

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет
машиностроения и транспорта
(наименование)

Кафедра
Сварочное, литейное производство
и материаловедение
(наименование)

Направление подготовки
Профиль

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)
«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
на тему
«Разработка технологии сборки и сварки емкостного аппарата
ВЕА-1-0,25-0,6 из стали 12Х18Н10Т»

Студент

 15.06.
(подпись, дата)

Четвериков Дмитрий
Алексеевич (ф.и.о. полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

 16.06
(подпись, дата)

Семушкин А.В.
(фамилия, инициалы)

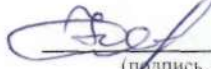
Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

 18.06
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 04.06.18 № 11)

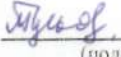
Заведующий кафедрой

 18.06
(подпись, дата)

Логинов О.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отлично (протокол заседания ГЭК от 18.06.2018 № 12)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

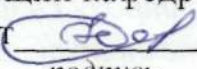
 18.06.2018г.
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2018

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
КАФЕДРА «СВАРОЧНОЕ, ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПИМ
к.т.н., доцент  О.Н. Логинов
подпись

« 08 » 12 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студента гр. 14МО1 Факультета машиностроения и транспорта Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Четвериков Дмитрий Алексеевич.

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент Семушкин А.В.

Время выполнения ВКР: с 8.12.2017 г. по 01.07.2018 г.

Место преддипломной практики: кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ПГУ.

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки емкостного аппарата ВЕА-1-0,25-0,6 из стали 12Х18Н10Т.

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1253/О от 08 декабря 2017 г.

Техническое задание на работу (серийность выпуска изделия, назначение изделия, технология сборки и сварки): Разработать технологию сборки и сварки емкостного аппарата с учетом мелкосерийного производства.

- производство: мелкосерийное;
- емкостной аппарат предназначен для сбора; хранения и передачи толуола под рабочим давлением 0,06 МПа.

Объем и содержание основной части работы

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- введение с обоснованием актуальности темы исследования, установления объекта и предмета, постановкой цели и задач исследования;
- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов)

- | | |
|---|--------|
| - общий вид емкостного аппарата | 1л А1; |
| - технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - схема сборки и сварки емкостного аппарата | 1л А1; |
| - методы контроля сварных швов и КСС | 1л А1; |
| - средства технологического оснащения | 1л А1; |
| - расчет элемента конструкции | 1л А1. |

Рекомендуемая литература:

1. 10. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ Р 52630-2012. – Введ. – 2013-04-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – IV, 82 с.: ил.

2. **Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных** [Текст]: ПБ-03-584-03. – Введ. – 2003-06-10. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – II, 57 с.: ил.

3. **Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки** [Текст]: ГОСТ 5632-2014. – Введ. – 2015-02-15. – М.: Стандартинформ, 2015. – II, 47 с.: ил.

Дата выдачи задания: 08.12.2017 г.

Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент

 А.В. Семушкин

Задание к исполнению принял студент

гр. 14МО1

 Д.А. Четвериков

08 декабря 2017 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ

ОПОП освоена в полном объеме
К государственной итоговой
аттестации допустить
 С.Ю. Киреев

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 100 с., 30 рис., 30 табл., 41 использованных источников, 3 прил. Графическая часть из 6 листов формата А1.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ЕМКОСТНОЙ АППАРАТ, РАСЧЕТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ, РЕЖИМЫ

Объектом разработки является сварная конструкция корпуса емкостного аппарата из стали 12Х18Н10Т для хранения и транспортировки толуола.

Предметом исследования является процесса сборки и сварки корпуса емкостного аппарата из стали 12Х18Н10Т.

Цель работы: разработка технологии сборки и сварки корпуса емкостного аппарата из стали 12Х18Н10Т в соответствии с НТД.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- а) проанализировать объект производства;
- б) спроектировать сварную конструкцию изделия;
- в) разработать технологию сборки и сварки изделия с выбором материалов, оборудования и средств технологического оснащения, а так же методы контроля.

В работе был проанализирован базовый вариант и разработана усовершенствованная технология сборки и сварки корпуса емкостного аппарата путем замены: ручной аргонно-дуговой сварки неплавящимся электродом на более производительную – механизированную сварку газозащитной порошковой проволокой в среде защитного газа.

Эффективность спроектированной сварной конструкции и разработанной технологии определяется высокой производительностью на основе механизации операций сборки и сварки корпуса емкостного аппарата. Разработанная технология может применяться для изготовления корпуса емкостного аппарата из стали 12Х18Н10Т.

					ПГВ РКД 15.02.01.11М0118		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.			
Разраб.		Цетверин			Разработка технологии сборки и сварки емкостного аппарата	Лит.	Лист
Провер.		Семинкин					Листов
							2
							118
Н. контр.		Хорин Д.В.			Каф. СЛПиМ		
Утв.		Логинцев					

Содержание

Введение.....	5
1 Литературно - патентный обзор.....	6
2 Анализ объекта производства.....	11
2.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия	11
2.2 Технические требования	13
3 Проектирование и расчет элементов конструкции изделия	15
3.1 Выбор материала изделия	15
3.2 Оценка свариваемости.....	18
3.3 Расчет внутреннего давления – расчетного и пробного	21
3.4 Коэффициенты прочности сварных швов	24
3.5 Расчет толщины стенки корпуса	25
3.6 Расчет сварных соединений на прочность	28
3.7 Расчет опоры обечайки в программе «Пассат 2.08»	35
4 Разработка технологии сборки и сварки изделия	36
4.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления.....	36
4.2 Заготовительные операции	37
4.3 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия	45
4.3.1 Последовательность сборки и сварки емкостного аппарата	46
4.4 Выбор сварочных материалов	51
4.5 Расчет параметров режимов сварки	54
4.6 Выбор сварочного оборудования	79
5 Контроль качества сварных соединений	83
5.1 Визуально измерительный контроль	84
5.2 Механические испытания	85
5.2.1 Испытания на статическое растяжение	85
5.2.1 Испытания на статический изгиб.....	87
5.3 Испытания на стойкость против МКК.....	89

5.4 Радиографический и ультразвуковой контроль.....	90
5.5 Стилоскопирование	91
5.6 Гидравлические испытания.....	92
6 Выбор и модернизация средств технологического оснащения.....	94
6.1 Приспособление для сборки и сварки обечайки с днищами.....	94
Заключение	96
Список использованных источников	97
Приложение А	102
Приложение Б.....	107
Приложение В.....	116

Введение

Сваркой называется процесс соединения металлических и неметаллических материалов, при котором устанавливаются межатомные и межмолекулярные связи по контактируемым поверхностям соединяемых деталей.

Сварка имеет применение в промышленности, как при изготовлении новых изделий, так и при ремонтных работах.

В данной выпускной квалификационной работе представлен технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях элементов конструкции емкостного аппарата ВЕА-1-0,25-0,6.

Проектируемая конструкция представляет собой емкостной аппарат, выпускаемый в условиях мелкосерийного производства, целью проектирования данной конструкции является решение задач, которые предъявляются определенным видом требований.

В выпускной квалификационной работе выполняются задачи, основными из которых являются:

- Анализ объекта производства. Служебное назначение, описание конструкции и технические требования.
- Проектирование и расчет элементов конструкции изделия.
- Разработка технологии сборки и сварки изделия.
- Контроль качества сварных соединений.
- Выбор и модернизация средств технологического оснащения.

Для решения поставленных задач в данной работе были рассмотрены различные технические решения и предложены специальные виды оборудования, которые повысят производительность и качество выпускаемой продукции.

1 Литературно - патентный обзор

Согласно ГОСТ Р 15.011-96[1], патентное исследование – это исследование технического уровня и тенденций развития объектов хозяйственной деятельности, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности (эффективности использования по назначению) на основе патентной и другой информации.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается, технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях элементов конструкции емкостного аппарата ВЕА-1-0,25-0,6.

Патентное исследование проводится в следующем порядке:

- Формулируется задание.
- Разрабатывается регламент поиска.
- Обосновывается индекс международной патентной классификации (МПК).
- Систематизируется и анализируется отобранная информация.
- Обобщаются результаты, разрабатываются рекомендации.
- Составляется отчёт.

Проектируемая конструкция изготавливается из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Данная сталь склонна к образованию межкристаллитной коррозии, поэтому к процессу сварки необходимо предъявлять высокие требования. При сварке элементов конструкции следует исключить перегрев сварного шва, и околошовной зоны. Перегрев приводит к выгоранию легирующих элементов. Так же необходимо тщательно подбирать сварочные материалы. Уровень технического развития производства сварочных материалов, позволяет получать качественные сварные соединения, не склонные к образованию межкристаллитной коррозии. Таким образом, целесообразно в качестве сварочной проволоки, применять газозащитную порошковую проволоку.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка порошковой проволокой с

дополнительной защитой углекислым газом, а так же смесями, применяется взамен ручной дуговой сварки электродами с покрытием рутилового, руднокислого и фтористо-кальциевого типов.

Порошковая проволока позволяет реализовать сочетание газошлаковой защиты, с возможностью рафинирования и модифицирования металла сварочной ванны, с целью достижения требуемого комплекса механических свойств наплавленного металла. В сочетании с флюсами и защитой углекислым газом или смесями газов.

Целью данного патентного исследования является исследование технического уровня и тенденции развития сварочных материалов для сварки вертикального емкостного аппарата ВЕА-1-0,25-0,6 из стали 12Х18Н10Т.

Регламент поиска состоит из определения вида поиска, его глубины или ретроспективности (количества лет), также в регламент поиска указывается перечень стран ограничивающие объём поиска, выбираются источники информации, по которым будет вестись поиск аналогов объекта, а также индекс МПК.

При проведении патентного исследования пользуются патентной, научно технической информацией, техническими журналами. Правильность выбора источников информации обеспечит качество и достоверность патентных исследований.

Дата составления регламента: 07.02. 2018 г.

Объект поиска: Порошковые проволоки для сварки аустенитных сталей.

Начало поиска: 07.02. 2018 г.

Завершение поиска: 16.03. 2018 г.

Страны поиска: Россия.

Ретроспективность: 10 лет

Основные элементы регламента приведены в таблице 1.

Индекс МПК состоит из раздела, класса, подкласса, группы и подгруппы.

Определение индекса МПК начинается с раздела. Раздел обозначается заглавной буквой латинского алфавита от *A* до *H*, каждый раздел имеет

свое название. Раздел *B* – различные технические процессы, транспортирование.

Таблица 1 – Регламент поиска

Предмет поиска	Индекс МПК	Широта поиска	Глубина поиска	Источники информации
Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей	<i>B23K 37/368</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей	<i>B23K 37/368</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС

Каждый раздел делится на классы. Класса состоит из индекса раздела и числа. Заголовок класса отражает его содержание. Класс *B23* – металлорежущие станки, способы и устройства для обработки металлов, не отнесенные к другим рубрикам.

Подкласс состоит из индекса класса и заглавной буквы алфавита. Заголовок подкласса с наибольшей точностью определяет содержание подкласса. Подкласс *B23K* – пайка или распаивание, сварка, плакирование или нанесение покрытий пайкой или сваркой, резка путем местного нагрева, газопламенная резка, обработка металла лазерным лучом.

Каждый подкласс делится на группы и подгруппы. Группа состоит из индекса подкласса и двух чисел разделённых наклонной чертой.

Текст основной группы определяет область техники, которая наиболее подходит для проведения поиска. Подгруппа образует рубрики, текст подгруппы наиболее

точно определяет область, в которой считается наиболее целесообразно проведение поиска.

В результате проведения поиска было выявлено некоторое количество объектов изобретений по направлению:

–*B23K 37/368* – Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей.

–*B23K 37/368* – Порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей.

Для проведения дальнейшего анализа были отобраны описания изобретений, представляющих собой способы изготовления порошковой проволоки. Результаты проведённого поиска отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты поиска патентной информации

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи вид и номер охранного документа. Классификационный индекс МПК	Заявитель (патентообладатель), страна, номер заявки, дата приоритета, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
1	2	3	4
Способы изготовления порошковой проволоки	Россия, <i>RU2582402C1</i> , <i>B23K 35/36</i>	Еремин Евгений Николаевич (<i>RU</i>), Маталасова Арина Евгеньевна (<i>RU</i>), Еремин Андрей Евгеньевич (<i>RU</i>).	Порошковая проволока[2]

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
---	---	---	---

Способы изготовления порошковой проволоки	Россия, RU2281 843C1, B23K 35/368	Гаврилов Сергей Николаевич (RU), Поправка Дмитрий Леонтьевич (RU), Очагов Валерий Николаевич (RU).	Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей[3]
Способы изготовления порошковой проволоки	Россия, RU 2014 138389A, B23K 35/368	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ГОУВПО «КубГУ» (RU).	Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей[4]

Таким образом, проанализировав найденную информацию можно сделать вывод, что применение в сборочно-сварочных операциях порошковой проволоки повышает производительность труда и качество выпускаемой продукции.

2 Анализ объекта производства

2.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия

Объектом проектирования выпускной квалификационной работе является ёмкость ВЕА-1-0,25-0,6. Изделие конструктивно представляет собой цилиндрический, вертикальный сосуд объёмом 250 л, оснащённый штуцерами различного технологического назначения, которые изображены на рисунке 1, а также лапками для его установки.

Аппарат предназначен для сбора, хранения и передачи толуола под рабочим давлением 0,06 МПа. Толуол – токсичный продукт, по степени воздействия на организм человека относится к 3-му классу опасности и при высоких концентрациях пары действуют наркотически. Толуол горюч и пожароопасен. Пары толуола образуют с воздухом взрывоопасную смесь.

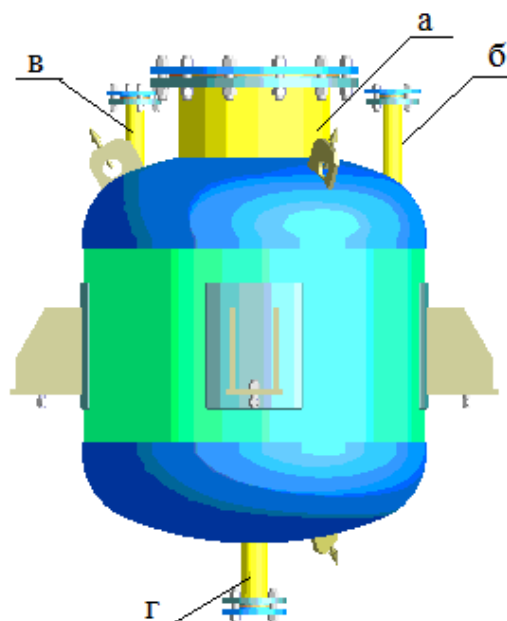


Рисунок 1 – Общий вид емкостного аппарата: а – горловина; б – штуцер для уровнемера; в – штуцер для входа толуола; г – штуцер для выхода толуола

Проектируемый емкостной аппарат состоит из следующих основных частей:

- а) сварной обечайки, изготавливаемой из проката сортового горячекатаного из стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 7350-77[5];
- б) двух эллиптических днищ, изготавливаемых из той же коррозионно-стойкой стали по ГОСТ 6533-78[6];
- в) четырёх штуцеров различного технологического назначения;
- г) четырех опор для установки аппарата по месту назначения, по ГОСТ 26296-84[7] из стали Ст3сп;
- д) четырех строповых проушин, по ГОСТ 13716-73[8] из стали Ст3сп.

Основные размеры для данной ёмкости, номинальный объём которой составляет 0,250 м³(250 л), выбираются в соответствии с ГОСТ 9931-85[9] и приведены на рисунке 2 и в таблице 3.

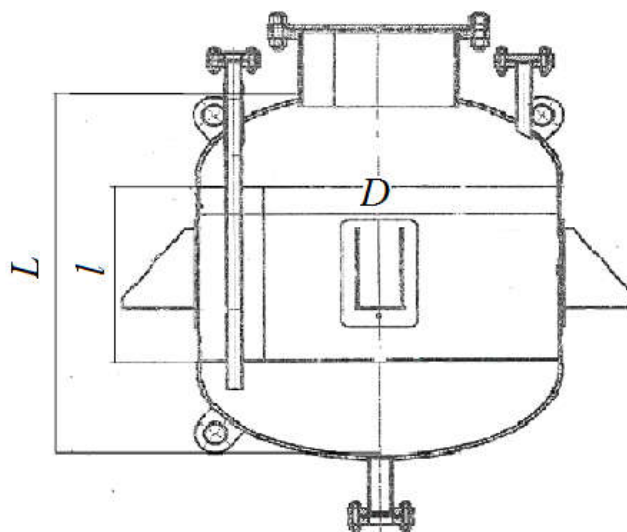


Рисунок 2 – Основные параметры и размеры корпуса вертикального емкостного аппарата: D – внутренний диаметр ёмкости; L – внутренняя длина ёмкости; l – длина обечайки

Днища проектируемой ёмкости имеют эллиптическую форму. Основные геометрические размеры необходимо выбрать по[6]. Схема днища с её

основными геометрическими параметрами представлена на рисунке 3 и в таблице 4.

Таблица 3– Основные размеры емкостного аппарата

Параметры	$V, \text{м}^3$	$D, \text{мм}$	$L, \text{мм}$	$l, \text{мм}$	$S, \text{м}^2$
Значения	0,250	700,0	750,0	350,0	1,95

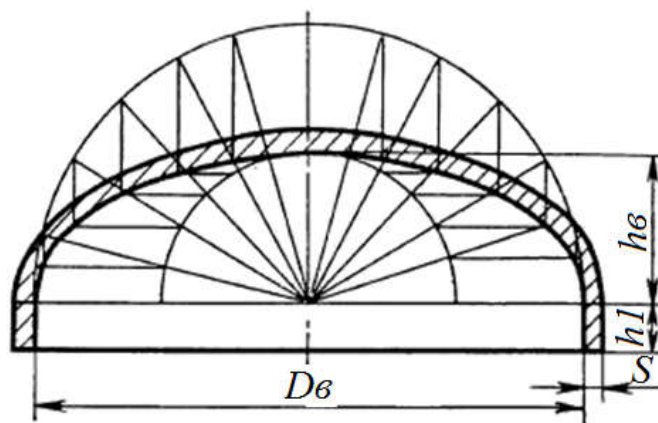


Рисунок 3 – Расчётная схема эллиптических днищ

Основные геометрические параметры выбранного днища указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Габаритные размеры днища

Параметры	$D_{\text{в}}, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_{\text{в}}, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$V, \text{дм}^3$	$F, \text{м}^2$
Значения	700,0	45,0	175,0	8,0	54,3	0,59

2.2 Технические требования

Ёмкости должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТР 52630-2012[10] по нормам указанного стандарта ПБ 03-584-03 [11], по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Проектируемый сосуд в соответствии с [10], можно отнести к группе – 1.

Расчётный (назначенный) срок службы конструкции 10 лет. Число циклов нагружения за весь срок службы не должен превышать 1000 раз, при этом

необходимо соблюдать требования ПБ 03-540-03[12].

Согласно [11],данная ёмкость должна проходить гидравлические испытания.

Внутренняя поверхность ёмкости должна быть гладкой, без следов окалин, нагара, шлака.

Маркировку ёмкостей осуществляют в соответствии с требованиями [11].

На корпус ёмкости наносится:

- наименование предприятия-изготовителя;
- заводской номер изделия;
- год изготовления;
- клеймо ОТК.

Гарантируется соответствие емкостей требованиям стандартов и нормативно-технических документов при соблюдении потребителем условий эксплуатации, транспортирования и хранения. Гарантийный срок эксплуатации ёмкости 10 лет со дня ввода в эксплуатацию.

Ёмкость поставляется в сборном виде, штуцеры закрыты заглушками.

Допускается транспортировать ёмкости в многооборотных средствах паке-тирования в полувагонах или пакетами в спецвагонах. Схема размещения и кре-пления емкостей на транспортных средствах должна соответствовать требовани-ям «Технических условий погрузки и крепления грузов», утвержденных Мини-стерством транспорта Российской Федерации. На одной из боковых сторон каж-дого ящика должна быть нанесена транспортная маркировка, включающая ос-новные, дополнительные и информационные надписи по ГОСТ 14192-77[13]. Ёмкости транспортируют транспортом всех видов в соот-ветствии с правилами перевозок грузов, действующими на каждом виде транс-порта.

					<i>ПГВ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

3 Проектирование и расчет элементов конструкции изделия

3.1 Выбор материала изделия

Материалы, идущие на изготовление данной ёмкости, должны отвечать требованиям, обеспечивающим надёжную работу и безопасность с учётом заданных условий эксплуатации, на протяжении всего срока службы.

При выборе материала для изготовления ёмкости следует учитывать: температуру стенки (минимальную и максимальную), химический состав и характер среды, расчетное давление, технологические свойства и коррозионную стойкость материалов.

Для изготовления ёмкостей и их элементов должны применяться основные материалы, приведенные в [11].

Исходя из того, что данная ёмкость проектируется для сбора, хранения и транспортировки толуола, который является растворителем, и оказывает коррозионное воздействие на стенки сосуда. То для её изготовления необходимо выбрать металл, стойкий к коррозии.

