

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

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)

Профиль

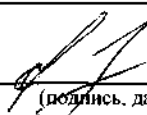
«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

«Разработка технологии сборки и сварки корпуса одоранта из
стали 09Г2С»

Студент


(подпись, дата)

Альдикаев Ирфан Ряшидович
(ф.и.о. полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент


(подпись, дата)

15.06.18 Казанцев С.Н.
(фамилия, инициалы)

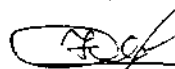
Нормоконтролёр
к.т.н., доцент


(подпись, дата)

17.06.18 Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

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

Заведующий кафедрой


(подпись, дата)

Логинов О.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой удовлетворено (протокол заседания ГЭК от 13.06.2018 № 4)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

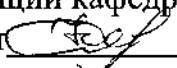

(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2018

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

Альдикаев Ирфан Ряшидович.

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент Казанцев С.Н.

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 корпуса одоранта из стали 09Г2С.

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 корпуса одоранта с учетом мелкосерийного производства.

- производство: мелкосерийное;
- Корпус одоранта предназначен для хранения и расхода природных меркаптанов.

Объём 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;
- конструкторско-технологическая характеристика и служебное назначение корпуса одоранта из стали 09Г2С;
- проектирование технологического процесса сборки и сварки корпуса одоранта из стали 09Г2С;
- расчеты и назначение режимов сварки;
- разработка технологической оснастки, выбор оборудования;

- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов)

- | | |
|--|--------|
| - общий вид корпуса одоранта | 1л А1; |
| - схема сборки и сварки корпуса одоранта | 1л А1; |
| - технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - средства технологического оснащения | 1л А1; |
| - детализовка | 1л А1; |
| - методы контроля сварных швов и КСС | 1л А1; |

Рекомендуемая литература:

1. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. Технологические требования. [Текст] ГОСТ 14.205-83 – Введ. 1983-07-01 – М.: Изд-во стандартов, 1988.-I,4 с.: ил.

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

3 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. [текст] ГОСТ 14.201.- 83 – Введ. 1984-01-01 – М.: Изд-во стандартов, 1989-01-01.-I,с 9.:ил.

Дата выдачи задания: 08.12.2017 г.

Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент

 С.Н. Казанцев

Задание к исполнению принял студент

гр. 14МО1

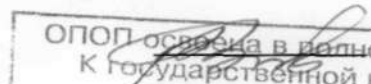
 И.Р. Альдикаев

08 декабря 2017 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ

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

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 108 с, 26 таб., 19 рис., 41 использованных источников, 1 приложение. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

КОРПУС ОДОРАНТА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ, РЕЖИМЫ СВАРКИ

Объектом исследования является сварная конструкция корпуса одоранта из стали 09Г2С.

Предметом исследования является процесс сборки и сварки корпуса одоранта из стали 09Г2С.

Целью выпускной квалификационной работы является:

Разработка усовершенствованной технологии сборки и сварки корпуса одоранта из стали 09Г2С.

Методы исследования – анализ и выбор необходимой информации из нормативных документов.

Задачи выпускной квалификационной работы:

Проанализировать базовый вариант и разработать усовершенствованную технологию сборки и сварки корпуса одоранта путем замены: газопламенной резки на плазменную резку что значительно повышает производительность, ручной дуговой сварки на более производительный – механизированную сварку в среде CO_2 , так же заменена установка люка с помощью кран-балки.

Эффективность сварной конструкции и разработанной технологии определяется высокой производительностью на основе механизации сборки и сварки корпуса одоранта.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М01101.ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Альдикаев И.Р.			Разработка технологии сборки и сварки корпуса одоранта из стали 09Г2С	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Казанцев С.Н.					2	104
Н. Контр.		Харин А.В.			Каф. СЛПМ, гр.14М01			
Утв.		Логинов О.Н.						

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ объекта производства.....	6
1.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия	6
1.2 Технические требования	8
1.3 Анализ технологичности конструкции.....	10
2 Проектирование и расчет элементов конструкции изделия	12
2.1 Выбор материала изделия	11
2.2 Оценка свариваемости.....	15
2.3 Коэффициенты прочности сварных швов	16
2.4 Расчет толщины стенки корпуса	17
2.5 Расчет сварных соединений на прочность	21
3 Разработка технологии сборки и сварки изделия	28
3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления.....	28
3.2 Выбор способа получения заготовок	30
3.3 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия	38
3.4 Выбор сварочных материалов	43
3.5 Расчет параметров режимов сварки	46
3.6 Выбор сварочного оборудования	61
3.7 Техника и технология сборки и сварки изделия.....	68
4 Контроль качества сварных соединений	79
4.1 Дефекты сварных соединений	79
4.2 Выбор методов контроля качества.....	80
4.3 Литературно – патентный обзор.....	87
5 Проектирование средств технологического оснащения	99
Заключение	104
Список использованных источников	105
Приложение	109

Введение

Сварка – это технологический процесс получения неразъёмного соединения материалов за счёт образования атомной связи. Процесс создания сварного соединения протекает в две стадии.

