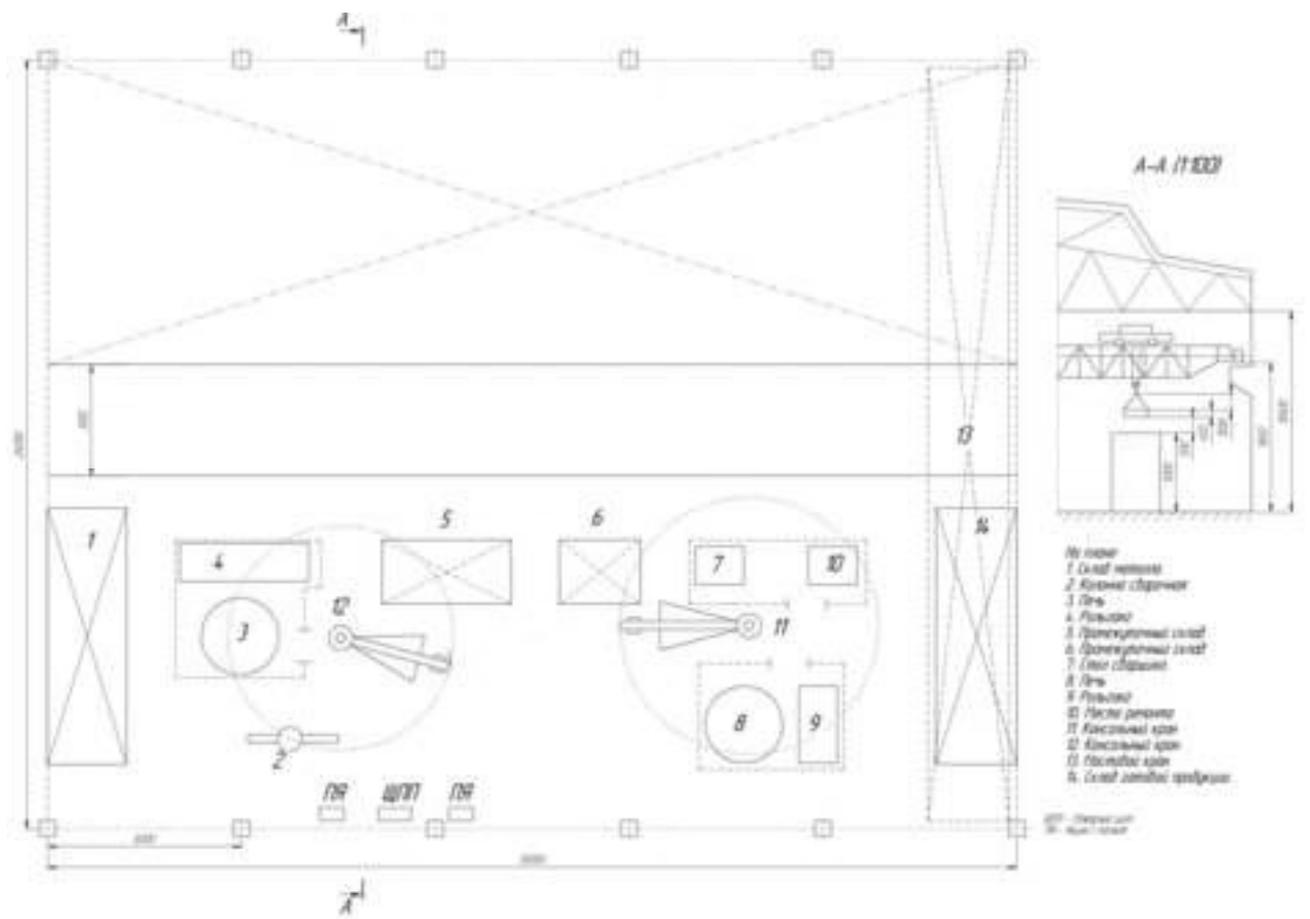


Рисунок 4.1—Планировка участка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.152.00 ПЗ

Лист

44

## Заключение

Проанализировав существующую технологию производства контейнера с внутренними шпангоутами из стали 30ХГСА, были разработаны предложения по ее совершенствованию: замена ручной дуговой сварки продольного и кольцевых швов большой протяженности на автоматическую сварку под слоем флюса, а сварку шпангоутов и технологических планок – на механизированную сварку в среде защитных газов. В результате предложенных улучшений базового технологического процесса повышается качество сварных соединений, заметно снижается трудоемкость изготовления изделия. Также при замене ручной дуговой сварки на автоматическую сварку под слоем флюса увеличилась экономия сварочных материалов.

Учитывая, что контейнер изготавливается из стали 30ХГСА, подобраны сварочные материалы: флюс АН-648А по ГОСТ 9087-81, сварочная проволока Св-12Х2НМА по ГОСТ 2246-70, защитная газовая смесь  $CO_2 + Ar$ .

Посчитаны режимы автоматической сварки под слоем флюса и механизированной сварки в среде защитных газов. Для всех способов сварки подобрано соответствующее сварочное оборудование, описаны методы НК сварного соединения. Так же была спроектирована оснастка для выполнения сборочно-сварочных работ.

Произведена планировка участка сборки и сварки резервуара.

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## Библиографический список

1 Сорокин, В.Г. Стали и сплавы. Марочник: справочное издание / В.Г. Сорокин. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.

2 Шахматов, М.В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек: учебник / М.В. Шахматов, В.В. Ерофеев, В.В. Коваленко. – Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.

3 Лазько, В.Е. Свойства сварных соединений выполненных сварочными проволоками Св-18ХМС и Св-12Х2НМА / Э.Л. Макаров, В.П. Никулин, А.А. Ковалев. – М.: ФГУП «ВИАМ»ГНЦ, 1985. – 13с.

4 Сварка в машиностроении: справочник в 4 т./ под ред Г.А. Николаева.

5 Сварка в машиностроении: справочник / под. ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1972 – 462 с.

6 Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. / под. ред. В.А. Винокурова. – М.: Машиностроение, 1979. – Т.3. – 468 с.

7 Сварка и свариваемые материалы: справочник: в 3 т. / под. ред. В.Н. Волченко. – М.: Изд-во МГТУ, 1998. – Т.2. – 574 с.

8 Технология и оборудование контактной сварки: учебник / Б.Д. Орлова. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

9 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства: учебник / А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф. – М.: Машистроение, 1979. – 280 с.

10 Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов: учебник / А.И. Красовский. – М.: Машиностроение, 1980. – 387 с.

11 ООО «ТД ЭЛЕК ТПФ» производство и поставка сварочных материалов—  
<http://elec-tpf.ru/prays-list/hj-431-analog-an-348a>

12 Компания «ТНД» партнер-дистрибьютер производителя сварочных материалов и оборудования ООО «ЭСАБ»  
<https://www.ventsvar.ru/catalog.html>

13 Предприятие «АНК»,оборудование для неразрушающего контроля

<http://chelyabinsk.ank-ndt.ru/produkcziya/ultrazvukovoj-kontrol/html>

					15.03.01.2018.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46