Нержавеющие стали, применяемые в сварных конструкциях, относятся к группе материалов 9 (М11). Согласно [5], толстолистовую коррозионностойкую сталь изготавливают следующих марок: 20Х13, 09Х16Н4Б, 12Х13, 14Х17Н2, 08Х13, 12Х17, 08Х17Т, 15Х25Т, 07Х16Н6, 09Х17Н7Ю, 03Х18Н11, 03Х17Н14М3, 08Х22Н6Т, 12Х21Н5Т, 08Х21Н6М2Т, 20Х23Н13, 08Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ, 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 12Х18Н9, 17Х18Н9, 12Х18Н9Т, 04Х18Н10, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Б, 03Х21Н21М4ГБ, 03Х22Н6М2, 03Х23Н6, 20Х23Н18, 12Х25Н16Г7АР, 06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ, 15Х5М.

Для обеспечения требований к прочности проектируемой конструкции ёмкости и агрессивных условий работы, принимаем в качестве основного

материала для его изготовления сталь 12X18H10T.

Данная сталь нашла своё применение во многих отраслях промышленности: пищевой, нефтяной, топливно-энергетической, химической, и в машиностроении в целом.

В химической промышленности сталь марки 12X18H10T применяется для изготовления емкостей и сварных конструкций, эксплуатация которых подразумевает контакт с окислительными средами, органическими растворителями, неорганическими кислотами умеренной концентрации. Из этого материала производят трубы, транспортирующие растворы агрессивных жидкостей, таких как фосфорная, азотная, уксусная кислота, а также их оснований и солей.

Химический состав стали регламентируется ГОСТ 5632-2014[14] и приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав стали 12X18H10T, %

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
Содержание, %	до 0,12	до 0,8	до 2,0	9...11	до 0,02	до 0,035	17... 19	до 0,3	5С... 0,8

Основными преимуществами стали марки 12X18H10T являются: высокая ударная вязкость и пластичность, а так же высокая коррозионностойкость. Механические свойства приведены в таблице 6.

Технические требования на листовой прокат из стали 12X18H10T по [5], должен быть горячекатаным, термообработанным, травленным, с обрезанной кромкой качеством поверхности по группе М2δ.

Трубы по ГОСТ 9941-81[15] должны быть испытаны гидравлически (каждая труба) и на сплющивание.

Таблица 6 – Механические свойства стали 12Х18Н10Т при $T = 20^{\circ}\text{C}$

Параметры	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
Значения	235,0	530,0	38,0

Сортовой прокат из стали 12Х18Н10Т, по ГОСТ 5949-75[16] для изготовления фланцев должен быть термообработанным.

Материалы из стали 12Х18Н10Т, включая сварочные, применяемые для сварки деталей из стали 12Х18Н10Т, в состоянии поставки должны быть испытаны на стойкость к МКК по ГОСТ 6032-2003[17], методом АМУ и перед запуском в производство подвергнуты стилокопированию.

Материалы для изготовления крепёжных изделий на фланцевые соединения должны быть термообработанны.

Исходя из условий эксплуатации, аппарат устанавливается в отапливаемом помещении. Для изготовления крепёжных элементов, а именно четырёх опор и подкладных листов, целесообразно применять сталь обыкновенного качества.

Согласно ГОСТ 380-2005[18], углеродистую сталь обыкновенного качества изготавливают следующих марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Принимаем в качестве материала для изготовления опор и подкладных листов, конструкционную углеродистую сталь обыкновенного качества Ст3сп.

Химический состав стали Ст3сп приведен в таблице 7.

Механические свойства стали Ст3сп приведены в таблице 8.

Таблица 7 – Химический состав стали Ст3сп, %

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	N	Cu	As
Содержа- ние, %	0,14... 0,22	0,15... 0,3	0,4... 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,3	до 0,8

Таблица 8 – Механические свойства стали Ст3сп при температуре $T = 20^{\circ}\text{C}$

Параметры	Предел текуче- сти, МПа	Временное сопро- тивление разрыву, МПа	Относительное уд- линение, %
Значения	245,0	490,0	26,0

Сталь Ст3сп, используется для изготовления горячекатаного проката – сортового, фасонного, толстолистного, тонколистового, а также труб, поковок и штамповок, лент, проволоки, метизов.

3.2 Оценка свариваемости основных материалов конструкции

Одним из ключевых параметров в производстве сварных конструкций является свариваемость сталей.

Свариваемость – свойство металлов или их сплавов образовывать при установленной технологии сварки неразъёмное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Свариваемость стали обеспечивается технологией ее изготовления и химическим составом, может быть рассчитана, определением углеродного эквивалента углеродистых сталей, а так же с помощью определения отношений эквивалентов хрома и никеля у высоколегированных хромоникелевых сталей.

Эквивалент хрома определяется по формуле:

$$Cr_{\text{экв}} = \%Cr + 2(\%Mo + \%Nb + \%Al) + 1,5(\%Si + \%W) + 5 \cdot \%Ti + \%V, \quad (1)$$

где $Cr_{\text{экв}}$ – эквивалент хрома, %;

Cr – содержание в металле хрома, %;

Mo – содержание в металле молибдена, %;

Nb – содержание в металле ниобия, %;

Al – содержание в металле алюминия, %;

Si – содержание в металле кремния, %;

W – содержание в металле вольфрама, %;

Ti – содержание в металле титана, %;

V – содержание в металле ванадия, %.

Исходя из химического состава стали 12X18H10T по[14], принимаем средние значения химических элементов, принимаем Cr=18%; Si=0,4%; Ti=0,55%.

Подставляем в формулу 1 известные значения.

$$Cr_{\text{экв}} = 18 + 1,5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,55 = 21,35 \%$$

Эквивалент никеля определяется по формуле:

$$Ni_{\text{экв}} = \%Ni + 0,5 \cdot \%Mn + 30(\%C + \%N), \quad (2)$$

где $Ni_{\text{экв}}$ – эквивалент никеля, %;

Ni – содержание в металле никеля, %;

Mn – содержание в металле марганца, %;

C – содержание в металле углерода, %;

N – содержание в металле азота, %.

Исходя из химического состава стали 12X18H10T по[14], принимаем средние значения химических элементов, принимаем Ni=10%; Mn=1%; C=0,06%.

Подставляем в формулу 2 известные значения.

$$Ni_{\text{экв}} = 10 + 0,5 \cdot 1 + 30 \cdot 0,06 = 12,3 \%$$

По диаграмме Шеффлера, которая изображена на рисунке 4, можно определить фазовую структуру стали 12Х18Н10Т. В данной стали преобладает структура аустенит и небольшое содержание феррита.

Нержавеющая сталь этой марки, относится к группе сталей, свариваемых без ограничений, и дополнительных технологических операций, то есть при сварке изделий при положительной температуре воздуха предварительный и сопутствующий подогрев не требуется. Она не склонна к образованию горячих трещин, и может использоваться как при отрицательной температуре (до минус 269 °С), так при высокой положительной температуре (до плюс 600 °С).

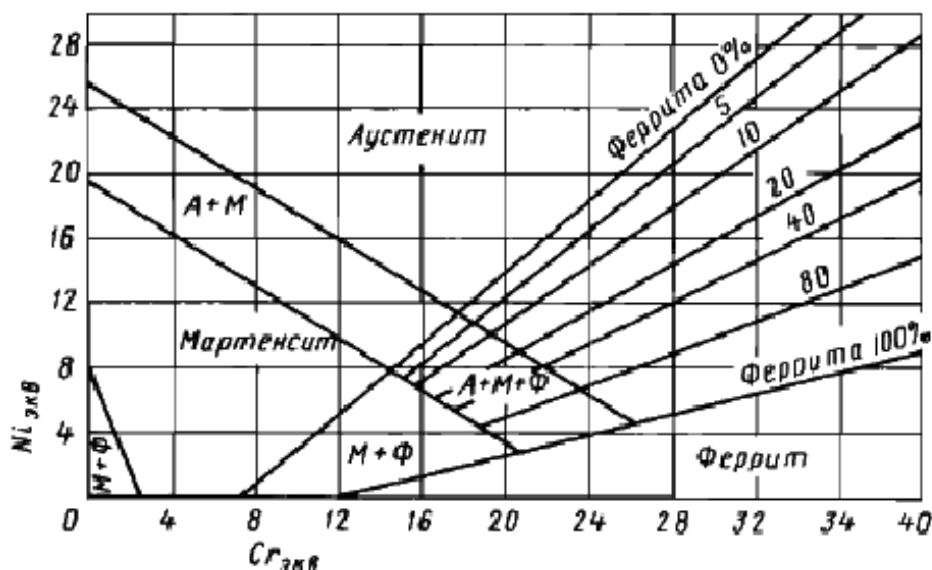


Рисунок 4 –Структурная диаграмма Шеффлера

Основным критерием свариваемости для углеродистых сталей является углеродный эквивалент, в соответствии с ним определяется группа свариваемости стали.

Углеродный эквивалент определяется в соответствии с ГОСТ 19281-2014[19]по формуле[3]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (3)$$

где $C_{\text{ЭКВ}}$ – углеродный эквивалент, %;

C – содержание в металле углерода в сотых долях процента, %;

Mn – содержание в металле марганца, %;

Si – содержание в металле кремния, %;

Cr– содержание в металле хрома, %;

Ni – содержание в металле никеля, %;

Cu– содержание в металле меди, %;

V – содержание в металле ванадия, %;

P – содержание в металле фосфора, %.

В рамках выпускной квалификационной работы углеродистый эквивалент считаем по минимальным значениям химического состава стали, однако считать углеродный эквивалент рекомендуется по значениям химического состава указанные в нормативно технической документации на ту партию металла, которая пришла на предприятие. В соответствии с этим принимаем $C=0,14\%$; $Mn=0,4\%$; $Si=0,15\%$; $Cr=0,15\%$; $Ni=0,15\%$; $Cu=0,02\%$.

$$C_{\text{эк}} = 0,14 + \frac{0,4}{6} + \frac{0,15}{24} + \frac{0,15}{5} + \frac{0,15}{40} + \frac{0,02}{13} = 0,242\%$$

Если углеродный эквивалент составляет не более 0,25 процентов, то свариваемость стали хорошая.

Если углеродный эквивалент находится в диапазоне от 0,25 до 0,4 процентов, то свариваемость стали удовлетворительная.

Если углеродный эквивалент находится в диапазоне от 0,4 до 0,5 процентов, то свариваемость стали ограниченная.

Если углеродный эквивалент составляет 0,5 процента и выше, то сталь трудно свариваемая, и необходимы дополнительные операции.

Углеродный эквивалент для стали СтЗсп находится ниже 0,25 %, таким образом сталь хорошо свариваемая.

3.3 Расчёт внутреннего давления – расчётного и пробного

Расчет внутреннего, расчетного и пробного давления производится по [20].

Сварная конструкция должна быть технологичной, обеспечивать надёжность на протяжении всего срока службы, безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации. А так же иметь возможность очистки, продувки и ремонта, контроля технического состояния как наружной, так и внутренней поверхности сосуда.

По ГОСТ 14249-89[21] под расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов и аппаратов следует понимать давление, на которое проводится их расчет на прочность. Под пробным давлением в сосуде или аппарате следует понимать давление, при котором проводится испытание сосуда или аппарата.

При повышении давления в сосуде или аппарате во время действия предохранительных устройств более чем на 10%, по сравнению с рабочим, элементы аппарата должны рассчитываться на давление, равное 90% давления при полном открытии клапана или предохранительного устройства.

Давление в сосуде во время действия предохранительного клапана определяем по формуле [4]:

$$P_{\kappa} = P_{paб} + 0,05, \quad (4)$$

где P_{κ} – давление в сосуде во время действия предохранительного клапана, МПа;

$P_{paб}$ – рабочее давление, МПа.

Исходя из условий технического задания, принимаем $P_{paб} = 0,06$ МПа.

$$P_{\kappa} = 0,06 + 0,05 = 0,11 \text{ МПа}$$

Давление в сосуде, учитывающее кратковременное повышение его при срабатывании предохранительного клапана, без учета гидростатического давления определяем по формуле [5]:

$$P_p = 0,9 \cdot P_{\kappa}, \quad (5)$$

Согласно проведенному ранее расчету давления в сосуде во время действия предохранительного клапана, P_p будет определяться.

$$P_p = 0,9 \cdot 0,11 = 0,099 \text{ МПа}$$

Гидростатическое давление среды определяем по формуле[6]:

$$P_z = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

где P_z – гидростатическое давление, МПа;

ρ_c – плотность рабочей среды в аппарате, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_c – высота среды в аппарате, м.

Исходя из технического условия, принимаем $H_c=0,7$ м.

Так как рабочей жидкостью является толуол, плотность которого $\rho_c=867$ кг/м³, P_z будет определяться.

$$P_z = 867 \cdot 9,81 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} = 0,0059 \text{ МПа}$$

Так как гидростатическое давление среды составляет более 5 % от рабочего, то расчетное давление определяем с учетом гидростатического давления среды по формуле [7]:

$$P = P_p + P_z, \quad (7)$$

где P – расчетное давление, МПа.

Согласно проведенному ранее расчету, расчетное давление P будет определяться.

$$P = 0,099 + 0,0059 = 0,1049 \text{ МПа}$$

Расчетное давление округляем в большую сторону до величины $P = 0,105$ МПа.

Согласно[11], сосуды подлежат гидравлическому испытанию после их изготовления. Гидравлическое испытание сосудов, транспортируемых частями и собираемых на месте монтажа, допускается проводить после их сборки на месте установки. Пробное давление при гидравлическом испытании сосудов определяется по формуле [8]:

$$P_{np} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_{36}}, \quad (8)$$

где P_{np} – пробное давление, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т, при $t = 20^\circ\text{C}$, МПа;

$[\sigma]_{36}$ – допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т, при $t = 36^\circ\text{C}$, МПа.

Для этого по ГОСТ 14249-89 определяем значения допускаемых напряжений для стали марки 12Х18Н10Т при расчетной температуре, равной температуре среды в аппарате.

Согласно [21], при $t = 36^\circ\text{C}$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 182$ МПа, а при температуре испытания, $t = 20^\circ\text{C}$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 184$ МПа.

$$P_{np} = 1,25 \cdot 0,105 \cdot \frac{184}{182} = 0,133 \text{ МПа}$$

Принимаем $P_{np} = 0,133$ МПа.

3.4 Коэффициенты прочности сварных швов

Для определения коэффициента прочности сварных соединений необходимо предварительно принять способ сварки изделия.

Способ сварки для сборки проектируемой конструкции выбирается на основании регламентируемых [10] и [11]. Сосуды в зависимости от конструкции и размеров могут быть изготовлены с применением всех видов промышленной сварки, за исключением газовой сварки. Применение газовой сварки допускается только для труб и змеевиков. Габаритные размеры, толщину стенки для выполнения сварочных операций принимаем такой способ сварки как электродуговая сварка плавящимся электродом.

Дуговая сварка плавящимся электродом – это сварка плавлением, при котором нагрев осуществляется электрической дугой, выполняется электродом, который, расплавляется при сварке, служит присадочным материалом.

Существует достаточно большое количество разновидностей дуговой сварки плавящимся электродом, в рамках курсового проекта предварительно принимаем сварку плавящимся электродом в среде углекислого газа.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
ПГВ ВКР 15 03 01 14М011					24

Опираясь на исходные данные, а именно принятую ранее группу сосуда, определяем коэффициент прочности сварных соединений проектируемого аппарата по[21].

Для определения прочности сварных швов, необходима длина контролируемого участка сварных соединений. По [11], таблица 21 для данной конструкции следует контролировать участки швов не менее 100 процентов.

Согласно[21], приложение 5, таблица 20, принимаем коэффициент прочности сварных швов. Для всех соединений, значение коэффициента прочности свариваемых швов при длине контролируемых швов от общей длины $\varphi_p = 0,9 \%$.

3.5 Расчёт толщины стенки корпуса

Расчет толщины стенки корпуса проводится по[21].

Исполнительную толщину стенки днища аппарата определяем по формуле [9]:

$$s = s_p + c, \quad (9)$$

где s – исполнительная толщина, мм;

s_p – расчётная толщина стенки, мм;

c – прибавка для компенсации коррозии и эрозии к расчётной толщине стенок, мм.

Прибавка для компенсации коррозии сопределяется по формуле [10]:

$$c = \Pi \cdot \tau \quad (10)$$

где Π – скорость проникновения коррозии, мм/год;

τ – срок службы аппарата, лет.

Определяем прибавку для компенсации коррозии для элементов корпуса аппарата, если скорость коррозии со стороны рабочей среды $\Pi = 0,1$ мм/год. Срок службы аппарата $\tau = 10$ лет.

Для элементов корпуса, подверженных коррозии только со стороны рабочей среды, прибавка на коррозию определяется.

$$c = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мм}$$

Рассчитаем толщину стенки обечаек по формуле [11]:

$$s_p = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi - P} + c, \quad (11)$$

где s_p – толщина стенки обечайки, мм;

P – расчетное внутреннее давление, принимаемое с учетом последующих испытаний, МПа;

D – внутренний диаметр обечайки, мм;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при растяжении, МПа;

φ – коэффициент прочности сварных швов;

c – прибавка для компенсации коррозии, мм.

Согласно проведенным ранее расчетам: $P = 0,105 \text{ МПа}$; $c = 1 \text{ мм}$; $\varphi = 0,9$, согласно техническому заданию внутренний диаметр обечайки $D = 700 \text{ мм}$.

Определяем допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при расчетной температуре, $t = 36 \text{ }^\circ\text{C}$.

Допускаемые напряжения при расчетной температуре, $t = 36 \text{ }^\circ\text{C}$, определяем методом линейной интерполяции. Для этого определим допускаемые напряжения для стали 12X18H10T по [21], таблице 7.

При температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – $[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа}$;

При температуре $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ – $[\sigma]_{100} = 174 \text{ МПа}$.

Допускаемое напряжение при температуре $36 \text{ }^\circ\text{C}$ определяем по формуле [12]:

$$[\sigma] = [\sigma]_{20} + \frac{[\sigma]_{100} - [\sigma]_{20}}{t_2 - t_1} \cdot (t - t_1), \quad (12)$$

Подставив в формулу уже известные значения, определим $[\sigma]_{36}$.

$$[\sigma]_{36} = 184 + \frac{174 - 184}{100 - 20} \cdot (36 - 20) = 182 \text{ МПа}$$

Таким образом допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при расчетной температуре $t = 36 \text{ }^\circ\text{C}$, равно $[\sigma] = 182 \text{ МПа}$.

Подставив в формулу, полученные значения определим расчетную толщину стенки обечайки.

$$s_p = \frac{0,105 \cdot 700}{2 \cdot 182 \cdot 0,9 - 0,105} + 1 = 1,22 \text{ мм}$$

Исходя из имеющегося сортамента сортового или фасонного проката для изготовления ёмкости требуемого объёма, принимаем ближайшую большую толщину стенки обечайки $s_p = 2 \text{ мм}$.

Расчётная толщина стенки эллиптических днищ определяется по [21], формула [13]:

$$s_p = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot P}, \quad (13)$$

Радиус кривизны в вершине днища определяется по формуле [14]:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H}, \quad (14)$$

где D – диаметр нижней части днища, мм;

H – высота эллиптической части днища, мм;

Согласно [6], диаметр нижней части днища $D=700 \text{ мм}$; высота эллиптической части днища $H=175 \text{ мм}$.

$$R = \frac{700^2}{4 \cdot 175} = 700 \text{ мм}$$

Имея необходимые данные рассчитаем толщину стенки днища.

$$s_p = \frac{0,105 \cdot 700}{2 \cdot 1 \cdot 182 - 0,5 \cdot 0,105} = 0,22 \text{ мм}$$

Исполнительную толщину стенки днища аппарата определяем по формуле [9].

Как и в случае с обечайкой принимаем прибавка на коррозию $c=1 \text{ мм}$.

Исходя из этого исполнительная толщина стенки днища будет равна:

$$s_{1p} + c = 0,22 + 1 = 1,22 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки днища $s_{1p} = 2 \text{ мм}$.

Как видно из приведенных расчетов, полученные значения толщины обечайки (2 мм) и днищ (2 мм) удовлетворяют условиям прочности. Но при сварке элементов конструкции есть вероятность появления температурных деформаций. Для предотвращения температурных деформаций, возникающих в зоне сварки, необходимо увеличить толщину стенки обечайки до 6 мм, а толщину стенки днищ до 8 мм.

Допускаемое избыточное давление вычисляем по формуле[15]:

$$[P] = \frac{2 \cdot (s_{1p} - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (s_{1p} - c)}, \quad (15)$$

Подставляем в формулу уже известные значения.

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 1) \cdot 0,9 \cdot 182}{700 + 0,5 \cdot (8 - 1)} = 3,26 \text{ МПа}$$

Из формулы следует:

$$[P] \geq P = 0,105 \text{ МПа} - \text{условие выполняется.}$$

Условие применения расчётных формул:

$$\frac{s - c}{D} \leq 0,1 = \frac{2 - 1}{700} = 0,001 \leq 0,1 - \text{условие выполняется.}$$

Толщины свариваемых элементов отличаются, что с технологической точки зрения приводит к необходимости дополнительной механической обработки для плавного перехода сечений в месте сварки.

3.6 Расчёт сварных соединений на прочность

Расчет сварных на прочность производится по учебному пособию [22].