Широкое распространение сварных металлических конструкций обусловлено их важными преимуществами по сравнению с конструкциями других видов: высокой надежностью, лёгкостью, непроницаемостью, простотой технического перевооружения, ремонта и реконструкции, уменьшением расходов на технологическое оборудование, улучшением условий труда.

Указанные преимущества сварных конструкций не зависят только лишь от факта использования для соединения элементов конструкций и деталей технологических процессов сварки. Они являются результатом комплексного решения ряда важных инженерных и технологических задач, включая расчёт и проектирование сварных конструкций.

Основной задачей расчета и проектирования сварных конструкций, осуществляемого с позиций механики и сопротивления материалов, является обеспечение требуемой прочности, жесткости, выносливости и устойчивости элементов конструкции при одновременном удовлетворении требований долговечности и экономичности.

Виды сварных конструкций по методу получения заготовок:

литые-сварные, кованные-сварные, штампованные конструкции, листовые.

Виды сварных конструкций по целевому назначению: судовые, вагонные, авиационные и др.

При рассмотрении вопросов анализа и изготовления сварные конструкции целесообразно классифицировать в зависимости от характерных особенностей их работы. В этом случае можно выделить нижеследующие типы сварных конструкций:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

– балки – это конструктивные элементы, работающие в основном на поперечный изгиб; жестко соединенные между собой балки образуют рамные конструкции;

– колонны – элементы, работающие преимущественно на сжатие или сжатие с продольным изгибом;

– оболочковые конструкции, которые, испытывают избыточное давление; к оболочковым конструкциям предъявляют требование герметичности соединений; относят к этому типу разного рода сосуды, емкости, трубопроводы;

– корпусные транспортные конструкции, подвергаемые динамическим нагрузкам; к ним предъявляются требования высокой жесткости при минимальной массе. Основные конструкции этого типа - корпуса вагонов, судов, автомобильные кузова;

Резервуары, их узлы и детали должны изготавливаться на предприятиях, располагающих техническими средствами, обеспечивающими качественное их изготовление в соответствии с требованиями проекта, нормативными документами и другой технической документацией.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Анализ объекта производства

1.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия

Объектом проектирования выпускной квалификационной работы, является резервуар. Изделие конструктивно представляет собой горизонтальный резервуар объёмом 3,0 м³.

Сосуд предназначен для хранения меркаптанов, под рабочим давлением 1,6 МПа. По степени воздействия на организм человека относится к 2-му классу опасности и при высоких концентрациях пары действуют наркотически. Меркаптан относится к легковоспламеняющимся жидкостям. Меркаптан выделяет легковоспламеняющиеся пары, которые образуют с воздухом взрывоопасную смесь.

По ГОСТ 12.1.011-78[1], категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей одоранта II А-ТЗ.

Проектируемый горизонтальный резервуар состоит из следующих основных частей:

- сварной обечайки, изготавливаемой из проката сортового горячекатаного из стали 09Г2С по ГОСТ 19281-20014[2];
- двух эллиптических днищ, изготавливаемых из той же стали по ГОСТ 6533-78 [3];
- четырёх штуцеров различного технологического назначения;
- одного люка-лаза;
- двух опор для установки резервуара по месту назначения, по ГОСТ 26296-84 [4], из стали СтЗсп5.

Основные размеры для данной ёмкости, номинальный объём которой составляет 3,0 м³ (3000 л), выбираются в соответствии с ГОСТ 9931-85 [5] и приведены на рисунке 1.1.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Таблица 1.2 – Технические характеристики

Наименование		Значение
Код продукции		36
Наименование рабочего пространства		Корпус
Давление	1,6	
	2,4	
Назначение сосуда		Для хранения и расхода
Группа рабочей среды		1
Расчетная температура стенки С		плюс 40
Минимальная допустимая температура стенки сосуда,находящегося под давлением, С		минус 47
Класс опасности по ГОСТ 12.1007-76		2
Температура	максимальная, С	плюс 80
	минимальная, С	минус 40
Число циклов нагружения сосуда за назначен- ный срок службы		Не более 1000

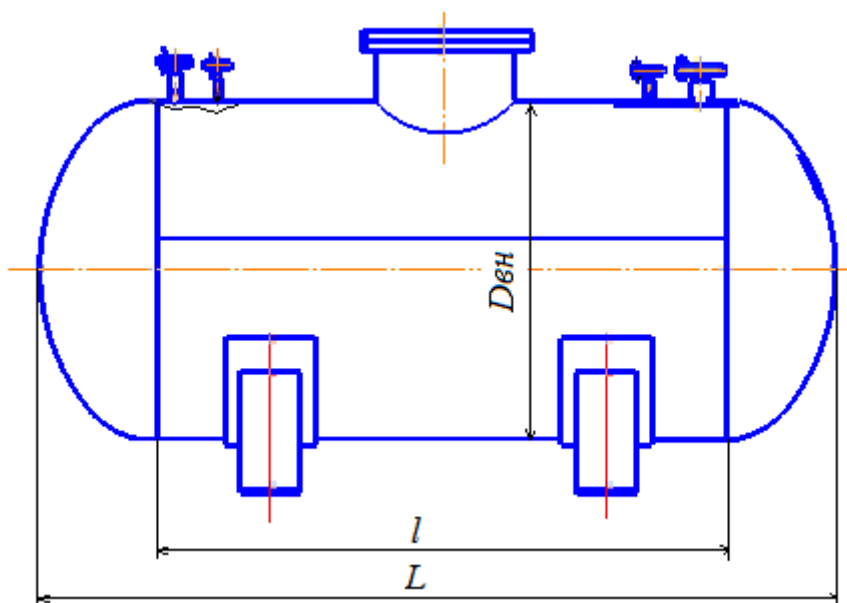


Рисунок 1.1 – Основные параметры и размеры корпуса горизонтального резервуара: $D_{вн}$ – внутренний диаметр резервуара; L – наружная длина резервуара; l – длина обечайки

Основные размеры резервуара приведены в таблице 1.1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ

Лист

8

Таблица 1.1– Основные размеры резервуара

Параметры	$V, \text{м}^3$	$D_{вн}, \text{мм}$	$L, \text{мм}$	$l, \text{мм}$
Значения	3,0	1200,0	2800,0	2100,0

Днища проектируемой ёмкости имеют эллиптическую форму. Основные геометрические размеры необходимо выбрать по [3]. Схема днища с её основными геометрическими параметрами представлена на рисунке 1.2 и в таблице 1.2.

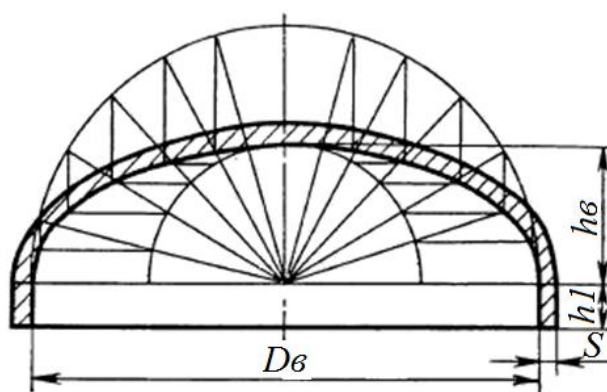


Рисунок 1.2 – Расчётная схема эллиптических днищ: $D_{в}$ – внутренний диаметр днища, мм; S – толщина стенки днища, мм; h_1 – высота отбортовки, мм; $h_{в}$ – высота эллиптической части днища, мм

Таблица 1.2 – Габаритные размеры днища

Параметры	$D_{в}, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_{в}, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$V, \text{дм}^3$	$F, \text{м}^2$
Значения	1200,0	40,0	275,0	10,0	211,4	1,415

1.2 Технические требования

Резервуар должен изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52630-2012 [5], по нормам указанного стандарта ПБ 03-584-03 [6], по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Проектируемый резервуар в соответствии с [5], можно отнести к группе – 1.

Расчётный (назначенный) срок службы конструкции не менее 30 лет. Число циклов нагружения за весь срок службы не должен превышать 1000 раз, при этом необходимо соблюдать требования ПБ 03-540-03 [7].

Согласно [6], данный резервуар должен проходить гидравлические испытания.

Внутренняя поверхность резервуара должна быть гладкой, без следов окалины, нагара, шлака.

Маркировку резервуаров осуществляют в соответствии с требованиями [7].

На корпус резервуара наносится:

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

Резервуары должны иметь приспособления, предотвращающие самопрокидывание.

Для защиты от коррозии на время транспортирования и хранения наружную поверхность резервуара (кроме крепежных изделий, резьб, опорных поверхностей) покрыть грунтовкой ГОСТ 9109-81 [8].

На внутреннюю поверхность резервуара нанести антикоррозионное покрытие.

Гарантийный срок эксплуатации резервуара не менее 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию но не более 24 месяцев после отгрузки с предприятия.

Схема размещения и крепления резервуара на транспортных средствах должна соответствовать требованиям «Технических условий погрузки и крепления грузов», утвержденных Министерством транспорта Российской Федерации по ГОСТ 14192-77 [9]. Резервуары транспортируют транспортом всех видов в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на каждом виде транспорта.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.3 Анализ технологичности конструкции

Технологичность конструкции – одна из важнейших характеристик изделия. Она определяет собой такие качества конструкций, которые обеспечивают возможность изготовления объекта в данных конкретных условиях с наименьшими затратами времени, труда и материалов при использовании наиболее прогрессивных, экономически оправданных методов обработки и сборки.

Отработка конструкции на технологичность – комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции изделия по установленным показателям. Она направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на изготовление изделия при обеспечении необходимого его качества.

Виды и показатели технологичности конструкции приведены в ГОСТ 14.205-83 [10], а правила обработки конструкции изделия и перечень обязательных показателей технологичности по ГОСТ 14.201.- 83 [11].