В конструкции ёмкости можно выделить 11 сварных соединений:

- 3 стыковых соединения: 1 продольный шов обечайки, 2 кольцевых шва, соединяющих обечайку с днищами.
- 4 тавровых соединения: 4 шва, соединяющие патрубки с днищами.
- 4 нахлесточных соединения: 4 шва, соединяющие подкладной лист опор с корпусом емкостного аппарата.

Стыковые швы при сборке обечайки, сборке обечайки и днищ необходимо оформлять в соответствии с ГОСТ 14771-76[23].

Анализ типов односторонних соединений по[23], при известной толщине стенок обечайки и днищ показывает, что лучшее проплавление корня шва обеспечит разделка кромок каждой из деталей соединения. Этому условию отвечают типы соединения С17, для которого конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва представлены на рисунке 5.

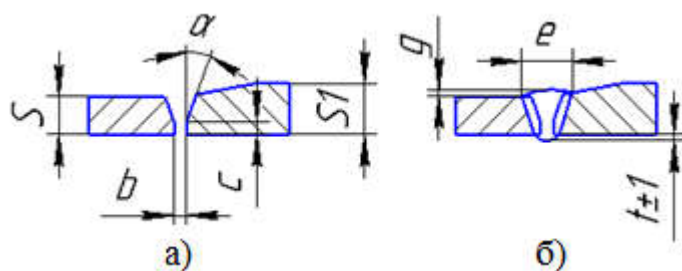


Рисунок 5 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С17 по[23]: а) – эскиз подготовки кромок с основными геометрическими параметрами; б) – эскиз сварного соединения с основными геометрическими параметрами

Здесь расчетная толщина стенок $S=6,0$ мм; $S1=8,0$ мм; $e=$ от 8,0 до 10,0 мм; $g=$ от 0 до 2,0 мм; $t= 1,0 \dots 2,0$ мм.

Проектируемые сварные соединения должны быть проверены на прочность. Проверка прочности сварных соединений С17 проводится по формуле[16]:

$$\sigma_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} \leq [\sigma]_p, \quad (16)$$

где $\sigma_{ш}$ – напряжение в сварном соединении, МПа;

N – расчетное усилие, воспринимаемое сварным швом, МПа;

$F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва, мм²;

$[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение при растяжении, МПа.

К данному моменту неизвестными величинами в формуле являются параметры N и F , которые при известной геометрии конструкции изделия и сварных соединений и при заданном давлении будут рассчитываться по формуле[17]:

$$N = P_{np} \cdot \Pi, \quad (17)$$

где Π – расчетная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в ёмкости, мм^2 .

Так как в конструкции ёмкости применяются эллиптические днища, площадь их внутренней (расчетной) поверхности, на которую действует избыточное давление, определяется по правилам геометрии формула[18]:

$$\Pi = \frac{1}{2} \pi \cdot a \cdot b, \quad (18)$$

где a – длина большой полуоси, мм;

b – длина малой полуоси, мм.

Исходя из геометрических параметров данного емкостного аппарата, принимаем, $a = 700$ мм; $b = 200$ мм.

$$\Pi = \frac{1}{2} 3,14 \cdot 700 \cdot 200 = 219800 \text{ мм}^2$$

Исходя из равномерного распределения давления по всей площади поверхности днища растягивающее усилие определится.

$$N = 0,133 \cdot 219800 = 29233,4 \text{ Н} \approx 29 \text{ кН}$$

Длина рассчитываемого сварного шва $L_{ш}$ находится как длина окружности свариваемых деталей по наружной поверхности за вычетом технологической составляющей 10 мм, так как шов выполняется без вводных технологических планок, определяется по формуле [19]:

$$L_{ш} = \pi \cdot D - 10, \quad (19)$$

где D – внутренний диаметр соединяемых деталей, мм.

Исходя из технического задания, принимаем, $D = 700$ мм.

$$L_{ш} = 3,14 \cdot 700 - 10 = 2191,72 \approx 2192 \text{ мм}$$

Согласно проведенным ранее расчетам, определяем.

$$\sigma_{ш} = \frac{29 \cdot 10^3}{4 \cdot 2192} = 2,2 \leq 182 \text{ Н/мм}^2$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 2,2 Н/мм² меньше нормативного значения 182 Н/мм², сварные соединения работоспособны.

Конструктивные параметры кромок и сварных швов для стыкового соединения обечайки в соответствии с [23], принимаем шов С21 изображенный на рисунке 6.

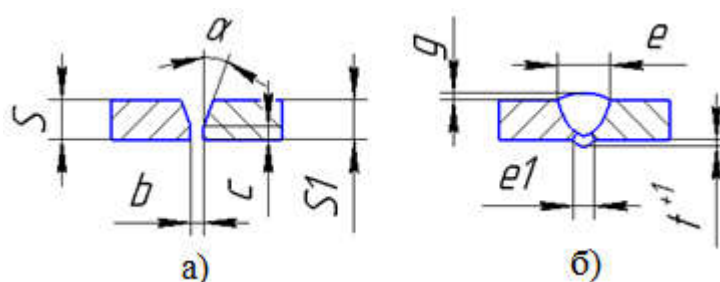


Рисунок 6 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С21 по[23]: а) – эскиз подготовки кромок с основными геометрическими параметрами; б) – эскиз сварного соединения с основными геометрическими параметрами

Здесь расчетная толщина стенок $S=6,0$ мм; $S1=6,0$ мм; $e=8,0...10,0$ мм; $e1=8,0...10,0$ мм; $g=1,0...2,0$ мм; $t=1,0...2,0$ мм.

Для продольного шва обечайки применяем соединение С21, расчёт на прочность которого ведётся по формуле [20]:

$$\sigma_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} \leq \frac{m \cdot R_n}{n \cdot \gamma_m}, \quad (20)$$

где m – коэффициент условий работы;

γ_m – коэффициент безопасности по материалу;

n – коэффициент перегрузки;

R_n – нормативное сопротивление материала, МПа.

Согласно техническому условию принимаем, $m=0,9; n=1; \gamma_m=1,1$;
 $R_H=235$ МПа.

Растягивающая сила N будет определяться по формуле 17.

Площадь внутренней поверхности обечайки будет определяться по формуле [21]:

$$P = H_{об} \cdot D_{вн} \cdot \pi, \quad (21)$$

где $H_{об}$ — высота обечайки, мм;

$D_{вн}$ — внутренний диаметр обечайки, мм.

В соответствии с техническим заданием принимаем, $H_{об}=350$ мм;
 $D_{вн}=700$ мм.

$$P = 350 \cdot 700 \cdot 3,14 = 769300 \text{ мм}$$

$$N = 0,105 \cdot 769300 = 81 \text{ кН}$$

Подставляем полученные значения в формулу.

$$\sigma_{ш} = \frac{81 \cdot 10^3}{4 \cdot 350} \leq \frac{0,9 \cdot 235}{1,1}$$

$$\sigma_{ш} = 57,8 \leq 192 \text{ Н/мм}^2$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 57,8 Н/мм² меньше нормативного значения 192 Н/мм², сварное соединение работоспособно.

Конструктивные параметры кромок и сварных швов для таврового соединения патрубка с днищем в соответствии с [23], принимаем шов типа ТЗ, который изображен на рисунке 7.

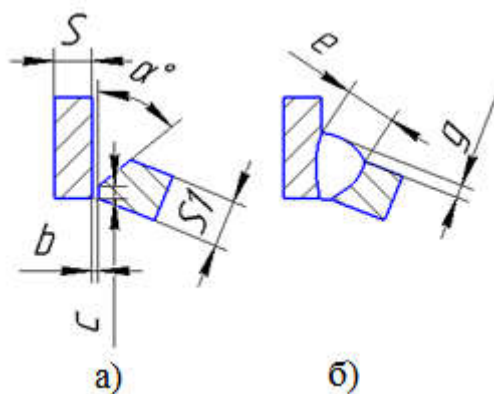


Рисунок 7 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа ТЗ по[23]: а) – эскиз подготовки кромок с основными геометрическими параметрами; б) – эскиз сварного соединения с основными геометрическими параметрами

Согласно выполненному ранее расчету и [23], кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: толщина $S=6,0$ мм; $Sl=8,0$ мм; $e=8,0 \dots 10,0$ мм; $g=2,0 \dots 4,0$ мм.

Расчет таврового соединения ТЗ проводим по формуле[21]:

$$\tau = \frac{N}{F} \leq [\tau], \quad (21)$$

где τ – напряжение среза в угловом сварном соединении, Н/мм²;

N – продольная нагрузка, растягивающая шов, Н/мм²;

F – площадь поперечного сечения шва, мм²;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение при срезе, Н/мм².

Для углового шва F находится по формуле [22]:

$$F = \beta \cdot h_w \cdot L_w \quad (22)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

h_w – толщина углового шва, мм;

L_w – длина сварного шва, мм.

В случае многопроходной механизированной сварки коэффициент

определения расчетной толщины углового шва равен $\beta = 0,9$.

Согласно геометрическим параметрам сварного шва ТЗ, $h_{ш}$ принимается равной катету вписанного в шов равнобедренного прямоугольного треугольника. Для рассматриваемого углового сварного соединения величина $h_{ш}$ будет определяться по формуле [23]:

$$h_{ш} = \sqrt{e^2 + g^2}, \quad (23)$$

где e и g – приняты как среднее арифметическое от их предельных значений.

Согласно геометрическим параметрам сварного соединения принимаем, $e_{номин.} = 5 \text{ мм}$; $g_{+2} = 5 \text{ мм}$.

$$h_{ш} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение при срезе $[\tau]$ рассчитывается по формуле [24]:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma], \quad (24)$$

Подставляем уже известные данные.

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 182 = 91 \dots 118,3 \text{ Н/мм}^2$$

Значение Π для штуцера определяем по формуле [25]:

$$\Pi = \pi \frac{d_{ш}^2}{4}, \quad (25)$$

где $d_{ш}$ – наружный диаметр горловины, мм.

Согласно техническому заданию наружный диаметр горловины $d_{ш} = 312 \text{ мм}$.

$$\Pi = 3,14 \cdot \frac{312^2}{4} = 76415 \text{ мм}^2$$

Подставляем уже известные значения.

$$N = 0,133 \cdot 76415 = 8023 \text{ Н}$$

Принимаем $N = 8 \text{ кН}$.

$$\tau = \frac{8 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 7 \cdot 970} = 1,31 \leq 91 \text{ Н/мм}^2$$

Так как вычисленное значение напряжения на срезе в угловом шве равно

1,31, меньше нормативного 91 Н/мм^2 , то сварное соединение работоспособно.

3.7 Расчет опоры обечайки в программе «Пассат 2.08»

Программа «ПАССАТ» предназначена для расчета прочности и устойчивости сосудов, аппаратов и их элементов с целью оценки несущей способности в рабочих условиях, а также в условиях испытаний и монтажа.

Программа рассчитана на применение при проектировании, реконструкции и диагностике сосудов и аппаратов, а также при проведении поверочных расчетов объектов нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической, газовой, нефтяной и других смежных отраслях промышленности, и рекомендована Ростехнадзором.

В приложении А представлен расчет опоры обечайки в программе «Пассат 2.08».

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

4 Разработка технологии сборки и сварки изделия

4.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления

Под технологическим процессом согласно ГОСТ 3.1109-82 [24] в машиностроении подразумевается часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относятся заготовки и изделия. Главной целью проектирования технологического процесса, является разработка такого способа изготовления заданного изделия, который бы являлся наиболее рациональным в техническом и экономическом планах при правильном и полноценном использовании всех технических возможностей оборудования и оснастки на наиболее выгодных режимах, при минимальных затратах времени, рабочей силы, вспомогательных материалов и т.д.

Технологический процесс состоит из целого ряда технологических операций, которые выполняются в строго определенной последовательности. Согласно [24], технологической операцией является законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Обеспечение технологичности конструкции изделия регламентируется ГОСТ 14. 201-83[25], данный стандарт устанавливает основные положения, систему показателей, последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности.

Технологический процесс производства состоит из следующих этапов:

- а) Заготовительные операции (резка, правка).
- б) Подготовка поверхности.
- в) Сборка.
- г) Механодоработка.
- д) Контрольные испытания.

- е) Покраска.
- ж) Упаковка.
- з) Отгрузка.

4.2 Заготовительные операции

Заготовительные операции – это этап технологического процесса изготовления сварных конструкций, для которых используются детали, образованные из заготовок листового проката, труб, профилей, а также отливок, поковок и. т. д.

Заготовительные операции предусматривают изготовление заготовок и готовых деталей для сварных узлов различными способами.

Заготовительные операции при изготовлении сварных конструкций можно разделить на два основных этапа:

- Раскрой полуфабрикатов, что составляет 10 % всего объёма заготовительных работ.
- Формообразование деталей из полученных заготовок при их раскрое, что составляет 90 % всего объёма заготовительных работ. При этом более половины объёма работ связано с формообразованием деталей из листов.

К основным операциям заготовительного процесса относят:

- а) Составление схемы раскроя.
- б) Предварительная правка.
- в) Очистка и подготовка поверхности.
- г) Разметка.
- д) Окончательная правка.
- е) Обработка кромок.
- ж) Образование отверстий.
- з) Гибка (вальцовка).
- и) Штамповка.
- к) Маркировка.

л) Контроль качества.

Схема раскроя металла составляется с целью минимизации отходов.

Материал для обечайки выбирается из имеющихся размерного ряда листов, указанных в ГОСТ 19903-2015[26]. Схема условного обозначения проката изображена на рисунке 8.

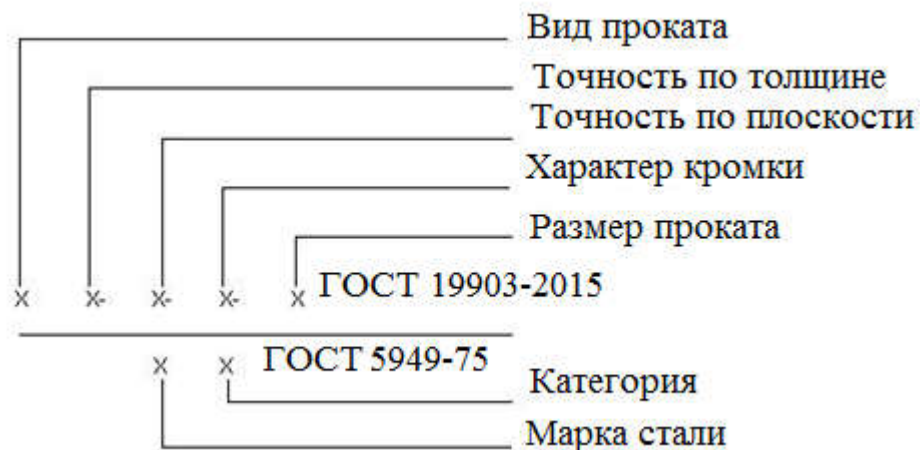


Рисунок 8 – Схема условного обозначения проката

По видам прокат подразделяется:

–Листы.

–Рулоны.

По точности изготовления по толщине:

–Повышенной точности (А).

– Обычной точности (Б).

По точности изготовления по плоскости:

– Особо высокой (ПО).

– Высокой (ПВ).

– Улучшенной (ПУ).

– Нормальной (ПН).

По характеру кромки:

– С необрезной кромкой (НО).

– С обрезной кромкой (О).

Размерный ряд изготавливаемого проката указан в[26].

Для изготовления заготовки обечайки по[26], выбираем для толщины $S=6$ мм, лист со следующими параметрами: $4500 \times 700 \times 6$ ($D \times H \times S$) основные параметры изображены на рисунке 9. Выбор листа с такими параметрами, произведен на изготовление четырех обечаек, с целью минимизации отходов.

Для рационального выбора и использования заготовки, а также чтобы судить о расходе материала и количестве отходов необходимо определить коэффициент использования материала КИМ по формуле [33]:

$$КИМ = \frac{M_{\phi}}{M_3} \cdot 100\% \quad (33)$$

где M_{ϕ} – площадь фактического листа, мм^2 ;

M_3 – площадь заданного листа, мм^2 .

Площадью фактического листа M_{ϕ} является площади развёртки листа обечайки, для того чтобы её узнать необходимо определить длину листа обечайки l , которая определяется по формуле [34].

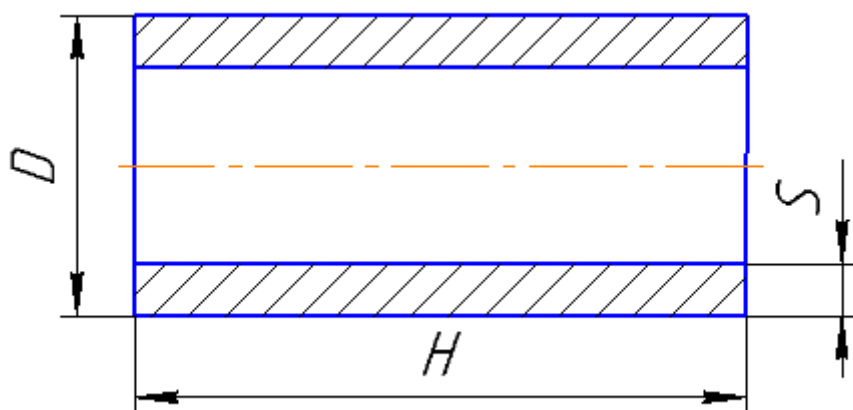


Рисунок 9 – Основные параметры обечайки

Рассчитываем длину листа для изготовления изделия по формуле[34]:

$$l_3 = \pi(d + \delta), \quad (34)$$

где l_3 – длина развертки обечайки, мм;

d – внутренний диаметр обечайки, мм;

δ – толщина металла, мм.

Исходя из технического задания, подставляем в формулу известные значения.

$$l_3 = 3,14(700 + 6) = 2216,84 \text{ мм}$$

Так как мы выбираем размеры листа с учётом того, что из него будут изготавливаться четыре детали, показанные на рисунке 10, то расчетные параметры необходимо увеличить в два раза.

$$l_3 = 2216,84 \cdot 2 = 4433,68 \text{ мм}$$

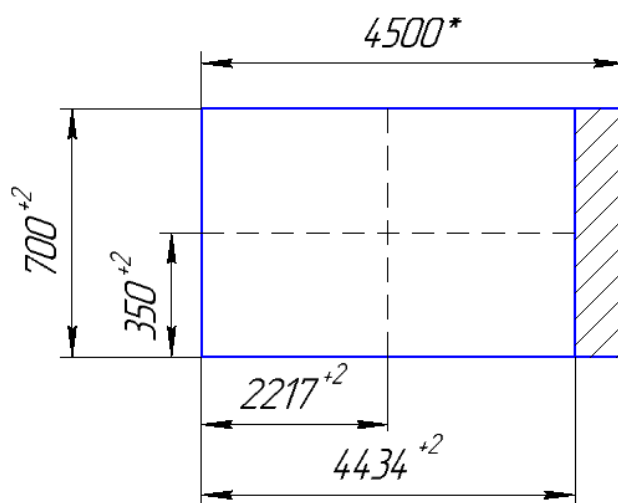


Рисунок 10 – Схема раскроя выбранного для обечайки листа

Подставим в формулу уже известные значения.

$$КИМ = \frac{4434 \cdot 700}{4500 \cdot 700} \cdot 100\% = 98\%$$

С учетом выбора данных размеров листа коэффициент использования материала КИМ равен 0,98, что является большим предельному значению равному 0,75. Данное значение коэффициента свидетельствует о более технологичном выборе заготовки для изготовления обечайки.

Заготовку для обечайки получают путём раскроя выбранного проката с помощью термической или механической резки.

Принимаем для раскроя листового проката станок плазменной резки с ЧПУ "Термэйд", изображенный на рисунке 11.



Рисунок 11 – Станок плазменной резки "Термэйд"

Основные технические характеристики данного станка приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики станка плазменной резки с ЧПУ

Параметры	Показатели
Скорость перемещения резака, мм/с	120,0
Точность позиционирования, мм/м	$\pm 0,2$
Количество горелок, шт	1 плазменная горелка
Регулировка горелки по высоте	автоматическая
Размер листа максимальный, мм	1500×5000
Максимальная толщина резки с края, мм	12,0
Максимальный ток источника, А	105
Плазмообразующий газ	воздух

Плазменный станок предназначен для заготовительной резки, разделительной резки. Получившиеся заготовки имеют высокую точность совпадения со схемой, таким образом, дальнейшее соединение элементов сваркой или монтажом происходит легко и без отклонений от проекта. Необходимость механической обработки изделий после резки практически отсутствует.

После резки необходимо обработать кромки полученного листа, для данной операции используется шлифовальная машинка ПШМ-8150Р, которая изображена на рисунке 12.



Рисунок 12 – Экцентрик-шлифовальная машинка ПШМ-8150Р

Основные технические характеристики указаны в таблице 10.

Таблица 10– Технические характеристики эксцентрик-шлифовальной машинки ПШМ-8150Р

Параметры	Показатели
Тип машины	эксцентрик-шлифовальная
Потребляемая мощность, Вт	450,0
Максимальная частота вращения диска, об/мин	10000
Максимальный диаметр диска, мм	125,0
Питание, В	220,0

Для дальнейшего придания данному листу формы обечайки, используют специальную листогибочную машину – вальцы. Такие машины представляют собой станину с расположенными на ней рабочими органами – валками. Валков может быть от трёх и более.