Целью анализа конструкции на технологичность является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Данная сварная конструкция технологична по нескольким признакам:

– Уменьшенная металлоёмкость при обеспечении требуемых эксплуатационных качеств и более полное использование свойств материалов. Применение низколегированной стали позволяет существенно сократить толщину стенок при необходимом условии прочности, что ведёт к снижению себестоимости изделия.

– Высокий уровень механизации и автоматизации процессов. При изготовлении резервуара автоматизация присутствует уже на стадии заготовительных операций: например, раскрой листов производится на машине

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

термической резки с ЧПУ по составленной программе. Большинство сварных соединений выполняется механизированной и автоматической видами сварки.

– Трудоёмкость изготовления конструкции снижается при использовании механизированной сварки вместо ручной дуговой сварки.

– Все детали конструкции, кроме днищ, имеют простую геометрическую форму.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Проектирование и расчет элементов конструкции изделия

2.1 Выбор материала изделия

Материалы, применяемые для изготовления резервуаров, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчётного срока службы с учётом заданных условий эксплуатации (расчётное давление, минимальная отрицательная и максимальная расчетная температуры), состава и характер среды (коррозионная активность, взрывоопасность, токсичность и др.) и влияние температуры окружающего воздуха.

Для изготовления резервуаров и их элементов должны применяться основные материалы, отвечающие требованиям, приведённым в ГОСТ 17032-2010 [12].

Из его рекомендаций следует, что по рабочим условиям для изготовления резервуара с рабочим давлением 1,6 МПа соответствуют трубы из стали 09Г2С ГОСТ 5520-79 [13].

Исходя из обеспечения требований к прочности проектируемой конструкции корпуса одоранта и экономических соображений, принимаем в качестве основного материала для его изготовления сталь 09Г2С по [13].

Чаще всего прокат из данной марки стали используется для разнообразных строительных конструкций благодаря высокой механической прочности, что позволяет использовать более тонкие элементы, чем при использовании других сталей.

Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до +450 °С.

Также лёгкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Высокая механическая устойчивость к низким температурам также позволяет с успехом применять изделия из 09Г2С на севере страны.

Химический состав стали 09Г2С и механические свойства листов из этой стали приведены в таблицах 2.1 и 2.2 соответственно по ГОСТ 19281-2014 [14].

Таблица 2.1 – Химический состав стали 09Г2С

Элемент	Углерод C	Кремний Si	Марганец Mn	Никель Ni	Сера S	Фосфор P	Хром Cr	Медь Cu	Ванадий V
Содержание, %	до 0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,035	до 0,03	до 0,3	до 0,3	до 0,08

Таблица 2.2 – Механические свойства листов из стали 09Г2С

Параметр	Предел текучести σ_{T} , МПа	Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$, МПа	Относительно еудлинение, δ_5 , %	Ударная вязкость KCU , Дж/см ² при температуре $^{\circ}\text{C}$		
				20,0	-40,0	-70,0
				Не менее		
Значение	265,0...325,0	450,0	21,0	59,0	34,0	29,0

Согласно [14], на поверхности листов не должно быть трещин, плёнок, раскатанных пузырей и загрязнений, пузырей-вздутий, раковин, вкатанной окалины.

Поверхностные дефекты должны быть удалены пологой вырубкой или зачисткой абразивным инструментом на глубину, не выходящую за пределы листов за предельные отклонения по толщине.

На листах толщиной 10 мм и более допускается удаление поверхностных дефектов и последующая заварка этих участков. Допустимая глубина завариваемых дефектных участков для листов толщиной от 10 до 120 мм должна быть не более 25 % номинальной толщины листа, для листов толщиной свыше 120 мм - не более 30 мм. Суммарная площадь завариваемых участков не должна превышать 1 % площади листа, а площадь отдельного дефектного

участка должна быть не более 25 см² без учёта развала после удаления дефекта. Качество исправленных участков должно быть не ниже качества основного металла.

Эллиптические днища изготавливаются также из листового проката того же материала.

Для обеспечения равномерной конструктивной прочности сосуда и из экономических соображений для изготовления его опор принимаем сталь Ст3сп5 по ГОСТ 380 - 2005 [15]. Химический состав стали Ст3сп5 приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3– Химический состав стали Ст3(С235) по ГОСТ 380 - 2005

элементы	Углерод (C)	Кремний (Si)	Марганец (Mn)	Никель (Ni)	Сера (S)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	Азот (N)	Медь (Cu)
Содержание, %	0,14... 0,22	0,5... 0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3

Углеродистые стали, применяемые в сварных конструкциях, относятся к группе основных материалов 1 (М01). Сталь Ст3сп5 применяется для изготовления несущих элементов сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах по [15].

Механические свойства приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4– Механические свойства стали Ст3сп5 по [15]

Параметр	Толщина ли- ста,мм	Предел текучести σ_T ,МПа	Предел прочно- сти σ_B ,МПа	Относительное удлинение, δ_5 , %
		Не менее		
Значение	5,0...20,0	235,0	370,0...480,0	25,0

2.2 Оценка свариваемости

Одним из ключевых параметров в производстве сварных конструкций является свариваемость сталей, которая во многом определяет выбор способов сварки и виде технологических процессов. Простейшая оценка свариваемости стали проводится по углеродному эквиваленту (риск развития холодных трещин) по ГОСТ 17032-2010 [16]:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2}, \% \quad (2.1)$$

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

C – углерод, %;

Mn – марганец, %;

Si – кремний, %;

Cr – хром, %;

Mo – молибден, %;

Ni – никель, %;

Cu – медь, %;

V – ванадий, %;

P – фосфор, %.

Углеродный эквивалент стали основных конструкций не должен превышать 0,43 [19].

Рассчитаем углеродный эквивалент стали 09Г2С.

Химический состав стали смотри в таблице 2.1.

$$C_{\text{экв}} = 0,12 + \frac{0,5}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,08}{14} + \frac{0,03}{2} = 0,32 \, \%$$

Рассчитаем углеродный эквивалент для стали Ст3сп5 по формуле 2.1.

Химический состав стали смотри в таблице 2.3.

$$C_{\text{экв}} = 0,14 + \frac{0,5}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,34 \, \%.$$

Расчет углеродного эквивалента удовлетворяет требованиям по [16].

2.3 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 по [5] и по [6]. 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.

Опираясь на исходные данные, а именно принятую ранее группу сосуда, определяем коэффициент прочности сварных соединений проектируемого аппарата по ГОСТ 14249-89 [17].

Для определения прочности сварных швов, необходима длина контролируемого участка сварных соединений. По [17], для данной конструкции следует контролировать участки швов не менее 100 процентов.

Согласно[18], принимаем коэффициент прочности сварных швов. Для всех соединений, значение коэффициента прочности свариваемых швов при длине контролируемых швов от общей длины $\varphi_p = 0,9 \%$.

2.4 Расчет толщины стенки корпуса

Расчетная толщина стенки обечайки определяется по [18]:

$$S_p = \frac{P \cdot D_{об}}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P}, \quad (2.2)$$

P – избыточное давление;

σ – допускаемое напряжение при растяжении;

D – внутренний диаметр оболочки,

φ – коэффициент прочности сварных швов.

При расчете сосудов и аппаратов необходимо учитывать прибавку C к расчетным толщинам элементов сосудов и аппаратов.

Исполнительную толщину стенки обечайки определяется по формуле [18].

$$S \geq S_p + C, \quad (2.3)$$

где C – прибавка к расчетным толщинам, и определяется по формуле [18]:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (2.4)$$

где C_1 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

C_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;.

C_3 – прибавка технологическая, мм.

Прибавка для компенсации коррозии C_1 определяется по формуле [18]:

$$C_1 = P \cdot \tau, \quad (2.5)$$

где P – скорость проникновения коррозии, мм/год; τ – срок службы аппарата, лет.

Вычисляем прибавку для компенсации коррозии по формуле [18]:

$$C_1 = 0,1 \cdot 30 = 3,0 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

Вычисляем исполнительную толщину без прибавки для компенсации минусового допуска по неравенству по [18] :

$$S \geq S_p + C_1. \quad (2.7)$$

Тогда,

$$S \geq 0,15 + 3,0 = 3,15 \text{ мм.}$$

Прибавка для компенсации минусового допуска C_2 учитывается в том случае, когда её значение превышает 5 % от номинальной толщины листа согласно [14].

Прибавку C_2 принимают по ГОСТ 19903–74 [19] в зависимости от толщины листа.

Исходя из имеющегося сортамента сортового или фасонного проката, а также для удобства калибровки и сборки конструкции принимаем толщину стенки обечайки 10 мм.

Определяем исполнительную толщину стенки с учётом прибавки на минусовой допуск по формуле [19]:

$$S \geq S_p + C_1 + C_2, \quad (2.8)$$

Тогда,

$$S \geq 0,5 + 3,0 + 0,5 = 4,0 \text{ мм.}$$

Проверяем необходимость учёта прибавки для компенсации минусового допуска стального листа по [19] :

$$C_2 = 0,5 > 0,05 \cdot S = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}$$

Прибавка учитывается, так как составляет более 5% от толщины листа.

Общая сумма прибавок равна по [19]:

$$C = C_1 + C_2 = 3,0 + 0,5 = 3,5 \text{ мм}$$

$$\text{Тогда,} \quad \frac{s - c}{D} \leq 0,1, \quad (2.9)$$

где s – расчетная толщина стенки днищ, D – внутренний диаметр.

$$\frac{10 - 3,5}{1200} \leq 0,1 = 0,005 \leq 0,1$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Условие выполняется, формулы расчета применимы.

При определении допускаемого напряжения важно заметить, что расчет на прочность при статических нагрузках деталей из хрупких материалов, разрушающихся хрупко, производится по пределам прочности. В тоже время, для пластичных материалов с вязким механизмом разрушения, к которым относится большинство конструкционных сталей, расчет допускаемого напряжения проводится по формуле[19]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_r}{n} \quad (2.10)$$

$$[\sigma] = \frac{325}{1,5} = 216,6 \text{ МПа}$$

где σ_r — физический или условный предел текучести материала.