Для выполнения операции вальцовки принимаем трёх валковый станок *SMR-S OSTAS*, изображенный на рисунке 13.



Рисунок 13 – Ассиметричный трёхвалковый гибочный станок, *SMR-S OSTAS*

Основные технические характеристики указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики станка *SMR-S OSTAS*

Параметры	Значения
Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм	12,0
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	1900,0
Радиус гибки наименьший, мм	240,0
Скорость гибки м/мин	6,8
Размеры стола: ширина, длина, мм	-
Мощность двигателя главного движения / мощность суммарная, кВт	15
Габариты, мм	4700×1300×3220
Масса, кг	4000,0

Перед сваркой необходимо произвести разделку кромок продольного стыка обечайки, а также кромки днищ, в соответствии с [23]. Для данной операции используют ручной кромкорез МФ 760М, изображенный на рисунке 14. Дан-

ный кромкорез применяется для снятия фаски с листов металла и торцов труб с минимальным диаметром 150 мм, таким образом, он подходит для снятия кромки днищ, диаметр которых составляет 700 мм.



Рисунок 14 – Ручной кромкорез МФ 760М

Основные технические характеристики указаны в таблице 12.

Таблица 12– Технические характеристики кромкореза МФ 760М

Параметры	Показатели
Двигатель	Одно и трехфазный
Максимальная ширина фаски, мм	21,0
Глубина фаски, мм	0...15
Угол снятия фаски, град	0...60
Скорость вращения фрезы, об/мин	2900
Диаметр фрезы, мм	60,0
Габариты, мм	250×250×370
Масса, кг	19,0

Эллиптические днища, изготавливаются на стороннем предприятии из той же коррозионностойкой стали по [6]. На производство поставляются с уже готовыми технологическими отверстиями и снятыми фасками в соответствии с [23].

Трубный прокат для изготовления штуцеров, поставляется на производство из стали 12Х18Н10Т по[15].

Опоры для установки аппарата по месту назначения, изготавливаются по[7], из стали Ст3сп, на производство поставляются с уже приваренными подкладными листами из той же стали.

4.3 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия

После формообразования и подготовки поверхности детали поступают на сборку.

При сварке обечаек и труб, приварке днищ к обечайкам следует применять стыковые швы с полным проплавлением. Допускается применять угловые и тавровые швы при приварке штуцеров, люков, труб, трубных решеток, плоских днищ и фланцев. Допускается применять нахлесточные сварные швы для приварки укрепляющих колец и опорных элементов. Не допускается применение угловых и тавровых швов для приварки штуцеров, люков, бобышек и других деталей к корпусу с неполным проплавлением.

При выборе последовательности сборочно-сварочных операций, необходимо выбрать оптимальный вариант. Оптимизация должна производиться по следующим признакам:

- а) Технологичность процесса сборки и сварки, включая удобство и безопасность работы.
- б) Производительность процесса.
- в) Качество сборки и сварки.
- г) Экономичность.

Для выполнения заданных условий необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- а) Свободный доступ к швам при сварке.
- б) Возможность применения специального инструмента и вспомогательного оборудования.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Способ сварки для сборки проектируемой конструкции выбирается на основании регламентируемых по [10] и [11]. Сосуды в зависимости от конструкции и размеров могут быть изготовлены с применением всех видов промышленной сварки, за исключением газовой сварки. Применение газовой сварки допускается только для труб и змеевиков.

Руководствуясь [23], ГОСТ 23518-79 [27] и другими нормативными документами, а также известными данными, принимаем для сборки корпуса емкостного аппарата механизированную сварку порошковой проволокой в среде активных газов (МПП).

Руководствуясь ГОСТ 5264-80 [28], применяем для сборки подкладных листов опорных лап с корпусом, ручную дуговую сварку (РД).

Для повышения производительности труда, а также качества сварных соединений, для сборки корпуса емкостного целесообразно применять позиционеры. Сварочные позиционеры относятся к устройствам сборочно сварочной оснастки, предназначены для установки на них свариваемой конструкции в положение наиболее удобное для проведения сборочно сварочных работ, и вращение конструкции с заданной скоростью. Сварочный позиционер должен обеспечивать жесткое закрепление детали и быть как можно универсальнее для проведения сварочных работ без дополнительной оснастки.

После выбора способа сварки, а так же технологического оснащения, можно приступать непосредственно к сборке.

4.3.1 Последовательность сборки и сварки емкостного аппарата

Процесс сборки проходит в следующей последовательности:

- а) Выполняется продольный шов обечайки.
- б) Осуществляется приварка днища к обечайке.
- в) В уже подготовленные отверстия в днище ввариваются патрубки горловины.
- г) После чего с другой стороны приваривается другое днище.

д) Затем производится приварка патрубка во второе днище.

е) Завершается процесс сборки привариванием опорных лап строповых устройств к корпусу емкостного аппарата.

После вальцовки продольный стык обечайки, с уже подготовленными по [23]кромками С21, собирают на прихватки. Прихватки производятся непосредственно на вальцовочном станке, для данной операции целесообразно применение специальных струбцин.

Прихватки выполняются проволокой соответствующих марок, предназначенных для сварки данного металла.

Выполнять прихватку и сварку могут сварщики, прошедшие аттестацию на право выполнения сварочных работ в соответствии с требованиями предприятий-изготовителей.

Перед прихваткой необходимо проверить правильность установленного зазора между кромками, смещение кромок.

Длина прихватки должна составлять $(2...5)S$, но не более 100 мм, а расстояние между ними $(10...40)S$, но не более 500 мм.

где S – толщина свариваемого материала, мм.

Прихватки рекомендуется располагать со стороны, противоположной выполнению первого прохода. Постановка прихваток на пересечении швов не допускается.

Затем, с помощью кран балки следует поместить обечайку на позиционер, изображенный на рисунке 15, имеющий электрический привод.

Перед выполнением сварки продольного стыка обечайки, прихватки должны быть тщательно очищены, проверены на отсутствие дефектов внешним осмотром. Участки, имеющие дефекты, перед сваркой необходимо удалить.

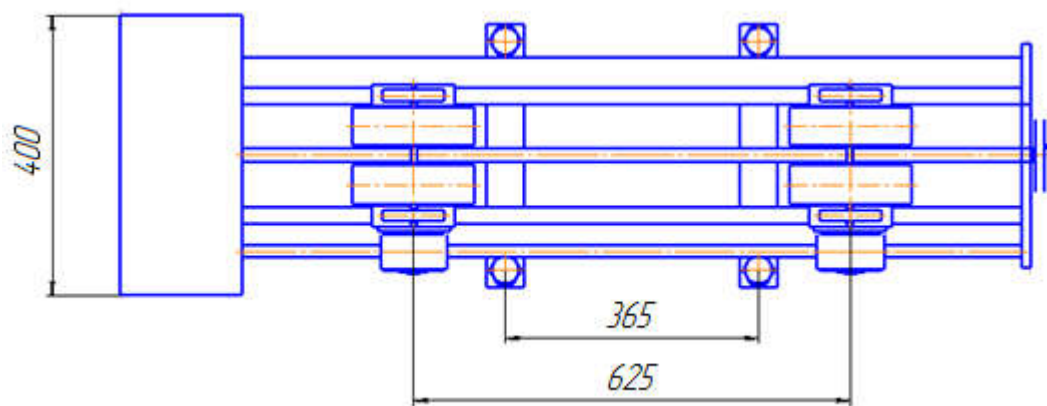


Рисунок 15 – Позиционер

При механизированной сварке продольных стыковых соединений начало, и конец швов необходимо выводить на технологические планки, показанные на рисунке 16, которые следует прихватывать или приваривать ручной дуговой сваркой.

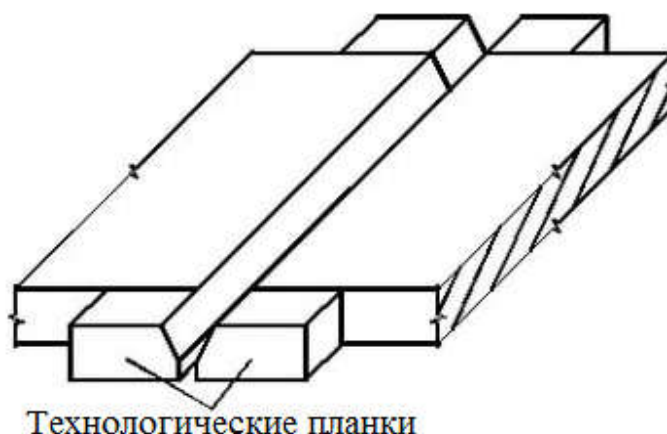


Рисунок 16 – Схема вывода начала и конца шва на технологические планки

Рекомендуемый размер планок 100×100 мм, толщиной, равной толщине свариваемого металла и при необходимости с той же разделкой, что и свариваемое изделие.

Технологические планки должны иметь тот же радиус скругления, что и обечайка.

После выполнения сварки продольного стыка обечайки, технологические планки следует удалить.

После этого производится сборка обечайки с днищем. Для этого по[23], с помощью кромкореза производится разделка кромок С17.

После выполнения разделки кромок, днище следует закрепить в специальном устройстве, изображенном на рисунке 17, которое обеспечивает большую точность сборки обечайки с днищем.

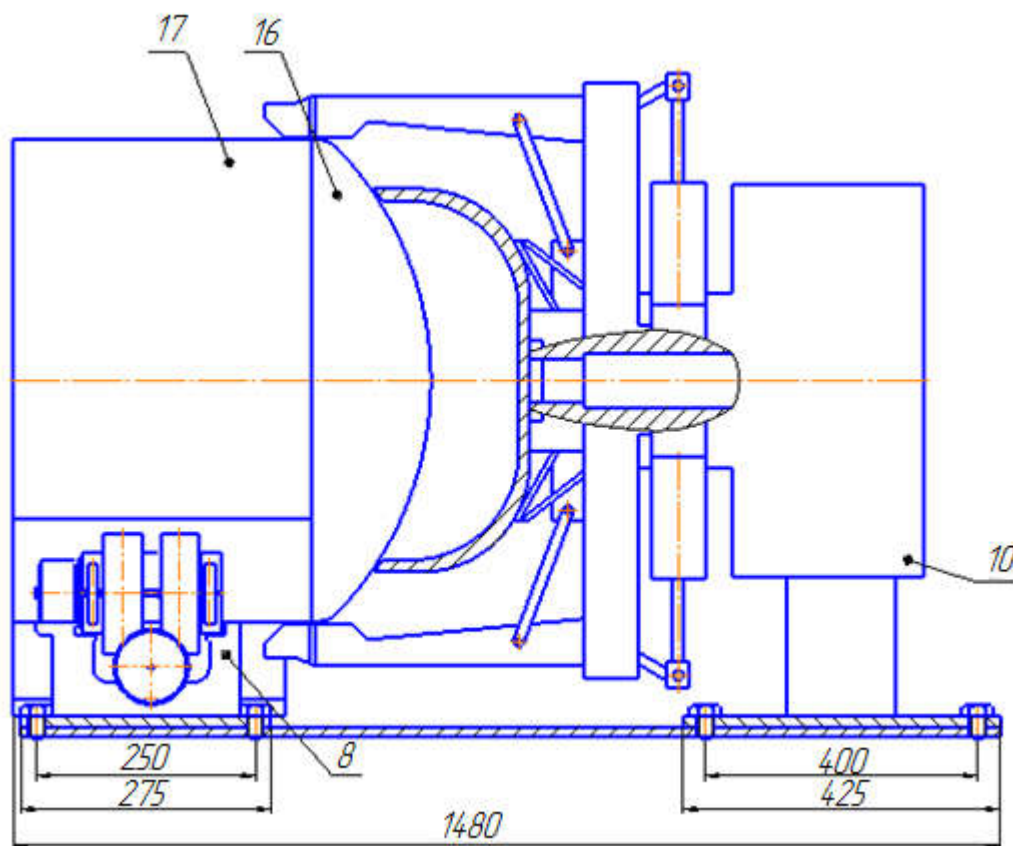


Рисунок 17 – Устройство для сборки обечайки с днищем: 8 – позиционер; 10 – центрирующее устройство для днища; 17 – обечайка; 16 – днище

Необходимый, для сварки этих деталей, зазор обеспечивается за счет применения специального устройства.

С помощью данного устройства осуществляется сборка обечайки с днищем на прихватках. Требования к прихваткам данного стыка такие же, как и к прихваткам продольного стыка обечайки.

Для выполнения следующей операции, а именно приварке штуцеров, необходимо обечайку с приваренным на прихватках днищем, поместить на холостые роlikоопоры.

Следующим этапом производится приварка штуцеров в уже готовые в днище отверстия с подготовленной по [23], разделкой кромок ТЗ. В данное днище ввариваются два патрубка внутренние диаметры, которых равны: 32 мм, 32 мм, и горловина наружным диаметром 312 мм. Горловина центруется с днищем с помощью ложементов, данный процесс показан на рисунке 18.

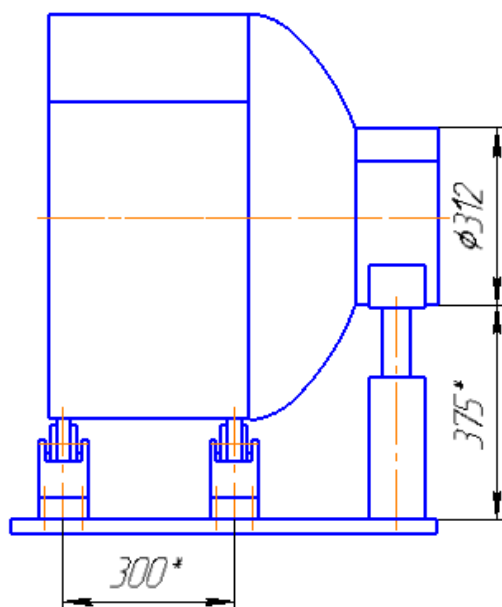


Рисунок 18 – Приспособление для сборки и сварки горловины и днища

В дальнейшем производится сварка второго днища с обечайкой на прихватках, сварка выполняется со всеми сопутствующими операциями, как и в первом случае.

Для дальнейших операций, следует поместить полученную конструкцию на позиционере.

Следующим этапом, в уже подготовленное в днище отверстие, с разделкой кромок ТЗ по [23], вваривается патрубок внутренний диаметр которого равен 45 мм.

После этого все прихватки следует удалить и произвести сварку.

Следующей операцией является сварка подкладных листов опорных лап с корпусом емкости, сварка производится ручной дуговой сваркой по[28],выбираем сварное соединение Н1. Для удобства при выполнении данной операции следует располагать сварную конструкцию на холостых роликоопорах, показанных на рисунке 19.

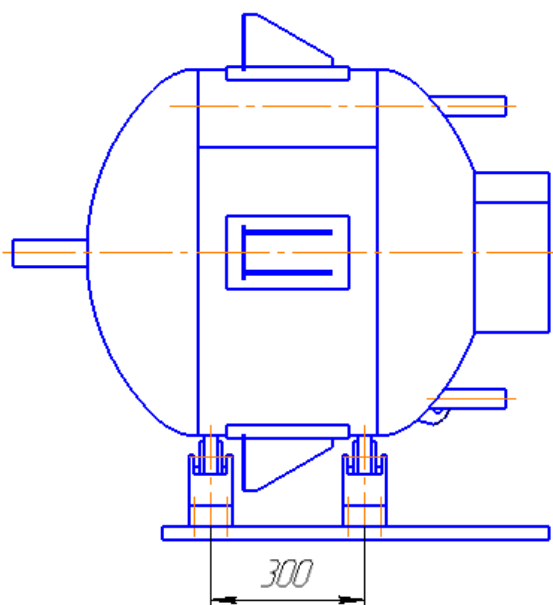


Рисунок 19 – Приспособление для сборки и сварки подкладных листов опорных лап с корпусом емкостного аппарата

Следующим этапом является процесс сборки и сварки строповых проушин. Данная операция производится так же на холостых роликоопорах.

Заключительным этапом изготовления данного емкостного аппарата является сборка и сварка патрубков и фланцев.

4.4 Выбор сварочных материалов

Основным критерием работоспособности сварной конструкции является равнопрочность основного металла и металла шва. Для этого необходимо подобрать сварочные материалы, которые будут обладать схожим химическим составом, и механическими свойствами, с основным металлом.

Основным способом сварки для изготовления данного емкостного аппарата принимаем механизированную сварку в защитных газах.

Повысить качество формирования швов в углекислотной среде при сварке высоколегированной стали, возможно, за счет обеспечения струйного переноса электродных капель и более качественной защиты реакционной зоны сварки от воздушной атмосферы. Это возможно реализовать за счет использования порошковых проволок малого (до 1,6 мм) диаметра для сварки в углекислом газе.

Для стали 12X18H10T принимаем порошковую проволоку зарубежного производства марки *OK Tubrod 14. 20* диаметром 1,2 мм, по ГОСТ Р ИСО 14341-2012[29].

OK Tubrod 14. 20 – Рутиловая порошковая проволока применяется для сварки аустенитных нержавеющей сталей типа 03X17H14M2, 03X18H11, 06X18H11, 08X18H10T, 12X18H10T, и т.п. в смеси защитных газов, а также в чистом углекислом газе. Наплавленный металл обладает высокой коррозионной стойкостью. Незначительное содержание углерода снижает риск возникновения межкристаллической коррозии, а наличие кремния обеспечивает высокое качество шва. Проволока применяется в пищевой промышленности, нефтехиммашиностроении, судостроительной промышленности для изготовления трубопроводов, емкостей, бойлеров и т.п. Таким образом, с экономической точки зрения, целесообразно применить в качестве защиты углекислый газ.

Химический состав наплавленного металла данной проволокой представлен в таблице 13.

Механические свойства наплавленного с помощью данной проволоки металла представлены в таблице 14.

Таблица 13 – Химический состав наплавленного металла порошковой проволокой *OK Tubrod 14. 20*

Химический элемент	C	Mn	Si	Ni	Cr
Содержание, %	<0,04	1,4	0,7	9,5	19,5

Таблица 14 – Механические свойства наплавленного металла порошковой проволокой *OK Tubrod 14. 20*

Параметры	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
Значения	320,0	550,0	35,0

Углекислый газ (двуокись углерода) бесцветен, не ядовит, тяжелее воздуха. При давлении 760 мм рт. ст. и температуре 0°С плотность углекислого газа равна 1,97686 г/л, что в 1,5 раза больше плотности воздуха, химический состав углекислого газа приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Химический состав сварочного углекислого газа по ГОСТ 8050-85[30]

Газ	Сорт	Содержание основных компонентов, % об.		Температура насыщения К, не более
		СО ₂ не более	Водяные пары не более	
Углекислый газ	Сварочный	99,5	0,184	225

Углекислоту транспортируют в жидком состоянии в стальных окрашенных в черный цвет баллонах под давлением до 50 атм., откуда она отбирается в газообразном состоянии. В обычный стандартный баллон емкостью 40 л заливают 25 кг углекислоты, при испарении которой образуется 12600 литров газа.

Для сварки подкладных листов опорных лап с корпусом емкостного аппарата будем использовать ручную дуговую сварку.

Так как металл емкостного аппарата 12X18H10T, а металл подкладного листа СтЗсп, для сварки необходимо использовать переходные электроды с основным покрытием.

Для этого по ГОСТ 10052-75[31] выбираем электроды марки ОЗЛ-6С, химический состав наплавленного металла представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Химический состав наплавленного металла электродами ОЗЛ-6С

Химический элемент	C	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
Содержание, %	0,07	1,5	0,3	13,0	24,0	0,01	0,009

Механические свойства наплавленного с помощью данного электрода металла представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Механические свойства наплавленного металла электродами ОЗЛ-6С

Параметры	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
Значения	410,0	610,0	33,0

4.5 Расчет параметров режимов сварки

Расчет режимов сварки для стыкового продольного шва обечайки производим по учебному пособию[32].

Исходные данные:

–основной металл – сталь 12X18H10T по [5];

–толщина металла – S=6 мм;

–способ сварки – механизированная сварка в среде углекислого газа;

–тип соединения – стыковое;

–тип шва – стыковой;

–положение шва – нижнее;

–тип шва по количеству проходов – многопроходный двухсторонний;

Формы и размеры подготовки кромок по [23],соединение С 21, показано на рисунке 20.

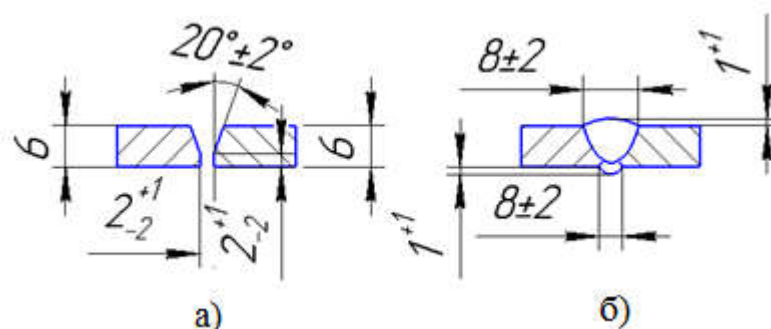


Рисунок 20 – Конструктивные элементы подготовленных кромок С21 свариваемых деталей и сварного шва: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Для сварки стыкового шва обечайки принимаем порошковую проволоку марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл}=1,2$ мм.

Определение величины сварочного тока для корневого прохода.

Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Основные параметры сварки порошковой проволокой марки *OK Tubrod 14. 20* представлены в таблице 19.

Таблица 18 – Допускаемая величина сварочного тока

$d_{эл}$, мм	1,0	1,2	1,6	2,0
$I_{св}$, А	70...180	100...240	150...400	200...500
Расстояние от изделия	6...18	8...18	15...25	15...25

Таблица 19 – Основные параметры сварки порошковой проволокой марки
OK Tubrod 14. 20

Параметры	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В
Значения	1.2	130...220	25...29

Для корневого прохода проволокой $d_{эл} = 1,2$ мм, принимаем $I_{св} = 150$ А.

Определение скорости сварки.

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2$ мм, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле [35]:

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}}, \quad (35)$$

Подставляем уже известные параметры.

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{150} = 13,3...33,3 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 28 \text{ м/ч} = 0,78 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги определяется по формуле [36]:

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (36)$$

Подставляем уже известные параметры.

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 150 \pm 1 = 25,8...27,8 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_{\delta} = 26$ В.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара $\psi_{пр}$ в зависимости от основных параметров режима сварки может быть определен по формуле [37]:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{\delta}}{I_{св}}, \quad (37)$$

Значение коэффициента K' определяется по таблице 20, и зависит от рода тока и полярности.

- род тока – постоянный;
- полярность тока – обратная;
- плотность тока $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$

Соответственно $K' = 0,92$

Таблица 20 – Значение коэффициента K'

Род тока	Полярность	Плотность тока j , А/мм ²	Величина ко- эффициента K'
Переменный	-	Меньше 120	1
		Больше или равна 120	
Постоянный	Обратная	Меньше 120	$0,367j^{0,1925}$
	Прямая		$2,820j^{0,1925}$
	Обратная	Больше или равна 120	0,92
	Прямая		1,12

Подставляем в формулу известные показатели.

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 150) \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{150} = 3,3$$

Для механизированной сварки ψ_{np} находится в пределах от 0,8 до 4,0.

Значение 3,3 входит в указанный диапазон.

Определение величины погонной энергии.

Величина погонной энергии q_n рассчитывается по формуле [38]:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta}{V_{св}}, \quad (38)$$

где η – эффективный КПД дуги.

Для сварки в защитном газе $\eta = 0,8 \dots 0,95$;

Принимаем $\eta = 0,8$.

$$q_n = \frac{150 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,78} = 4000 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления h по формуле [39]:

$$h = 8,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}}, \quad (39)$$

Подставляем в формулу известные показатели.

$$h = 8,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{4000}{3,3}} = 0,28 \text{ см} = 2,8 \text{ мм}$$

Определяем ширину шва b по формуле [40]:

$$b = \psi_{np} \cdot h, \quad (40)$$

Подставляем в формулу известные показатели.

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

Определяем высоту валика c по формуле [41]:

$$c = \frac{F_{нм1}}{0,73 \cdot b}, \quad (41)$$

где 0,73 – коэффициент полноты валика при автоматической и полуавтоматической сварке;

$F_{нм1}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, при установленной скорости перемещения дуги, мм².

$F_{нм1}$ определяется по формуле [42]:

$$F_{нм1} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{св}}, \quad (42)$$

где γ – плотность стали 12Х18Н10Т, $\gamma = 7,95 \text{ г/мм}^3$;

– коэффициент наплавки, г/А·с.

Плотность стали 12Х18Н10Т $\gamma = 7,95 \text{ г/мм}^3$; коэффициент наплавки определяется по формуле [43]:

$$\alpha_n = \alpha_p \left(1 - \frac{\psi}{100} \right), \quad (43)$$

где ψ – потери электродного металла, %;

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/Ас.

Принимаем $\psi = 10\%$.

α_p определяется по формуле [44]:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}} \right) \cdot 10^{-4} \text{ г/А с} \quad (44)$$

Подставляем известные значения.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{150}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 35,8 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 35,8 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 11,6 \text{ г/А ч}$$

Находим $F_{нм1}$.

$$F_{нм1} = \frac{11,6 \cdot 150}{3600 \cdot 7,95 \cdot 0,78} = 0,11 \text{ см}^2 = 11 \text{ мм}^2$$

$$c = \frac{F_{нм1}}{0,73 \cdot b} = \frac{11}{0,73 \cdot 9,2} = 1,6 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$.

Определяем высоту шва H по формуле [45]:

$$H = h + c, \quad (45)$$

Подставляем известные значения.

$$H = 2,8 + 2 = 4,8 \text{ мм}$$

Определяем высоту заполнения разделки f по формуле [46]:

$$f = \sqrt{\frac{F_{нм1} - H \cdot a}{\tan \alpha}}, \quad (46)$$

где a – зазор в стыке, мм.

Подставляем известные значения.

$$f = \sqrt{\frac{11 - 4,8 \cdot 2}{\tan 20}} = 2 \text{ мм}$$

Рассчитываем глубину провара притупления h_0 по формуле [47]:

$$h_0 = H - f, \quad (47)$$

$$h_0 = 4,8 - 2 = 2,8 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле [48]:

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{св}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \quad (48)$$

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 11,6 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 193,6 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{nn} = 194 \text{ м/ч}$.

Определение расстояния от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям представленным в таблице 18, для проволоки диаметром $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет 8...18 мм.

Расчет режима сварки последующих проходов со стороны разделки.

Определение величины сварочного тока.

Величина сварочного тока для последующих проходов определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Тогда для последующих проходов проволокой $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, для расчета принимаем $I_{св} = 160 \text{ А}$.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно принять: $F_n \leq 80...100 \text{ мм}^2$.

Для расчетов принимаем $F_n = 30 \text{ мм}^2$.

Определение скорости сварки.

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 35.

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{160} = 12,5...31,25 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 28 \text{ м/ч} = 0,78 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги U_{δ} определяется по формуле 36.

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 160 \pm 1 = 26,3 \dots 28,3 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_{\delta} = 28 \text{ В}$.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара ψ_{np} в зависимости от основных параметров режима сварки определяется по формуле 37.

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 160) \cdot \frac{1,2 \cdot 28}{160} = 3,4$$

Для механизированной сварки ψ_{np} находится в пределах от 0,8...4,0. Значение 3,4 входит в указанный диапазон.

Определяем ширину шва b по формуле [49]:

$$b = 2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4 \dots 6), \quad (49)$$

$$b = 2 \cdot 2 \cdot 0,36 + 2 + 5 = 8,44 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 48.

α_n – коэффициент наплавки, определяется по формуле 43.

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 44.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{160}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 37,6 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 37,6 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 12,18 \text{ г/А ч}$$

Подставляем в формулу известные значения.

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 12,18 \cdot 160}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 216,8 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{nn} = 215 \text{ м/ч}$.

Определение расстояния от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям представленным в таблице 18, для проволоки диаметром $d_{эл}=1,2$ мм, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет 8...18 мм.

Вылет электрода будет определяться по формуле [50]:

$$l_{эл} = (8...18) \cdot 1,2 = 9,6...21,6 \text{ мм} \quad (50)$$

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла $F_{нм}$ стыковых сварных швов с V-образной разделкой кромок и подваренным корнем шва определяется по формуле [51]:

$$\begin{aligned} F_{нм} &= 2F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = \\ &= f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a \cdot S + \frac{2}{3} \cdot c \left[2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4...6) \right] + \frac{2}{3} c' \cdot b_1 \quad (51) \end{aligned}$$

где c и c' – усиление сварного шва, мм; Обычно принимается равным 2 мм.

b_1 – ширина шва, мм.

Усиление сварного шва, принимаем равным 2 мм.

Ширина шва равна $b_1 = 8,44$ мм.

Подставляем в формулу известные значения.

$$F_{нм} = 4^2 \cdot 0,36 + 2 \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 2 [2 \cdot 5 \cdot 0,36 + 2 + 5] + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 8,44 = 43,14 \text{ мм}^2 = 0,43 \text{ см}^2$$

Определение числа проходов.

Число проходов n стыковых соединений определяется по формуле [52]:

$$n = \frac{F_{нм} - F_{нм1}}{F_{нм2}} + 1, \quad (52)$$

где n – число проходов;

$F_{нм}$ – общая площадь наплавки, мм²;

$F_{нм1}$ – площадь первого прохода, мм²;

$F_{нм2}$ – площадь последующего прохода, мм².

Площадь поперечного сечения наплавленного металла корневым проходом $F_{нм1} = 11 \text{ мм}^2$.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла последующим проходом равно $F_{нм2} = 30 \text{ мм}^2$.

Подставляем в формулу известные значения.

$$n = \frac{43,14 - 11}{30} + 1 = 2,07$$

Принимаем $n = 2$.

В ходе расчета режима механизированной сварки в среде углекислого газа порошковой проволокой, соединения С 21 были рассчитаны следующие показатели, представленные в таблице 21.

Таблица 21 – Расчетные параметры режимов механизированной сварки

Проходы	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	U_0 , В	$l_{эл}$, мм	$V_{св}$, м/ч	$V_{нт}$, м/ч
Корневой	1,2	140...150	26...28	10...22	28	194
Заполняющий	1,2	160...170	27...29	10...22	28	215

Для корневого прохода был определен постоянный ток, обратной полярности.

Для заполняющих проходов, так же был выбран постоянный ток, обратной полярности.

Было определено: количество проходов $n = 2$; была выбрана порошковая проволока марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$.

Расчетные параметры режимов сварки соответствуют параметрам, указанным в таблице 19.

Расчет режимов шва для стыкового сварного соединения обечайки с днищем.

Исходные данные:

—основной металл – сталь 12X18H10T по [5];

—толщина металла – S1=6 мм, S2=8 мм;

– способ сварки – механизированная сварка в среде углекислого газа;

–тип соединения – стыковое;

–тип шва – кольцевой;

–положение шва – нижнее;

–тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

Формы и размеры подготовки кромок по [23], соединение С17, изображенное на рисунке 21.

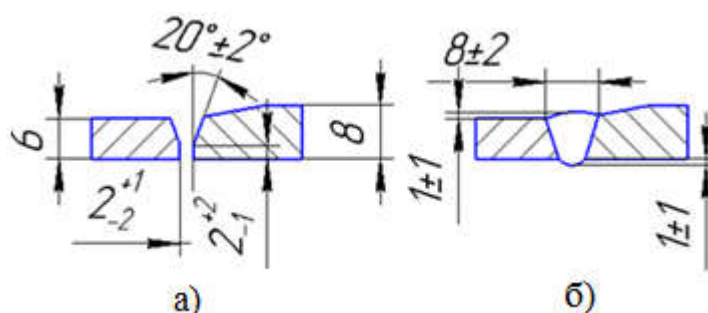


Рисунок 21 – Конструктивные элементы подготовленных кромок С17 свариваемых деталей и сварного шва: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Для сварки стыкового шва обечайки с днищем принимаем порошковую проволоку марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл} = 1,2$ мм.

Определение величины сварочного тока для корневого прохода.

Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Для первого прохода проволокой $d_{эл} = 1,2$ мм, принимаем $I_{св} = 160$ А.

Определение скорости сварки.

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2$ мм, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 35.

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{160} = 12,5...31,3 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 28 \text{ м/ч} = 0,78 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги определяется по формуле 36.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 160 \pm 1 = 26,3 \dots 28,3 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_d = 26 \text{ В}$.

Определение величины погонной энергии.

Величина погонной энергии q_n рассчитывается по формуле 38.

$$q_n = \frac{160 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,78} = 4267 \text{ Дж/см}$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход $F_{нм1}$, определяется по формуле 42.

α_n – коэффициент наплавки, определяемый по формуле 43.

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 44.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{160}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 37,6 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 37,6 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 12,2 \text{ г/А ч}$$

$$F_{нм1} = \frac{12,2 \cdot 160}{3600 \cdot 7,95 \cdot 0,78} = 0,11 \text{ см}^2 = 11 \text{ мм}^2$$

Определяем высоту заполнения разделки f по формуле 46.

$$f = \sqrt{\frac{11 - 5 \cdot 2}{\tan 20}} = 1,7 \text{ мм}$$

Рассчитываем глубину провара притупления h_0 по формуле 47.

$$h_0 = 5 - 1,7 = 3,3 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 48.

$$V_{нм} = \frac{4 \cdot 12,2 \cdot 160}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 217,2 \text{ м/ч}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ ВКР 15 03 01 14М011	65

Принимаем $V_m = 217$ м/ч.

Расчет режима сварки последующих проходов со стороны разделки.

Определение величины сварочного тока.

Величина сварочного тока для последующих проходов определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Тогда для последующих проходов проволокой $d_{эл} = 1,2$ мм, для расчета принимаем $I_{св} = 180$ А.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно принять: $F_n \leq 80 \dots 100 \text{ мм}^2$.

Для расчетов принимаем $F_n = 30 \text{ мм}^2$.

Определение скорости сварки.

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2$ мм, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 35.

$$V_{св} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{180} = 11,1 \dots 27,8 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 26 \text{ м/ч} = 0,72 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги U_{δ} определяется по формуле 36.

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 180 \pm 1 = 27,2 \dots 29,2 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_{\delta} = 28 \text{ В}$.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара $\psi_{пр}$ в зависимости от основных параметров режима сварки определяется по формуле 37.

Значение коэффициента K' определяется по таблице 20, и зависит от рода тока и полярности.

Подставляем в формулу уже известные значения.

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 180) \cdot \frac{1,2 \cdot 28}{180} = 2,9$$

Для механизированной сварки ψ_{np} находится в пределах от 0,8 до 4,0. Значение 2,9 входит в указанный диапазон.

Определяем ширину шва b по формуле 49.

$$b = 2 \cdot 1,7 \cdot 0,36 + 2 + 5 = 8,22 \text{ мм}$$

Определение скорости подачи проволоки.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{180}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 41,3 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 41,3 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 13,38 \text{ г/А ч}$$

Подставляем в формулу известные значения.

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 13,38 \cdot 180}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 268 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{nn} = 268 \text{ м/ч}$.

Определение расстояния от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям представленным в таблице 18, для проволоки диаметром $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет 8...18 мм.

Вылет электрода будет определяться по формуле 50.

$$l_{эл} = (8...18) \cdot 1,2 = 9,6...21,6 \text{ мм}$$

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла

Площадь поперечного сечения наплавленного металла F_{nm} стыковых сварных швов с V-образной разделкой кромок без подварки корня шва определяется по формуле [51]:

$$\begin{aligned} F_{nm} &= 2F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = \\ &= f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a \cdot S + \frac{2}{3} \cdot c \left[2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4...6) \right] + \frac{2}{3} c' \cdot b_1 \quad (51) \end{aligned}$$

Подставляем в формулу уже известные значения.

$$F_{nm} = 4^2 \cdot 0,36 + 2 \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 2[2 \cdot 4 \cdot 0,36 + 2 + 5] + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 8,22 = 42 \text{ мм}^2 = 0,42 \text{ см}^2$$

Определение числа проходов.

Число проходов n стыковых соединений определяется по формуле 52.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла корневым проходом

$$F_{nm1} = 11 \text{ мм}^2.$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла последующим проходом равно $F_{nm2} = 30 \text{ мм}^2$.

Подставляем в формулу найденные значения.

$$n = \frac{42 - 11}{30} + 1 = 2,03$$

Принимаем $n = 2$.

В ходе расчета режима механизированной сварки в среде углекислого газа порошковой проволокой, соединения С 17 были рассчитаны следующие показатели, представленные в таблице 22.

Таблица 22 – Расчетные параметры режимов механизированной сварки

Проходы	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	$l_{эл}$, мм	$V_{св}$, м/ч	$V_{нт}$, м/ч
Корневой	1,2	160...170	26...28	10...22	28	217
Заполняющий	1,2	180...190	28...29	10...22	26	268

Для корневого прохода был определен постоянный ток, обратной полярности.

Для заполняющих проходов, так же был выбран постоянный ток, обратной полярности.

Было определено: количество проходов $n = 2$; была выбрана порошковая проволока марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл} = 1,2$ мм.

Расчетные параметры режимов сварки соответствуют параметрам, указанным в таблице 19.

Расчет режимов шва для таврового сварного соединения горловины с дном.

Исходные данные:

- основной металл – сталь 12X18H10T по [5];
- толщина металла – $S_1=6$ мм, $S_2=8$ мм;
- способ сварки – механизированная сварка в среде углекислого газа;
- тип соединения – тавровое;
- тип шва – кольцевой;
- положение шва – вертикальное;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

Формы и размеры подготовки кромок по [23], соединение ТЗ, изображенное на рисунке 22.

Для сварки стыкового шва обечайки с дном принимаем порошковую проволоку марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл}=1,2$ мм.

Определение величины сварочного тока для корневого прохода

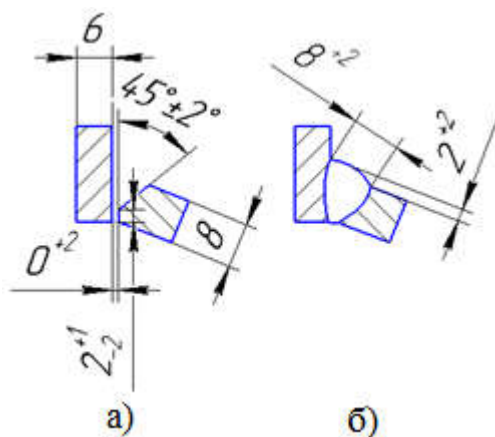


Рисунок 22 – Конструктивные элементы подготовленных кромок ТЗ свариваемых деталей и сварного шва: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра

электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Для первого прохода проволокой $d_{эл} = 1,2$ мм, принимаем $I_{св} = 140$ А.

Определение скорости сварки

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2$ мм, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 35.

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{140} = 14,3...35,7 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 30 \text{ м/ч} = 0,83 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги определяется по формуле 36.

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 140 \pm 1 = 25,4...27,4 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_{\delta} = 27 \text{ В}$.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара ψ_{np} в зависимости от основных параметров режима сварки может быть определен по формуле 37.

Значение коэффициента K' определяется по таблице 20, и зависит от рода тока и полярности.

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{140} = 3,7$$

Для механизированной сварки ψ_{np} находится в пределах от 0,8 до 4,0.

Значение 3,7 входит в указанный диапазон.

Определение величины погонной энергии.

Величина погонной энергии q_n рассчитывается по формуле 38.

$$q_n = \frac{140 \cdot 27 \cdot 0,8}{0,83} = 3643 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления h по формуле 39.

$$h = 8,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{3643}{3,7}} = 0,25 \text{ см} = 2,5 \text{ мм}$$

Определяем ширину шва b по формуле 40.

$$b = \psi_{np} \cdot h = 3,7 \cdot 2,5 = 9,25 \text{ мм}$$

Определяем высоту валика c по формуле 41.

F_{nm1} – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги, мм^2 , определяется по формуле 42.

α_n – коэффициент наплавки, определяемый по формуле 43.

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 44.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{140}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 34 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 34 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 11 \text{ г/А ч}$$

Подставляем в формулу известные значения.

$$F_{nm1} = \frac{11 \cdot 140}{3600 \cdot 7,95 \cdot 0,83} = 0,11 \text{ см}^2 = 11 \text{ мм}^2$$

Высота валика c будет равна.

$$c = \frac{F_{nm1}}{0,73 \cdot b} = \frac{11}{0,73 \cdot 9,25} = 1,6 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$.

Определяем высоту шва H по формуле 45.

$$H = 2,5 + 2 = 4,5 \text{ мм}$$

Определяем высоту заполнения разделки f по формуле 46.

$$f = \sqrt{\frac{11 - 4,5 \cdot 1}{\tan 45}} = 2,5 \text{ мм}$$

Рассчитываем глубину провара притупления h_0 по формуле 47.

$$h_0 = 4,5 - 2,5 = 2 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 48.

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 140}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 171,36 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{nn} = 170 \text{ м/ч}$.

Расчет режима сварки последующих проходов со стороны разделки.

Определение величины сварочного тока.

Величина сварочного тока для последующих проходов определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 18.

Тогда для последующих проходов проволокой $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, для расчета принимаем $I_{св} = 160 \text{ А}$.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно принять: $F_n \leq 80 \dots 100 \text{ мм}^2$.

Для расчетов принимаем $F_n = 30 \text{ мм}^2$.

Определение скорости сварки

При многопроходной сварке для проволоки $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 35.

$$V_{св} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{160} = 12,5 \dots 31,25 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 26 \text{ м/ч} = 0,72 \text{ см/с}$.

Определяем напряжение дуги.

Напряжение дуги U_δ определяется по формуле 36.

$$U_\delta = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 160 \pm 1 = 26,3 \dots 28,3 \text{ В}$$

Для расчетов принимаем $U_\delta = 28 \text{ В}$.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара ψ_{np} в зависимости от основных параметров режима сварки определяется по формуле 37.