Принимая в расчетах средние значения коэффициентов n равно 1,5 и φ_p равно 1, а также σ_r равно 325 Н/мм² для стали 09Г2С, подставляем к формуле 2.11:

$$S_p = \frac{2,3 \cdot 1200}{2 \cdot 216,6 \cdot 1 - 2,3} + 3 = 9,4 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Для принятого значения толщины стенки обечайки рассчитаем допускаемое внутреннее давление по формуле:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S_{об} - C)}{D + (S_{об} - C)}$$

Обладая всеми известными данными рассчитаем допускаемое давление для стенки обечайки по формуле

$$[P] = \frac{2 \cdot 216,6 \cdot 1 \cdot (10 - 3,5)}{1200 + (10 - 3,5)} = 5,33 \text{ МПа}$$

Таким образом условие прочности $P = 2,3 < [P]_{об} = 5,33 \text{ МПа}$, выполняется.

Условия выполняются, следовательно, оставляем заданную толщину стенки $S = 10 \text{ мм}$.

Далее произведем расчет толщины стенки днища корпуса одоранта по [22]. Размеры днища приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Размеры днища в мм

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

назва- ние	D_6	h_1	h_6	S	$F, \text{ м}^2$	$V, \text{ дм}^3$	Масса, кг
наче- ние	1200,0	40,0	275,0	10,0	1,415	211,4	116,2

Расчётная толщина стенки эллиптических днищ определяется по формуле [19]:

$$S_{1p} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P}, \quad (2.12)$$

где P – избыточное давление;

σ – допускаемое напряжение при растяжении;

D – внутренний диаметр оболочки,

φ – коэффициент прочности сварных швов.

$$S_{1p} = \frac{2,3 \cdot 1200}{2 \cdot [216,6] - 0,5 \cdot 2,3} = 9,38 \text{ мм}$$

$$9,38 \leq 10 \text{ мм}$$

Заключение: Условие работоспособности выполнено.

Исходя из условий работы аппарата, толщину стенки днищ принимаем равным 10 мм.

Согласно по [3] подбираем днище.

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot (s_1 - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D + 0,5 \cdot (s_1 - c)}, \quad (2.13)$$

где σ – допускаемое напряжение при растяжении;

φ – коэффициент прочности сварных швов,

R – внутренний диаметр оболочки равный,

s_1 – толщина стенки,

c – прибавки к расчетной толщине.

$$[p] = \frac{2 \cdot (10 - 3,5) \cdot 1 \cdot 216,6}{1200 + 0,5 \cdot (10 - 3,5)}$$

$$\frac{10 - 3,5}{1200} \leq 0,1 = 0,005 \leq 0,1$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Заключение: Условие работоспособности выполнено .

2.5 Расчет сварных соединений на прочность

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.

Исходя из конструкции одоранта представленный на рисунке 1.1, в нем можно выделить три наиболее важных сварных соединения – два стыковых шов №1 и №2 (продольный шов обечайки и кольцевое соединение обечайки с эллиптическим днищем соответственно) и одно угловое шов №3 (кольцевое соединение люка с обечайкой).

По конструктивным соображениям и последовательности выполнения технологического процесса сначала определяется сварное соединение 1.

Сварное соединение 1 следует конструктивно оформлять в соответствии с РД РТМ 26-298-78[20]. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при возможности двухсторонней сварки с учетом рекомендаций ГОСТ 8713-79 [21] принимается стыковое соединение типа С8. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.1.

После выполнения операции обечайка сваривается полностью.

Этот сварной шов выполняется автоматической сваркой под слоем флюса.

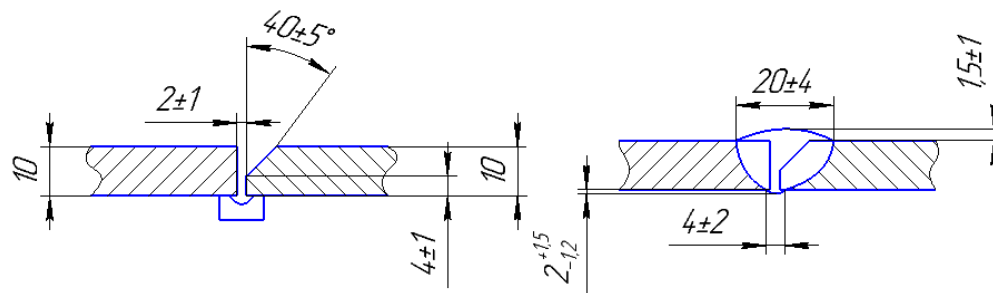


Рисунок 2.1 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 4 типа С9

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: толщины $S = S_1 = 10,0$ мм; $e = 20 \pm 4$ мм; $b = 4 \pm 1$ мм; $g = 1,5 \pm 1,0$ мм

Геометрические параметры сварного соединения 1 в этом случае будут регламентироваться [21].

Сварка выполняется в два прохода – под слоем флюса.