Значение коэффициента K' определяется по таблице 20, и зависит от рода тока и полярности.

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 160) \cdot \frac{1,2 \cdot 28}{160} = 3,4$$

Для механизированной сварки ψ_{np} находится в пределах от 0,8 до 4,0. Значение 3,4 входит в указанный диапазон.

Определяем ширину шва b по формуле 50.

$$b = 2 \cdot 2 \cdot 1 + 2 + 4 = 10 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 48.

α_n – коэффициент наплавки, определяемый по формуле 43.

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 44.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{160}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 37,6 \cdot 10^{-4} \text{ г/А с}$$

$$\alpha_n = 37,6 \cdot 10^{-4} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 12,18 \text{ г/А ч}$$

Подставляем в формулу известные значения.

$$V_m = \frac{4 \cdot 12,18 \cdot 160}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,95} = 216,85 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_m = 217 \text{ м/ч}$.

Определение расстояния от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям представленным в таблице 18, для проволоки диаметром $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет 8...18 мм.

Таким образом, вылет электрода будет определяться по формуле 50.

$$l_{эл} = (8...18) \cdot 1,2 = 9,6...21,6 \text{ мм}$$

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла F_{nm} стыковых сварных швов с V-образной разделкой кромок определяется по формуле 51.

Подставляем в формулу уже известные значения.

$$F_{nm} = 6 \cdot 1 + 2 \cdot 8 + \frac{2}{3} \cdot 2[2 \cdot 4 \cdot 1 + 2 + 5] = 42 \text{ мм}^2 = 0,42 \text{ см}^2$$

Число проходов n стыковых соединений определяется по формуле 52.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла корневым проходом $F_{nm1} = 11 \text{ мм}^2$.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла последующим проходом равно $F_{nm2} = 30 \text{ мм}^2$.

$$n = \frac{42 - 11}{30} + 1 = 2,03$$

Принимаем $n = 2$.

В ходе расчета режима механизированной сварки в среде углекислого газа порошковой проволокой, соединения ТЗ, были рассчитаны следующие показатели, представленные в таблице 23.

Для корневого прохода был определен постоянный ток, обратной полярности.

Для заполняющих проходов, так же был выбран постоянный ток, обратной полярности.

Было определено: количество проходов $n = 2$; была выбрана порошковая проволока марки *OK Tubrod 14. 20*, $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$.

Таблица 23 – Расчетные параметры режимов механизированной сварки

Проходы	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	$l_{эл}$, мм	$V_{св}$, м/ч	V_{nn} , м/ч
Корневой	1,2	130...140	26...28	10...22	30	170
Заполняющий	1,2	150...160	27...29	10...22	26	217

Расчетные параметры режимов сварки соответствуют параметрам, указанным в таблице 19.

Расчёт режимов ручной дуговой сварки плавящимся электродом нахлесточного сварного соединения подкладного листа опоры с обечайкой.

Исходные данные:

–основной металл – сталь 12Х18Н10Тпо [5], Ст3сп;

– толщина металла – $S_1=S=6$ мм;

–способ сварки – ручная дуговая сварка;

–тип соединения – стыковое;

–тип шва – стыковой;

–положение шва – нижнее;

–тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

Формы и размеры подготовки кромок по [28],соединение Н1, изображенное на рисунке 23.

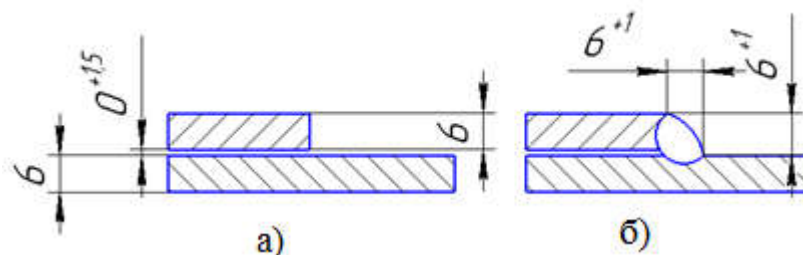


Рисунок 23 – Конструктивные элементы подготовленных кромок Н1 свариваемых деталей и сварного шва: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Выбор типа и марки электрода.

Исходя из того что свариваемые детали имеют разный химический состав выбираем переходные электроды марки ОЗЛ-6С по[31].

Выбор рода тока и полярности.

Род тока, полярность подключения зависят от свойств электродного покрытия и экономической целесообразности применения источников питания переменного или постоянного тока.

Выбор диаметра электродов.

Согласно таблице 24 для толщины листа 6 мм рекомендуется: для сварки принимаем $d_{эл} = 3$ мм.

Таблица 24— Практические рекомендации по выбору диаметра электрода

S, мм	$d_{эл}$, мм	K, мм	$d_{эл}$, мм	Примечание
2	2	2...3	2	При сварке многопроходных швов 1-й проход выполняется электродом диаметром 2..3 мм, последующие проходы диаметром 3...5 мм
3	3	3...4	3	
4	4	4...5	4	
5...6	5	5...6	5	
6	5	6	5	

Исходя из свойств электродов с основным покрытием, к которым относятся электроды ОЗЛ-6С, выбираем для сварки постоянный ток. Сварка производится на обратной полярности.

Для сварки подкладного листа выбираем $d_{эл} = 3$ мм.

Определение величины сварочного тока.

Величина сварочного тока определяется по эмпирическим формулам с учетом рекомендаций изложенных в предыдущих разделах.

В общем случае сила тока определяется по формуле[53]:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} \quad (53)$$

Для $d_{эл} = 3$ мм, $K = (30...40)$.

$$I_{св} = (30...40) d_{эл} = (30...40) 3 = 90...120 \text{ А}$$

Для электродов с основным покрытием расчетная величина сварочного тока корректируется в соответствии с требованиями паспорта на данную марку электродов. Поэтому номинальная величина сварочного тока для электродов марки ОЗЛ-6С будет:

Для $d_{эл} = 3$ мм, $I_{св} = 100 \text{ А}$;

Выбор величины напряжения на дуге.

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в сравнительно узких пределах и при проектировании технологических процессов сварки выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов представленное в таблице 25.

Таблица 25– Оптимальное напряжение дуги U_{δ}

Марка электрода	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	ЦЛ-9	ЦЛ-11	ЭА 400/10У	ОЗЛ-6С
U_{δ}	22...26	22...26	22...26	22...26	22...26	20...26

Согласно таблице 22 оптимальное напряжение на дуге для электродов марки ОЗЛ-6С находится в пределах 20...26 В. Для расчетов принимаем $U_{\delta} = 24$ В.

Длина дуги определяется по следующей формуле[54]:

$$l_{\delta} = (0,5 \dots 1,2) d_{эл} \quad (54)$$

Для выбранного диаметра электрода определяем длину дуги.

$$l_{\delta} = (0,5 \dots 1,2) d_{эл} = (0,5 \dots 1,2) 3 = 1,5 \dots 3,6 \text{ мм}$$

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла

Площадь поперечного сечения наплавленного металла $F_{нм}$ определяется по заданному катету по формуле[55]:

$$F_{нм} = \frac{K^2}{2} \cdot K_y, \quad (55)$$

где K_y – коэффициент усиления.

Для $K = 6$ мм, $K_y = 1,25$.

$$F_{нм} = \frac{6^2}{2} \cdot 1,25 = 22,5 \text{ мм}^2 = 0,225 \text{ см}^2$$

Определение числа проходов.

Число проходов n стыковых соединений определяется по формуле [56]:

$$n = \frac{F_{нм} - F_1}{F_n} + 1, \quad (56)$$

где n – число проходов;

$F_{нм}$ – общая площадь наплавки, мм²;

F_1 – площадь первого прохода, мм²;

F_n – площадь последующего прохода, мм².

Площадь поперечного сечения F_1 наплавленного металла первым проходом определяется по формуле [57]:

$$F_1 = (6...8) \cdot d_{эл} = (6...8) \cdot 3 = 18...24 \text{ мм}^2 \quad (57)$$

Принимаем площадь наплавленного металла первым проходом $F_1 = 22,5 \text{ мм}^2$.

Принимаем площадь поперечного сечения наплавленного металла последующим проходом, так же как и в первом случае $F_n = 22,5 \text{ мм}^2$.

$$n = \frac{22,5 - 22,5}{22,5} + 1 = 1$$

Принимаем $n = 1$

Определение скорости сварки.

Скорость при ручной дуговой сварке определяется по формуле [58]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (58)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, см/с;

α_n – коэффициент наплавки, г/А ч;

γ – удельный вес наплавленного металла, г/см³,

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла первым проходом см².

Принимаем $\gamma = 7,95 \text{ г/см}^3$.

Коэффициент наплавки α_n выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электрода.

В соответствии с характеристиками электродов марки ОЗЛ-6С принимаем $\alpha_n = 11,5 \text{ г/А ч.}$

Подставляем в формулу известные значения.

$$V_{св} = \frac{11,5 \cdot 100}{3600 \cdot 7,95 \cdot 0,225} = 0,18 \text{ см/с} = 6,4 \text{ м/ч}$$

В ходе расчета режима ручной дуговой сварки плавящимся электродом соединения Н1 были рассчитаны следующие показатели были рассчитаны следующие показатели, представленные в таблице 26.

Таблица 26 – Расчетные параметры режимов ручной дуговой сварки

Проходы	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	U_d , В	l_d , мм	$V_{св}$, м/ч
Первый	3,0	100...120	24...26	1,5...3,6	6,4

Для первого прохода был определен постоянный ток, обратной полярности.

Было рассчитано количество проходов $n = 1$, По [31], были выбраны электроды марки ОЗЛ-6С диаметром 3 мм.

Расчетные параметры режимов сварки показаны в картах технологических процессов сварки, находящихся в приложении Б.

4.6 Выбор сварочного оборудования

Руководствуясь расчётами параметров режимов сварки, принимаем в качестве сварочного полуавтомата, *Lorch M 3070*, который изображен на рисунке 24. Сварочный аппарат, предназначенный для сварки как тонкого, так и толстого листового металла. Диапазон сварочного тока аппарата от 30 до 400 А. Аппарат, изображенный на рисунке 24, работает со сварочной проволокой из стали диаметром от 0,6 до 1,6 мм и из алюминия от 1,0 до 1,6 мм, а также порошковой проволокой диаметром до 1,6 мм. Аппарат *Lorch M 3070* подходит для интенсивного многопрофильного применения в области металлообработки, он отлично работает со сталью, нержавеющей сталью и алюминием. Трансформатор от-

личного качества 50 Гц и 4-х роликовая подача проволоки высокой точности обеспечивает возможность производить сварку по высшему классу. При токе 260 А при 25 градусах воздуха аппарат выдает 100 % ПВ.

Управляемая микропроцессором регулировочная автоматика автоматически задает скорость подачи проволоки в соответствии с выбранным уровнем напряжения. Для оптимизации процесса сварки достаточно немного повернуть корректирующий регулятор. Также автоматически настраивается активная дроссельная система и обеспечивается поджиг с малым количеством брызг и превосходные характеристики сварочной дуги. Концепция управления по принципу «3 шага до сварки» позволяет задать всего три параметра (выбрать режим работы, уровень напряжения, регулировку проволоки) и сразу начинать сварку. Регулируемая скорость подачи проволоки при поджиге предотвращает жесткий удар об деталь.



Рисунок 24 – Полуавтоматический сварочный аппарат *Lorch M 3070*

Основные технические характеристики полуавтоматического сварочного аппарата *Lorch M 3070* представлены в таблице 27.

Для приварки опорных элементов, а так же строповых проушин целесообразно применять ручную дуговую сварку.

Таблица 27 – Технические характеристики полуавтоматического сварочного аппарата *Lorch M 3070*

Параметры	Значения
Питание сети, В	380
MIG/MAG сварочный ток, А	30 ... 400
Диаметр сварочной проволоки (min-max), мм	0,6...1,6
Масса, кг	126,0
Габаритные размеры, мм	945× 425×720

Для данного типа сварки выбираем сварочный аппарат *ESAB BUDDY ARC 145*, изображенный на рисунке 25, аппарат обладает самыми современными рабочими характеристиками и обеспечивает высокое качество сварки.



Рисунок 25 – Сварочный аппарат *ESAB BUDDY ARC 145*

Основные технические характеристики данного аппарата представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Технические характеристики сварочного аппарата *ESAB BUDDY ARC 145*

Показатели	Значения
Питание сети, В	220
Пределы регулирования сварочного тока, А	5...180
Диаметр электрода (min-max), мм	1,6...3,2
Напряжение холостого хода, В	63,0
Масса, кг	4,0
Габаритные размеры, мм	280×120×220

5 Контроль качества сварных соединений

Согласно[10], сосуды (сборочные единицы и детали), материалы и комплектующие изделия должны быть приняты отделом технического контроля предприятия-изготовителя и проверены на соответствие требованиям нормативных документов.

Каждое изделие (сосуд) на предприятии-изготовителе следует подвергать приемосдаточному испытанию, которое включает в себя проверку:

- габаритных и присоединительных размеров;
- прочности и герметичности;
- соответствия примененных материалов предусмотренным материалам в спецификации рабочей документации;
- качества сварных соединений;
- качества поверхности;
- качества покрытия;
- комплектности изделия (сосуда);
- комплектности сопроводительной документации;
- маркировки;
- консервации;
- упаковки.

Дефекты сварных швов являются следствием неправильного выбора или нарушения технологического процесса, применения некачественных сварочных материалов и низкой квалификации сварщика. Дефекты сварных соединений классифицируют по причинам возникновения и месту их расположения.

Выделяют следующие виды дефектов в сварных соединениях:

- наплыв;
- подрез;
- непровар;
- наружные трещины и поры;

- внутренние трещины и поры;
- внутренний непровар;
- шлаковые включения.

Контроль качества сварных соединений следует проводить следующими методами:

- визуальным осмотром и измерительным контролем;
- механическими испытаниями;
- испытанием на стойкость против межкристаллитной коррозии;
- металлографическими исследованиями;
- стилоскопированием;
- ультразвуковой дефектоскопией;
- радиографией;
- цветной или магнитопорошковой дефектоскопией;
- другими методами (акустической эмиссией, люминесцентным контролем, определением содержания ферритной фазы и др.), если необходимо.

При выборе способа контроля качества сварных соединений для проектируемой конструкции следует опираться на [10]и[11].

5.1 Визуально измерительный контроль

В первую очередь аппарат проходит визуальный контроль, на этом этапе проводится сто процентная проверка поверхности швов сварной конструкции, осмотр выполняют невооруженным глазом или с помощью лупы, используя шаблоны и мерительный инструмент. При этом проверяются геометрические размеры швов, наличие подрезов, трещин, непроваров, кратеров и других наружных дефектов.

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному контролю и измерению подлежат все сварные швы в соответствии с ГОСТ 3242-79 [33] для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; не провары (не сплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; не заваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

5.2 Механические испытания

Контроль качества сварного соединения в целом и его отдельных участков, а также наплавленного металла методами механических испытаний осуществляется в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением", утвержденными Госгортехнадзором РД 26-11-08-86 [34].

Испытания проводятся на контрольных сварных соединениях, которые были произведены на тех же материалах, из которых сварено само изделие, с применением тех же способов сварки и сварочных материалов, теми же сварщиками.

5.2.1 Испытания на статическое растяжение

При испытании сварного соединения на статическое растяжение определяют временное сопротивление наиболее слабого участка. Подсчет временного сопротивления ведется по ГОСТ 1497-84[35]. При испытании определяют место разрушения образца.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Испытания проводят, как правило, на образцах, толщина или диаметр которых равен толщине или диаметру основного металла. При испытании сварного соединения или листов разной толщины более толстый лист путем механической обработки должен быть доведен до толщины более тонкого листа.

Шероховатость поверхности после обработки более толстого элемента должна быть не более 6,3 мкм.

Для данной группы сосуда испытания проводятся на двух образцах.

Форма и размер плоских образцов для испытания стыковых соединений должны соответствовать рисунку 26. Металл шва в этих образцах должен располагаться по середине их рабочей части. Разрешается применение образцов по [35].

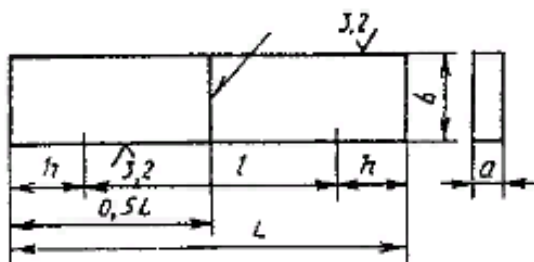


Рисунок 26 – Основные геометрические параметры плоских образцов, для испытания на статическое растяжение.

Утолщение шва должно быть снято механическим способом до уровня основного металла. При удалении утолщения разрешается снимать основной металл по всей поверхности образца на глубину до 15% от толщины металла или диаметра стержня, но не более 4 мм. Удаление основного металла с поверхности образца производят только с той стороны, с которой снимают утолщение шва или имеется уступ. Строгать утолщение следует поперек шва. Острые кромки плоских образцов в пределах рабочей части должны быть закруглены радиусом не более 1,0 мм путем сглаживания напильником вдоль кромки. Разрешается строгать утолщение вдоль шва с последующим удалением рисок. Шероховатость поверхности R_z в местах удаления утолщения должна быть не более 6,3 мкм.

5.2.2 Испытания на статический изгиб

Испытания на изгиб служат для определения металла и сварных соединений выдерживать заданную степень пластической деформации, характеризующую углом изгиба, или для оценки предельной пластичности металла в сварных конструкциях при изгибе, характеризующейся углом изгиба до образования первой трещины.

Испытания проводят при комнатной температуре. При испытании определяют способность соединения принимать заданный по размеру и форме изгиб. Эта способность характеризуется углом изгиба показанным на рисунке 27, при котором в растянутой зоне образца образуется первая трещина, развивающаяся в процессе испытания. Если длина трещин, возникающих в процессе испытания в растянутой зоне образца, не превышает 20 % его ширины, но не более 5 мм, то они не являются браковочным признаком. Определяется также место образования трещины или разрушения (по металлу шва, металлу околошовной зоны или основному металлу). В зависимости от требований нормативно-технической документации испытания проводят до достижения нормируемого угла изгиба или угла изгиба, при котором образуется первая браковочная трещина, до параллельности или соприкосновения сторон образца. Угол изгиба при испытании до образования первой трещины измеряют в ненапряженном состоянии с погрешностью до 2 градусов. Образцы типов XXVIa, XXVIIIa, толщина которых меньше толщины основного металла, допускается вырезать в различных участках поперечного сечения сварного соединения.

Данный вид испытаний проводится в соответствии с ГОСТ 6996-66[36].

Выпуклость шва по обеим сторонам образца снимается механическим способом до уровня основного металла. Строгать утолщение с образцов типов XXVI и XXVIa следует вдоль, а с образцов типов XXVII, XXVIIa, XXVIII и XXVIII а – поперек шва.

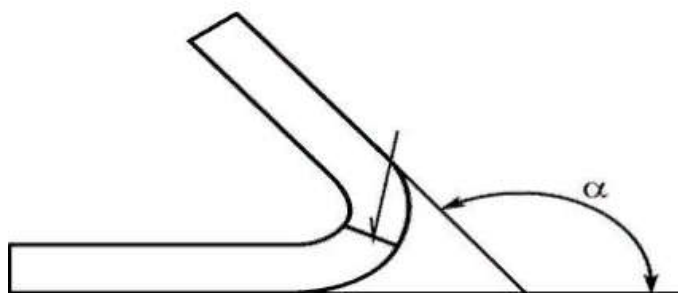


Рисунок 27 – Образец сварного соединения для испытания на изгиб: α – угол загиба образца

Форма и размеры плоских образцов должны соответствовать указанным на рисунке 28. Ось расположенного поперек сварного шва образца после окончательной обработки должна находиться на его середине.

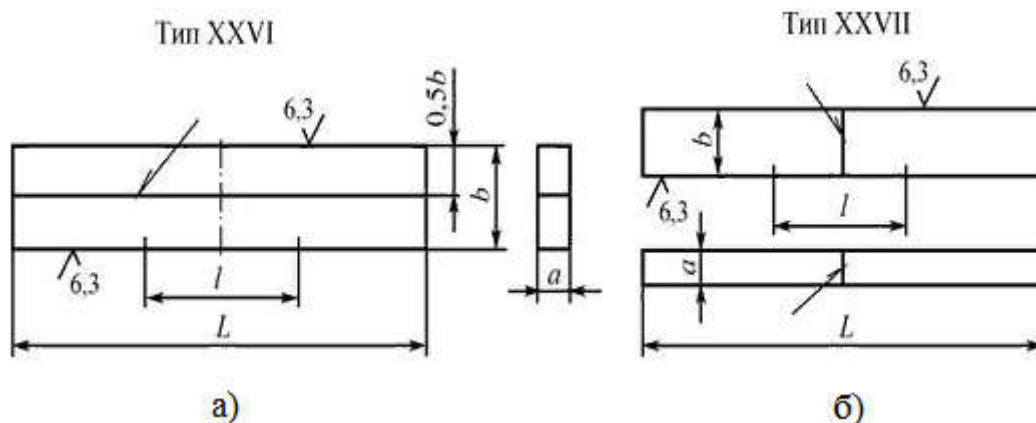


Рисунок 28 – Сварные соединения; плоские образцы типов XXVI (а) и XXVII (б) для испытания на изгиб: L – общая длина образца, мм; l – длина рабочей части образца, мм; a – толщина образца, мм; b – ширина образца, мм. Стрелками показаны сварные швы

Испытания образцов типа XXVI проводят, как указано на рисунке 26 а, типа XXVII – на рисунке 29 б. Расстояние между опорами K для образцов типа XXVII должно быть $2,5 D$, для образцов типа XXVI указано на рисунке 26 а.