Тип сварного соединения 2 принимаем также С9 по [21], для которого конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва представлены на рисунке 2.4. Конструктивные параметры - те же. Назначаем также сварку в два прохода с использованием выводных планок.

Сварное соединение 3 приварки люка к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 14771-76 [22]. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при условии односторонней сварки с учетом рекомендаций принимаем угловое соединение типа У6 с односторонней разделкой одной из кромок (кромки обечайки) по [22]. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.2.

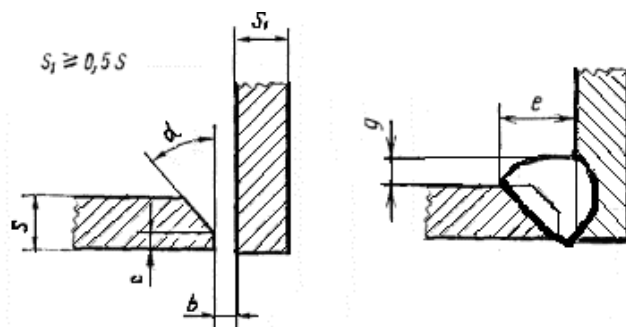


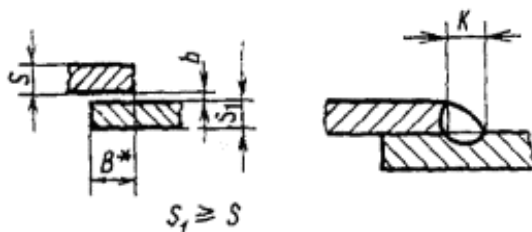
Рисунок 2.2 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 3 типа У6 [22]

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 8,0$ мм; $b = 1^{+1}_{-1}$ мм; $c = 1^{+1}_{-1}$ мм; $e = 14 \pm 2,0$ мм; $g = 1^{+1}_{-1}$ мм; $\alpha = 40^\circ \pm 2^\circ$.

Для этого соединения назначаем механизированную сварку плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Дополним проектирование сварных соединений ещё двумя соединениями: 4 – нахлесточное (соединяет укрепляющее кольцо и люк с обечайкой); 6 – тавровое (продольный шов, соединяющий опору и обечайку).

Сварное соединение 4 приварки укрепляющего кольца к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с [22]. Для обеспечения прочности соединения с учетом рекомендаций принимаем нахлесточное соединение типа Н1[22]. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.3.



* Размер для справок.

Рисунок 2.3 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 6 типа Н1 [22]

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 10$ мм; $b = 0^{+1}$ мм; $B = 8^{+32}$ мм. Принимаем катет $K = 16$ мм.

Сварное соединение 5 приварки опоры к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 23518-79 [23]. Для обеспечения прочности соединения с учетом рекомендаций принимаем тавровое соединение типа Т1. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.4.

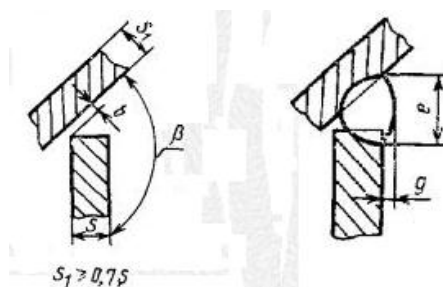


Рисунок 2.4 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 5 типа Т1 по [23]

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10$ мм; $S_1 = 10$ мм; $b = 0^{+1,5}$ мм; $e = 12^{+2,0}$ мм; $g = 2 \pm 1$ мм; $\beta = 145^\circ$.

Для этого соединения назначаем механизированную дуговую сварку плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Производим расчёт соединений 1, 2.

Проверка прочности сварных соединений 1 и 2 производится по формуле 2.14:

$$\sigma = \frac{N}{F_{ш}} \leq [\sigma], \quad (2.14)$$

где σ - напряжение в сварном соединении; N – продольная нагрузка, растягивающая шов; $F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение при растяжении.

Сначала выполним расчёт сварного соединения № 2.

К данному моменту неизвестными величинами в формуле 2.14 являются параметры N и $F_{ш}$, которые при известной геометрии конструкции изделия и сварных соединений и при заданном давлении будут рассчитываться по [17]:

$$N = P_{пр} \cdot S; \quad (2.15)$$

$$F_{ш} = \delta \cdot l_{ш}, \quad (2.16)$$

где S – расчётная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в резервуаре; $l_{ш}$ – длина рассчитываемого сварного шва.

Площадь внутренней (расчетной) поверхности рассчитываемой части обечайки, на которую действует избыточное давление, определяется по 2.16:

$$S = \pi D l, \quad (2.16)$$

где D – внутренний диаметр обечайки, l – длина данной части обечайки.

Тогда расчетная площадь поверхности S составит:

$$S = \pi \cdot 1200 \cdot 2100 = 7912800 \text{ мм}^2$$

Исходя из равномерного распределения давления по рабочей площади поверхности обечайки ёмкости, растягивающее усилие по формуле (2.15) определится:

$$N = 2,3 \cdot 7912800 = 18199440 \text{ Н} \approx 18200 \text{ кН}$$

Шов выполняется с вводными технологическими планками, следовательно, учитываем всю длину шва.