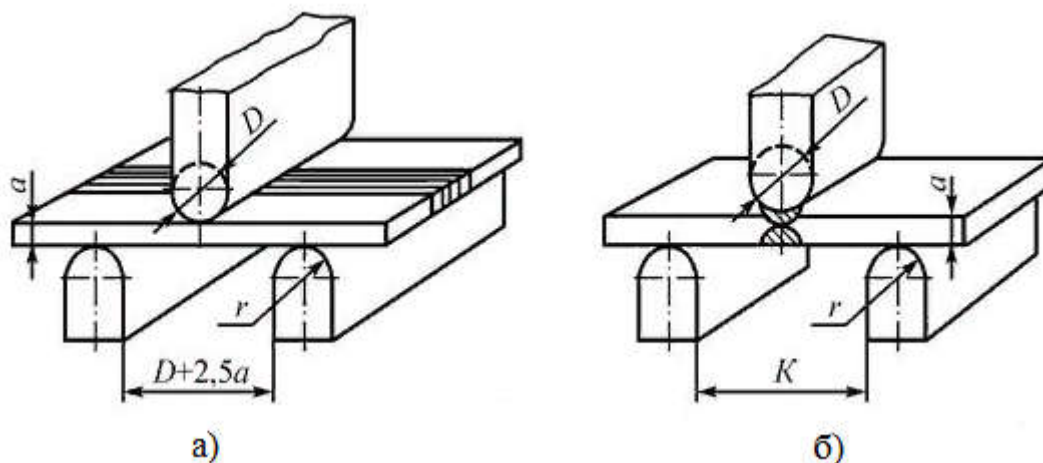


Рисунок 29 – Сварные соединения; схема испытания на изгиб образцов типов XXVI (а) и XXVII (б): D – диаметр оправки, мм; K – расстояние между опорами, мм; a –толщина образца, мм; r – радиус закругления опор, мм

Обязательным условием проведения испытаний является плавность возрастания нагрузки на образец (со скоростью не более 15 мм/мин) на испытательных машинах или прессах с использованием опорных роликов. Диаметр оправки обычно принимают равным двум толщинам основного металла.

5.3 Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии

Испытание сварного соединения на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить для сосудов (сборочных единиц, деталей), изготовленных из сталей аустенитного, ферритного, аустенитно-ферритного классов и двухслойной стали с коррозионностойким слоем из аустенитных и ферритных сталей по требованию технических условий или проекта.

Форма, размеры и количество образцов должны соответствовать [17].

Для испытания методами АМУ, АМУФ, АМ, ВУ, В изготавливают по четыре образца из основного и наплавленного металла и металла шва, два из которых являются контрольными.

При испытании методами АМУ, АМУФ, АМ, ВУ, В окалина, образовавшаяся на поверхности образцов после сварки и термической обработки, включающей провоцирующий нагрев, до шлифовки или полировки должна быть удалена химическим или электрохимическим травлением или механической обработкой (строжкой, точением) на глубину не более 1,0 мм (на сторону), а для тонкостенных деталей толщиной до 1,5 мм, на глубину не более 0,1 мм (на сторону). При испытании методом ДУ окалину удаляют химическим травлением или механическим способом на глубину не более 1,0 мм.

Сущность данного метода заключается в том, что образцы сталей выдерживают в кипящем водном растворе сернокислородной меди и серной кислоты в присутствии металлической меди (стружка или проволока).

По окончании испытаний для обнаружения МКК образцы изгибают на угол 90° по ГОСТ 14019-2003 [37].

5.4 Радиографический и ультразвуковой контроль

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат ультразвуковой или радиографической дефектоскопии в объеме, определяемом по [10], в таблице 29.

Радиографический контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 7512-82 [38] и НД.

Ультразвуковую дефектоскопию сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ Р 55724-2013 [39] и НД. Обычные методы ультразвукового контроля не подходят для контроля сварных соединений из сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов, поэтому необходимо производить ультразвуковой контроль в соответствии с СТО 00220256-014-2008[40]. В данном стандарте прописана методика проведения ультразвукового контроля стыковых, угловых и тавровых сварных соединений из сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов.

Таблица 29 –Объем контроля радиографическим или ультразвуковым методом, %

Группа сосуда	Длина контролируемых сварных соединений от общей длины, %
1, 2	100
3	50
4	25
5	10

На проектируемый сосуд, относящийся к группе 1, объём контроля радиографическим или ультразвуковым методом составляет 100%.

5.5 Стилоскопирование

Стилоскопирование сварных швов следует проводить для установления марочного соответствия примененных сварочных материалов требованиям проекта и инструкций по сварке или настоящих правил, проводится по РД 26.260.15-2001 [41]. При стилоскопировании следует руководствоваться инструкцией по стилоскопированию основных и сварочных материалов и готовой продукции. Стилоскопированию подвергаются сварные швы работающих под давлением, или в химически агрессивных средах, деталей из сталей марок: 12ХМ, 12МХ, 15ХМ, 10Х2М1А-А, 20Х2М, 1Х2М1, 15Х2МФА-А, 10Х2ГНМ, 15Х5, 08Х13, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 03Х16Н15М3Т, 08Х21Н6М2Т и 06ХН28МДТ, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 08Х22Н6Т и металл коррозионностойкой наплавки, в объеме не менее указанного в таблице 30.

На проектируемый сосуд, относящийся к группе 1, объём контроля стилоскопированием составляет 100%.

Таблица 30 – Объем контроля стилоскопированием, %

Группа сосуда	Количество контролируемых сварных швов и металла коррозионностойкой наплавки от общего количества, %
1, 2	100
3, 4	50
5	25

5.6 Гидравлические испытания

Гидравлическому испытанию изделие подвергается после его изготовления и после того как был проведён визуально измерительный контроль согласно [10] и [11].

При гидравлических испытаниях следует использовать воду. Разность температур стенки сосуда и окружающего воздуха во время испытаний не должна вызывать конденсацию влаги на поверхности стенки сосуда. Давление внутри сосуда следует поднимать равномерно до достижения пробного. Скорость подъёма давления не должна превышать 0,5 МПа в минуту. Время выдержки под пробным давлением для данного аппарата должно быть не менее 30 минут. После выдержки под пробным давлением давление снижают до расчётного под которым проводят осмотр наружной поверхности, разъёмных и сварных соединений.

Испытание пробным гидравлическим давлением контролируют двумя манометрами. Манометры выбирают одного типа, предела измерений, класса точности, одинаковой цены деления. Манометры должны иметь класс точности не ниже 2,5.

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если во время их проведения отсутствуют:

а) Падение давления по манометру.

б) Пропуски испытательной среды (течи, потения, пузырьки воздуха или газа) в сварных соединениях и на основном металле.

в) Признаки разрыва.

г) Течи в разъёмных соединениях.

д) Остаточные деформации.

Учитывая всё вышесказанное, полученные данные были занесены в карту контроля сварных соединений и КСС.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

6 Выбор и модернизация средств технологического оснащения

6.1 Приспособление для сборки и сварки обечайки с днищами

Применение сборочно-сварочных приспособлений снижает трудоемкость сборочных операций, уменьшает остаточные деформации, повышает качество конструкций и упрощает контроль и приемку собранных конструкций. Правильно спроектированное и изготовленное приспособление должно отвечать следующим требованиям: быть удобным в эксплуатации, обеспечивать проектные размеры изделия, быструю установку элементов и съем собранного или сваренного изделия, иметь невысокую стоимость и удовлетворять требованиям техники безопасности при выполнении сборочных и сварочных работ. Тип приспособления определяется серийностью производства и степенью сложности конструкции. В единичном производстве обычно применяют универсальные приспособления. В серийном производстве, в зависимости от количества изготавливаемых однотипных изделий, используют как универсальные, так и специализированные приспособления. В массовом производстве распространены приспособления различных типов, от простых до сложных, быстродействующих, с элементами автоматики.

Для обеспечения требуемого зазора между обечайкой и днищами, в данном проекте предложено специальное устройство, представленное на рисунке 27.

В данном проекте в качестве сборочно-сварочной оснастки представлены: позиционер с электрическим приводом, а также центрирующее устройство. Вышеизложенные приспособления позволяют с большой точностью расположить днище относительно обечайки, что повышает качество сборки изделия.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

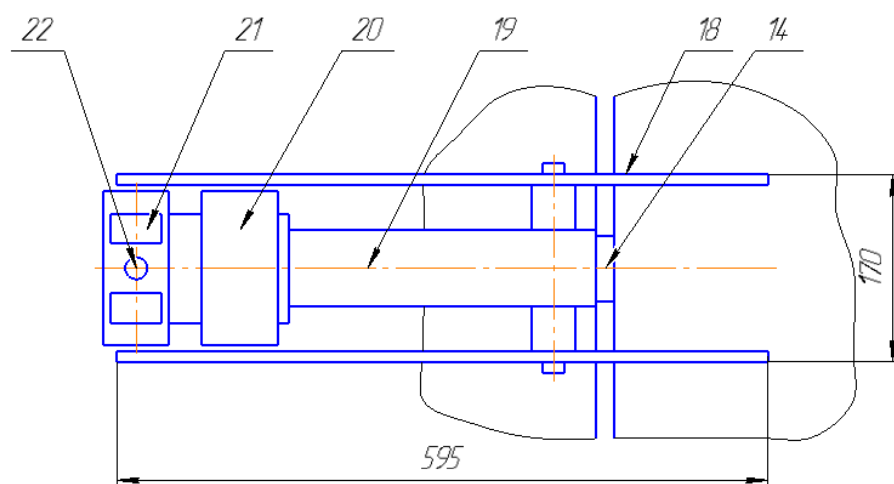


Рисунок 30 – Устройство для обеспечения требуемого зазора: 19 – Центрирующий толкатель дна; 20 – Направляющая; 18– Толкатель обечайки; 14 – Упор

Заключение

В данном проекте был спроектирован технологический процесс сборки и сварки корпуса емкостного аппарата.

В результате проектирования проведён анализ технологичности сварки, назначены способы сварки и конструктивные параметры швов, рассчитан коэффициент использования материала, обоснован выбор сварочных материалов и оборудования, рассчитаны режимы сварки, разработаны карты технологического процесса сварки.

Был произведен проектный расчет опоры в программе «Пассат 2.08».

Разработаны чертежи конструкции, сварных соединений, технологической оснастки, режимов сварки, контроля качества сварных соединений.

Учитывая мелкосерийный тип производства, в данном проекте применено универсальное технологическое оборудование.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Список использованных источников

1. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования, содержание и порядок проведения [Текст]: ГОСТ Р 15.011-96. – Введ. 1996-01-30. – М.: Издательство стандартов, 2010. – 15 с.

2. Порошковая проволока[Текст]: пат. 2582402 Рос. Федерация: МПК В23К 35/36 Еремин Е. Н., Маталасова А. Е., Еремин А. Е.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Омский государственный технический университет" – №2014151591/02; заявл. 18.12.2014; опубл. 27.04.2016, Бюл. №12 (I ч.). – 4 с.

3. Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей[Текст]: пат. 2281843 Рос. Федерация: МПК В23К 35/368 Гаврилов С. Н., Поправка Д. Л., Очагов В. Н., патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный технологический университет" (ГОУВПО "КубГТУ") – № 2004138389/02; заявл. 27.12.2004; опубл. 20.08.2006, Бюл. №23 (I ч.). – 10 с.

4. Самозащитная порошковая проволока для сварки аустенитных хромоникелевых сталей[Текст]: пат. 2004138389 Рос. Федерация: МПК В23К 35/368 Новиков О. Н., Очагов В. Н., Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный технологический университет". – № 138389/58; заявл. 21.10.2004; опубл. 10.06.2006, Бюл. №10 (I ч.). – 1 с.

5. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная[Текст]: ГОСТ 7350-77. – Введ. – 1978-01-01. – М.: Стандартинформ, 1990. – IV, 11 с.: ил.

6. Днища эллиптические, отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов [Текст]: ГОСТ 6533-78. – Введ. – 1980-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – II, 39 с.: ил.

7. Лапы опорные подвесных вертикальных сосудов и аппаратов. Основные размеры [Текст]: ГОСТ 26296-84. – Введ. 1985-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 16 с.: ил.

8. Устройства строповые для сосудов и аппаратов [Текст]: ГОСТ 13716-73. – Введ. 1975-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 21 с.: ил.

9. Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры [Текст]: ГОСТ 9931-85. – Введ. 1987-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 28 с.: ил.

10. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ Р 52630-2012. – Введ. – 2013-04-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – IV, 82 с.: ил.

11. Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных [Текст]: ПБ-03-584-03. – Введ. – 2003-06-10. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – II, 57 с.: ил.

12. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Текст]: ПБ-09-540-03. – Введ. – 2003-06-21. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – I, 40 с.: ил.

13. Маркировка грузов [Текст]: ГОСТ 14192-96. – Введ. – 1990-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1990. – IV, 45 с.: ил.

14. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки [Текст]: ГОСТ 5632-2014. – Введ. – 2015-02-15. – М.: Стандартинформ, 2015. – II, 47 с.: ил.

15. Трубы бесшовные холодно и теплодеформированные из коррозионностойкой стали [Текст]: ГОСТ 9941-81. – Введ. – 1983-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1983. – II, 14 с.: ил.

16. **Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия**[Текст]:ГОСТ 5949-75. –Введ. – 1977-01-01. – М.:Издательство стандартов, 2004. – I, 98с.: ил.

17. **Стали и сплавы коррозионностойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии**[Текст]:ГОСТ 6032-2003. –Введ. – 2005-01-01. – М.:Издательство стандартов, 2008. – II, 24с.: ил.

18. **Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки** [Текст]: ГОСТ 380-2005. – Введ. 2008-07-01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 8 с.

19. **Прокат повышенной прочности. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 19281-2014. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 47 с.:ил.

20. **Методические указания к расчету цилиндрических обечаек стальных сварных сосудов и аппаратов**[Текст]: учеб-метод, пособие /А.И. Барвин [и др.] – Северодонецк, СТИ, 2002. – 83 с.

21. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность** [Текст]: ГОСТ 14249-89. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 54 с.: ил.

22. **Проектирование сварных конструкций. Расчет сварных соединений**[Текст]: учеб.пособие / С.Г. Усатый, А.Е. Розен, С.Н. Чугунов [и др.] – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 132 с.

23. **Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 14771-76. – Введ. 1977-07-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – III, 37 с.: ил.

24. **Единая база технологической документации. Термины и определения основных понятий** [Текст]: ГОСТ 3.1109-82. – Введ. 1983-01-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 98 с.

25. **Обеспечение технологичности конструкции изделия** [Текст]: ГОСТ 14.201-83. – Введ. 1984-01-01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 8 с.

26. **Прокат листовой горячекатанный. Сортамент** [Текст]: ГОСТ 19903-2015. – Введ. 2016-09-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 12 с.: ил.

27. **Дуговая сварка в защитном газе при острых и тупых углах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 23518-79. – Введ. 1980-01-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 25 с.

28. **Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры**[Текст]:ГОСТ 5264-80. – Введ. 1980-01-01. – М.: Стандартиформ, 1981. – 38 с.

29. **Материалы сварочные. Электродная проволока и лента, присадочная проволока и прутки для дуговой сварки коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сталей. Классификация**[Текст]: ГОСТ Р ИСО 14343-2012. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 27 с.

30. **Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 8050-85. – Введ. 1987-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1995. – II, 22 с.

31. **Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы**[Текст]: ГОСТ 10052-75. – Введ. 1977-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1977. – I, 20 с.

32. **Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства**[Текст]: учеб.пособие / В.Г. Гордиевский, А.Е. Розен, С.Г. Усатый, [и др.] Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 276 с.

33. **Соединения сварные. Методы контроля качества** [Текст]: ГОСТ 3242-79. – Введ. 1981-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.

34. **Соединения сварные. Механические испытания**[Текст]: РД 26-11-08-86. – Введ. 1987-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 95 с.

					<i>ПГУ ВКР 15 03 01 14М011</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

35. **Металлы. Методы испытаний на растяжение** [Текст]: ГОСТ 1497-84. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – III, 22 с.: ил.

36. **Сварные соединения. Методы определения механических свойств** [Текст]: ГОСТ 6996-66. – Введ. 1967-01-01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 83 с.: ил.

37. **Материалы металлические. Испытание на изгиб**[Текст]: ГОСТ 14019-2003. – Введ. 2004-09-01. – М.:Межгосударственный технический комитет по стандартизации, 2004. – 23 с.: ил.

38. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод**[Текст]:ГОСТ 7512-82. – Введ. 1984-01-01. – М.: Государственный стандарт СССР, 1984. – 38 с.: ил.

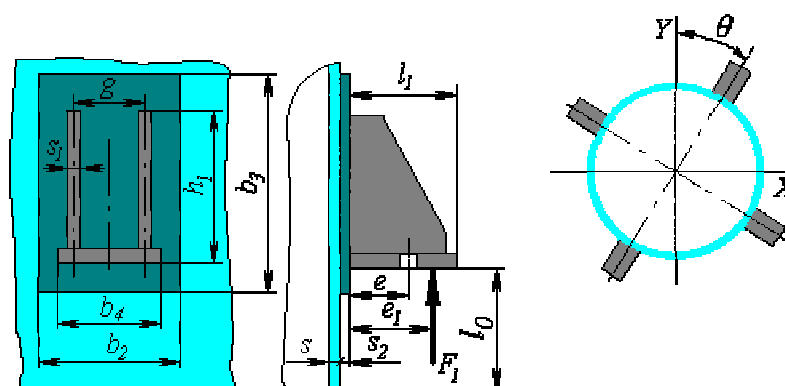
39. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые** [Текст]: ГОСТ Р 55724-2013. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 41 с.: ил.

40. **Инструкция по ультразвуковому контролю стыковых, угловых и тавровых сварных соединений химической аппаратуры из сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов с толщиной стенки от 4 до 30 мм**[Текст]:СТО 00220256-014-2008. – Введ. 2009-08-01. – М.:Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения, 2009. – 55 с.: ил.

41. **Стилоскопирование основных и сварочных материалов и готовой продукции**[Текст]:РД 26.260.15-2001. – Введ. 2001-12-20. – М.:Госгортехнадзор РФ, 2002. – 25 с.: ил.

Приложение А

Расчет опоры обечайки емкостного аппарата в программе «Пассат 2.08»



Исходные данные

Элемент, связанный с опорой:	Обечайка цилиндрическая №1
Тип опоры:	Тип А
Внутренний диаметр обечайки, D:	700 мм
Толщина стенки обечайки, s:	6 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c ₁ :	1 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c ₂ :	0 мм
Прибавка технологическая, c ₃ :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	1 мм
Число опор:	Четыре
(обычный монтаж)	
Расстояние от края элемента, l ₀ :	87 мм
Ширина основной плиты, b ₄ :	105 мм
Высота опорной лапы, h ₁ :	176 мм
Расстояние между средними линиями рёбер, g:	80 мм
Толщина стенки лапы, s ₁ :	5 мм
Длина опорной лапы, l ₁ :	100 мм
Расстояние между точкой приложения усилия и обечайкой или подкладным листом, e ₁ :	90 мм
Угол расположения опор, θ:	0 °
Анкерные болты:	

					ПГВ РКД 15.02.01.11М.0112			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-				
Разраб.	Цетверни-							
Провер.	Семинкин							
Н. контр.	Хорин Д.В.							
Утв.	Логинов							
					Разработка техноло-			
					гии сборки и сварки			
					емкостного аппарата			
					Лит.	Лист	Листов	
					Каф. СЛПиМ			

Материал: Ст3 (МДС 31-4.2000)
 Номинальный диаметр, d: 20 мм
 Расстояние между осью болта и обечайкой или подкладным листом, e: 65 мм

Подкладной лист:

Ширина подкладного листа, b_2 : 140 мм
 Длина подкладного листа, b_3 : 235 мм
 Толщина подкладного листа, s_2 : 6 мм
 Коэффициенты прочности сварных швов :
 $\varphi_p = 0,9$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 36 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,1083 МПа
 Расчётный изгибающий момент, M: 7,3 Н м
 Расчётное внешнее осевое усилие, F: 0 Н

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.5-2007

Определение расчётных усилий

Диаметр обечайки в середине опоры :

$$D_K = D = 700 \text{ мм}$$

Действие момента допускается только в плоскости опорных лап.

Усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_K + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)} = (3113 + 0) / 2 + 7,3 / (700 + 2 \cdot (90 + 4 + 6)) = 1564 \text{ Н}$$

Для опор типов А, В, С (при укреплении подкладным листом – для всех типов):

$$\bar{\sigma}_m = \frac{p \cdot D_K}{2 \cdot (s - e)} = 0,1083 \cdot 700 / (2 \cdot (4 - 1)) = 12,63 \text{ МПа}$$

$$\varphi_2 = \frac{\bar{\sigma}_m}{K_2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = 12,63 / (1,25 \cdot 182 \cdot 0,9) = 0,06169$$

$$\varphi_1 = 0,4$$

$$K_1 = \frac{1 - \varphi_2^2}{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2\right)^2 + (1 - \varphi_2^2) \cdot \varphi_1}} = 1,114$$

Примечание: при $\varphi_2 < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

Предельное напряжение изгиба :

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\sigma] = 1,114 \cdot 1,25 \cdot 182 = 253,4 \text{ МПа}$$

$$x = \ln \left(\frac{D_K}{2 \cdot (s - e)} \right) = \ln (700 / (2 \cdot (4 - 1))) = 4,759$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln (180 / 700) = (-1,358)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ ВКР 15 03 01 14М011	

$$y_1 = \ln \frac{b_3}{D_R} = \ln (260 / 700) = (-0,9904)$$

Коэффициент K_8 (определяется в зависимости от конструкции опорной лапы):

$$K_8 = \min \left\{ \begin{aligned} & \exp \left[\frac{-49.919 - 39.119x - 107.01y_1 - 1.693x^2 - 11.920xy_1 - 39.276y_1^2}{+0.237x^2 + 1.606x \cdot y_1 + 2.761y_1^2 - 3.854y_1^3} \right] \cdot 10^{-2} \\ & \exp \left[\frac{-5.964 - 11.395x - 18.984y - 2.413x^2 - 7.286xy - 2.042y^2}{+0.1322x^2 + 0.4833x \cdot y + 0.8469y^2 + 1.428y^3} \right] \cdot 10^{-2} \end{aligned} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{aligned} & \exp[(-49.919 - 39.119 * 4,759 - 107.01 * (-0,9904) - 1.693 * 4,759^2 - 11.920 * 4,759 * (-0,9904) - 39.276 * (-0,9904)^2 + 0.237 * 4,759^3 + 1.608 * 4,759^2 * (-0,9904) + 2.761 * 4,759 * (-0,9904)^2 - 3.854 * (-0,9904)^3) * 10^{-2}] \\ & \exp[(-5.964 - 11.395 * 4,759 - 18.984 * (-1,358) - 2.413 * 4,759^2 - 7.286 * 4,759 * (-1,358) - 2.042 * (-1,358)^2 + 0.1322 * 4,759^3 + 0.4833 * 4,759^2 * (-1,358) + 0.8469 * 4,759 * (-1,358)^2 + 1.428 * (-1,358)^3) * 10^{-2}] \end{aligned} \right\} = 0,2353$$

Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при $b_2 / b_3 = 0,7692$):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_1] \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (s_1 + s_2)} = 253,4 * 260 * (4 - 1)^2 / (0,2353 * (90 + 6)) = 2,625 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F_1]$$

$$F_1 = 1564 \text{ Н} \leq [F_1] = 2,625 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,1464 МПа

Расчётный изгибающий момент, M: 7,462 Н м

Расчётное внешнее осевое усилие, F: 0 Н

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.5-2007

Определение расчётных усилий

Действие момента допускается только в плоскости опорных лап.

Усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_R + 2 \cdot (s_1 + s + s_2)} = (4115 + 0) / 2 + 7,462 / (700 + 2 * (90 + 4 + 6)) = 2066 \text{ Н}$$

Для опор типов А, В, С (при укреплении подкладным листом – для всех типов):

$$\bar{\sigma}_m = \frac{p \cdot D_R}{2 \cdot (s - c)} = 0,1464 * 700 / (2 * (4 - 1)) = 17,08 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta * R_{e/20} / n_T = 1 * 276 / 1,1 = 250,9 \text{ МПа}$$

$$\Phi_2 = \frac{\bar{\sigma}_m}{K_2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = 17,08 / (1,05 * 250,9 * 0,9) = 0,07205$$

$$\Phi_1 = 0,4$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011	

$$K_1 = \frac{1 - \varphi_2^2}{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2\right)^2 + (1 - \varphi_2^2) \cdot \varphi_1}} = 1,104$$

Примечание: при $\varphi_2 < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные
 Предельное напряжение изгиба :

$$[\sigma_1] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\sigma] = 1,104 \cdot 1,05 \cdot 250,9 = 290,9 \text{ МПа}$$

$$x = \ln\left(\frac{D_R}{2 \cdot (s - c)}\right) = \ln(700 / (2 \cdot 4 - 1)) = 4,759$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln(180 / 700) = (-1,358)$$

$$y_1 = \ln \frac{b_3}{D_R} = \ln(260 / 700) = (-0,9904)$$

Коэффициент K_8 (определяется в зависимости от конструкции опорной лапы):

$$K_8 = \min \left\{ \begin{aligned} & \left(\begin{aligned} & -49,919 - 39,119x - 107,01y_1 - 1,693x^2 - 11,920xy_1 - 39,276y_1^2 + \\ & + 0,237x^3 + 1,608x^2 \cdot y_1 + 2,761xy_1^2 - 3,854y_1^3 \end{aligned} \right) \cdot 10^{-2} \\ & \left(\begin{aligned} & -5,964 - 11,395x - 18,984y - 2,413x^2 - 7,286xy - 2,042y^2 + \\ & + 0,1322x^3 + 0,4833x^2 \cdot y + 0,8469xy^2 + 1,428y^3 \end{aligned} \right) \cdot 10^{-2} \end{aligned} \right.$$

$$= \min \left\{ \begin{aligned} & \exp[(-49,919 - 39,119 \cdot 4,759 - 107,01 \cdot (-0,9904) - 1,693 \cdot 4,759^2 - \\ & 11,920 \cdot 4,759 \cdot (-0,9904) - 39,276 \cdot (-0,9904)^2 + 0,237 \cdot 4,759^3 + \\ & 1,608 \cdot 4,759^2 \cdot (-0,9904) + 2,761 \cdot 4,759 \cdot (-0,9904)^2 - 3,854 \cdot (- \\ & 0,9904)^3) \cdot 10^{-2}] \\ & \exp[(-5,964 - 11,395 \cdot 4,759 - 18,984 \cdot (-1,358) - 2,413 \cdot 4,759^2 - \\ & 7,286 \cdot 4,759 \cdot (-1,358) - 2,042 \cdot (-1,358)^2 + 0,1322 \cdot 4,759^3 + 0,4833 \\ & \cdot 4,759^2 \cdot (-1,358) + 0,8469 \cdot 4,759 \cdot (-1,358)^2 + 1,428 \cdot (-1,358)^3) \cdot \\ & 10^{-2}] \end{aligned} \right. = 0,2353$$

Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при $b_2 / b_3 = 0,7692$):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_1] \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)} = 290,9 \cdot 260 \cdot (4 - 1)^2 / (0,2353 \cdot (90 + 6)) = 3,014 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F_1]$$

$$F_1 = 2066 \text{ Н} \leq [F_1] = 3,014 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011	

Приложение Б

					ПГВ РКР 15 03 01 14М011	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

УТВЕРЖДАЮ:

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
СВАРНЫХ ШВОВ С21 ВЕРТИКАЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО АППАРАТА
ВЕА-1-0,25-0,6

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9(М11)
5	Сварочные материалы	OK Tubrod 14. 20.
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	350,0 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С21 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15 град.
12	Положение при сварке	Н1, Г, В1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

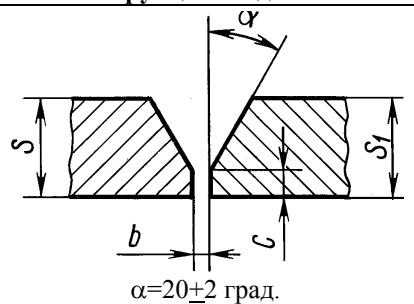
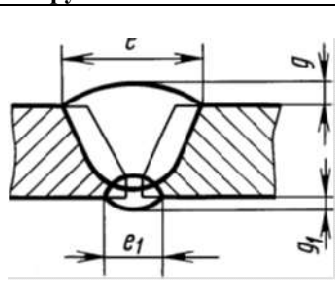
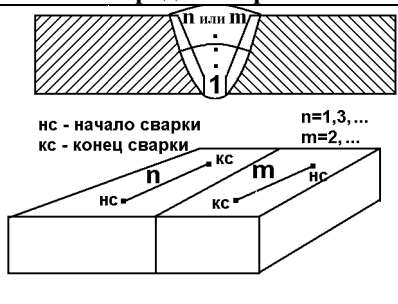
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
 <p>$\alpha = 20 \pm 2$ град.</p>		 <p>нс - начало сварки кн - конец сварки п=1,3,... т=2,...</p>

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

S=S1	N	b		c		e=e1		g=g1	
		Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.
6	2	2	+1,0 -2,0	2,0	+1,0 -2,0	8	$\pm 2,0$	1,0	$\pm 1,0$

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А5.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-	ПГВ РКД 15 02 01 11М0112			
Разраб.	Иванова				Разработка техноло- гии сборки и сварки емкостного аппарата	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Семинкин							
Н. контр.	Хорин А.В.					Каф. СЛПим		
Утв.	Логин							

Требования к прихватке: прихватки выполняются через каждые 300-400 мм. Длина каждой прихватки – 40–60 мм; высота – $(0,6-0,7) \times S$, но не менее 3,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: газовая защита.

Газ/флюс: Углекислый газ 1-го сорта ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: нет.

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Корневой	1,2	по	100-160	18-22	9-10	25-40	12-15
Заполняющие	1,2	по	120-190	20-24	9-10	25-40	12-15

Примечание: в таблице приведены параметры режима сварки в положении Н1.

Технологические требования к сварке:

1. Перед возбуждением сварочной дуги необходимо обдуть зону сварки защитным газом.
2. Расход защитного газа при сварке на сквозняке должен быть увеличен, но не более чем в 1,5 раза по сравнению с табличными значениями.
3. Во избежание перегрева сварного соединения сварку необходимо вести на умеренных режимах.
4. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой.
5. В процессе сварки не обрывать дугу. В случае обрыва дуги кратер шва и прилегающий к нему участок шва на расстоянии не менее 15 мм должны быть зачищены от шлака. Возбуждение дуги после перерыва следует производить на ранее заваренном участке шва на расстоянии 10-15 мм от кратера.
6. По окончании сварки обрывать дугу после заплавления кратера. Сварочную ванну необходимо обдуть защитным газом до потемнения металла.
7. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
8. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 12-18 мм.
9. При многослойной сварке каждый проход выполнять после охлаждения предыдущего до температуры ниже 100 °С и тщательной его зачистки.
10. Швы, обращенные к агрессивной среде выполнять в последнюю очередь или за один проход.
11. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля (% , кол-во образцов)
Визуальный	РД 03-606-03	ГОСТ Р 52630-2012; ПБ 03-584-03	В соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ и требованиями нормативной документации
Измерительный	РД 03-606-03		
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724-2013 СТО 00220256-014-2008		
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		
На статическое растяжение	ГОСТ 6996-66		
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66		
МКК	ГОСТ 6032-2003		

Карта разработана:

/

/ Четвериков Д.А.

"20"мая 2018 г

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ ВКР 15 03 01 14М011	

УТВЕРЖДАЮ:

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) СВАРНЫХ ШВОВ С17 ВЕРТИКАЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО АППАРАТА ВЕА-1-0,25-0,6

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	OK Tubrod 14. 20
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 - 8,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	700,0 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С17 ГОСТ 16037-80
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15 град.
12	Положение при сварке	Н1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

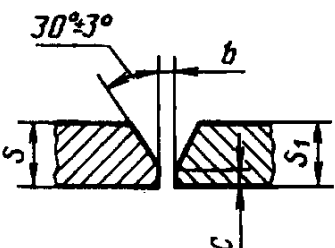
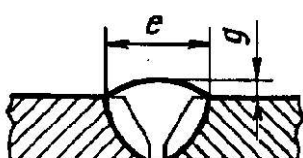
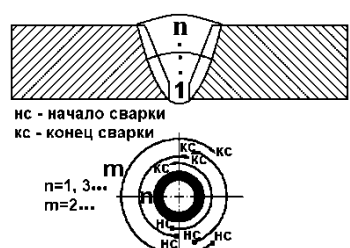
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		 <p>нс - начало сварки кс - конец сварки</p> <p>n=1, 3... m=2...</p>

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

S-S1	N	b		c		e		g	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
6,0-8,0	2	2	+1,0 -2,0	2,0	+1,0 -2,0	8	±2,0	1,0	±1,0

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А5.

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки деталей на ширину не менее 20 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: прихватки равномерно по периметру через 150-250 мм. Длина каждой прихватки – 50–80 мм; высота – (0,6-0,7)хS, но не менее 3,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: газовая защита.

Газ/флюс: Углекислый газ 1-го сорта ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011				

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряже-ние дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость свар-ки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Корневой	1,2	по	160-170	26-28	10-12	27-28	12-15
Заполня-ющие	1,2	по	180-190	28-29	10-12	25-26	14-18

Примечание: в таблице приведены параметры режима сварки в положении Н1.

Технологические требования к сварке:

1. Перед возбуждением сварочной дуги необходимо обдуть зону сварки защитным газом.
2. Расход защитного газа при сварке на сквозняке должен быть увеличен, но не более чем в 1,5 раза по сравнению с табличными значениями.
3. Во избежание перегрева сварного соединения сварку необходимо вести на умеренных режимах.
4. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой.
5. В процессе сварки не обрывать дугу. В случае обрыва дуги кратер шва и прилегающий к нему участок шва на расстоянии не менее 15 мм должны быть зачищены от шлака. Возбуждение дуги после перерыва следует производить на ранее заваренном участке шва на расстоянии 10-15 мм от кратера.
6. По окончании сварки обрывать дугу после заплавления кратера. Сварочную ванну необходимо обдувать защитным газом до потемнения металла.
7. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
8. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 12-18 мм.
9. При многослойной сварке каждый проход выполнять после охлаждения предыдущего до температуры ниже 100 °С и тщательной его зачистки.
10. Швы, обращенные к агрессивной среде выполнять в последнюю очередь или за один проход.
11. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовле-творять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испы-таний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля (% , кол-во образцов)
Визуальный	РД 03-606-03	ГОСТ Р 52630-2012; ПБ 03-584-03	В соответствии с технологической ин-струкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ и требованиями норма-тивной документации
Измерительный	РД 03-606-03		
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724-2013 СТО 00220256-014-2008		
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		
На статическое растяжение	ГОСТ 6996-66		
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66		
МКК	ГОСТ 6032-2003		

Не оговоренные в данной типовой операционной технологической карте сварки операции должны выполняться в соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ, а также ГОСТ Р 52630-2012; ОСТ 26-291-94; ОСТ 26.260.3-2001; ПБ 03-576-03; ПБ 03-584-03; ПБ 03-585-03; СНиП 3.05.05-84.

Карта разработана:

/

/ Четвериков Д.А.

"20"мая 2018 г.

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011			

УТВЕРЖДАЮ:

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) СВАРНЫХ ШВОВ ТЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО АППАРАТА ВЕА-1-0,25-0,6

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	OK Tubrod 14. 20
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 - 8,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	300,0 мм
8	Тип шва	ТШ
9	Тип соединения	Тавровое, ТЗ
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 35 град.
12	Положение при сварке	В1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

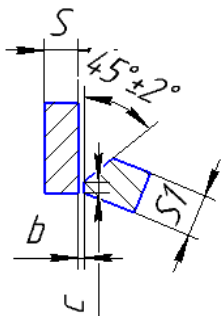
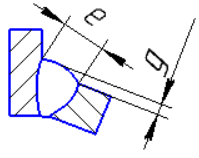
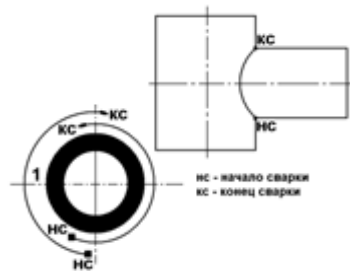
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

S-S1	N	b		c		e		g	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
6,0-8,0	2	2	+1,0 -2,0	2,0	+1,0 -2,0	8	+2,0	2,0	+2,0

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А5.

Метод подготовки и очистки: Защитка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки деталей на ширину не менее 20 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: прихватки равномерно по периметру через 150-250 мм. Длина каждой прихватки – 50–80 мм; высота – (0,6-0,7)хS, но не менее 3,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: газовая защита.

Газ/флюс: Углекислый газ 1-го сорта ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011				

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Корневой	1,2	по	130-140	26-28	10-12	29-30	12-15
Заполняющие	1,2	по	150-160	25-26	10-12	25-26	12-15

Примечание: в таблице приведены параметры режима сварки в положении Н1.

Технологические требования к сварке:

1. Перед возбуждением сварочной дуги необходимо обдуть зону сварки защитным газом.
2. Расход защитного газа при сварке на сквозняке должен быть увеличен, но не более чем в 1,5 раза по сравнению с табличными значениями.
3. Во избежание перегрева сварного соединения сварку необходимо вести на умеренных режимах.
4. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой.
5. В процессе сварки не обрывать дугу. В случае обрыва дуги кратер шва и прилегающий к нему участок шва на расстоянии не менее 15 мм должны быть защищены от шлака. Возбуждение дуги после перерыва следует производить на ранее заваренном участке шва на расстоянии 10-15 мм от кратера.
6. По окончании сварки обрывать дугу после заплавления кратера. Сварочную ванну необходимо обдуть защитным газом до потемнения металла.
7. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
8. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 12-18 мм.
9. При многослойной сварке каждый проход выполнять после охлаждения предыдущего до температуры ниже 100 °С и тщательной его зачистки.
10. Швы, обращенные к агрессивной среде выполнять в последнюю очередь или за один проход.
11. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля (% , кол-во образцов)
Визуальный	РД 03-606-03	ГОСТ Р 52630-2012; ПБ 03-584-03	В соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ и требованиями нормативной документации
Измерительный	РД 03-606-03		
Радиографический	ГОСТ 7512-82		
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		
МКК	ГОСТ 6032-2003		

Не оговоренные в данной типовой операционной технологической карте сварки операции должны выполняться в соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ, а также ГОСТ Р 52630-2012; ОСТ 26-291-94; ОСТ 26.260.3-2001; ПБ 03-576-03; ПБ 03-584-03; ПБ 03-585-03; СНиП 3.05.05-84.

Карта разработана: / Четвериков Д.А.

"20"мая 2018 г.

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011		

УТВЕРЖДАЮ:

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) СВАРНЫХ ШВОВ ТЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО АППАРАТА ВЕА-1-0,25-0,6

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 5264-80
2	Способ сварки	РД
3	Основной материал (марки)	Ст 3сп - 12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	1(М01)-9 (М11)
5	Сварочные материалы	ОЗЛ-6С
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 - 6,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	
8	Тип шва	НШ
9	Тип соединения	Нахлесточное, Н1
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	Отсутствуют
12	Положение при сварке	Н1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Оновное
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

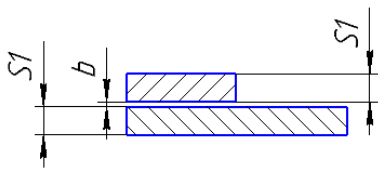
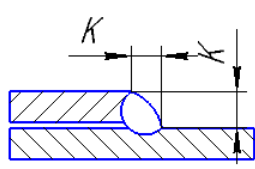
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

S=S1	N	K		K		b	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
6	1	6,0	+1,0	6,0	+1,0	0	+1,5

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А5.

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки деталей на ширину не менее 20 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: прихватки равномерно по периметру через 150-250 мм. Длина каждой прихватки – 50–80 мм; высота – (0,6-0,7)хS, но не менее 3,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: шлаковая

Газ/флюс: нет

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет

-

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011			

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Заполняющие	3,0	по	100-120	24-25	-	5,8-6,4	-

Примечание: в таблице приведены параметры режима сварки в положении Н1.

Технологические требования к сварке:

1. Во избежание перегрева сварного соединения сварку необходимо вести на умеренных режимах.
2. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой.
3. В процессе сварки не обрывать дугу. В случае обрыва дуги кратер шва и прилегающий к нему участок шва на расстоянии не менее 15 мм должны быть защищены от шлака. Возбуждение дуги после перерыва следует производить на ранее заваренном участке шва на расстоянии 10-15 мм от кратера.
4. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля (% , кол-во образцов)
Визуальный	РД 03-606-03	ГОСТ Р 52630-2012; ПБ 03-584-03	В соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ и требованиями нормативной документации
Измерительный	РД 03-606-03		
Радиографический	ГОСТ 7512-82		
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		

Не оговоренные в данной типовой операционной технологической карте сварки операции должны выполняться в соответствии с технологической инструкцией № ТПС-СТМ-СВ/ОХНВП-ТИ, а также ГОСТ Р 52630-2012; ОСТ 26-291-94; ОСТ 26.260.3-2001; ПБ 03-576-03; ПБ 03-584-03; ПБ 03-585-03; СНИП 3.05.05-84.

Карта разработана: / / Четвериков Д.А.

"20"мая 2018 г.

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГВ РКР 15 03 01 14М011		

Приложение В

					ПГВ РКР 15 03 01 14М011	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		