Подставляя полученные значения и значение $[\sigma]$, определенное по формуле (2.15), в выражение (2.14), получим для сварного шва № 1:

$$\sigma = \frac{18200 \cdot 1000}{10 \cdot 2100} = 86,6 \text{ МПа} < [\sigma] = 216,6 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 86,6 МПа, меньше нормативного значения 216.6 МПа, то сварное соединение работоспособно.

Затем произведём расчёт сварного соединения № 1.

Так как в конструкции ёмкости применяются эллиптические днища, площадь их внутренней (расчетной) поверхности, на которую действует

избыточное давление, определяется по правилам геометрии:

$$S = \pi ab, \quad (2.17)$$

где a - длина большой полуоси, b - длина малой полуоси.

Тогда расчетная площадь поверхности S составит:

$$S = \pi \cdot 1000 \cdot 440 = 1381600 \text{ мм}^2$$

Тогда, исходя из равномерного распределения давления по всей площади поверхности днища резервуара, растягивающее усилие определяется по формуле (3.5):

$$N = 2,3 \cdot 1381600 = 31776 \text{ кН}$$

Длина рассчитываемого сварного шва $L_{ш}$ находится как длина окружности свариваемых деталей по наружной поверхности за вычетом технологической составляющей $\Delta=10$ мм, так как шов выполняется без технологических планок:

$$L_{ш} = \pi D - 10 = 3,14 \cdot 1200 = 3758 \text{ мм} \quad (2.18)$$

Подставим полученные значения и получим:

$$\sigma = \frac{31776 \cdot 1000}{10 \cdot 3758} = 84,5 \text{ МПа} < 216,6 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 84,5 МПа, меньше нормативного значения 216,6 МПа, то сварное соединение работоспособно.

Расчёт углового соединения 3 проводится по формуле:

$$\tau = \frac{N}{F_{ш}} \leq [\tau], \quad (2.19)$$

где τ - напряжение среза в угловом сварном соединении; N - продольная нагрузка, растягивающая шов; $F_{ш}$ - площадь поперечного сечения шва; $[\tau]$ - допускаемое напряжение при срезе.

Для углового шва:

$$F_{ш} = \beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}, \quad (2.20)$$

где β - коэффициент определения расчётной толщины углового шва; $h_{ш}$ - толщина углового шва, принимаемая равной катету вписанного в шов

равнобедренного прямоугольного треугольника.

При однопроходной механизированной сварке в защитном газе β равно 0,85.

Для рассматриваемого углового сварного соединения назначаем в соответствии с [22] величину катета углового шва $h_{ш}$ равно 14 мм.

Для проектируемого люка резервуара длина сварного шва равна:

$$l_{ш} = \pi d_{л} - 10, \quad (2.20)$$
$$l_{ш} = \pi \cdot 500 - 10 = 1560 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение при срезе $[\tau]$ рассчитывается как:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma] \text{ МПа}; \quad (2.21)$$
$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 216,6 = 108 \dots 140,7 \text{ МПа}.$$

При этом растягивающее усилие N определяется по формуле (2.15).

Значение S для люка будет определяться следующим образом:

$$S = \frac{\pi d_{л}^2}{4}; \quad (2.22)$$
$$S = \frac{\pi \cdot 500^2}{4} = 196250 \text{ мм}^2$$

Тогда:

$$N = 2,3 \cdot 196250 = 451375 \text{ МПа} \approx 4513 \text{ МПа}$$

Исходя из этого:

$$\tau = \frac{4513 \cdot 1000}{0,85 \cdot 10 \cdot 1560} = 34 \text{ МПа} < [\tau] = 108 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения на срез в угловом сварном шве, равное 23,6 МПа, меньше нормативного значения 108 МПа, то сварное соединение работоспособно.

Таким образом, в проекте окончательно принимаем толщину стенки обечайки резервуара и толщину стенки его днищ, равную 10,0 мм, а толщину стенки люка – равной 8,0 мм. Остальные геометрические размеры принимаем из приведенных расчётов и схем.

Схемы и геометрические параметры проектируемой конструкции

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

используется для оформления чертежей в графической части проекта, дополняя чертежи техническими требованиями и условиями с проставлением соответствующих конструкции предельных отклонений и шероховатости поверхности деталей.

3. Разработка технологии сборки и сварки изделия

3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия

Базовая технология изготовления изделия включает в себя следующие технологические операции:

1) Правка проката.

Правку осуществлять созданием местной пластической деформации в холодном состоянии.

Очистку поверхности листов от грязи и ржавчины производить с помощью щётки и шабера.

2) Резка проката.

Раскрой листов производить на гильотинных ножницах, при вырезке деталей больших размеров или сложной формы – на машине термической резки с числовым программным управлением по составленной программе.

3) Маркировка.

4) Правка на вальцах с точностью 1 мм на 1 м.

5) Разметка и строжка заготовок по контуру со снятием припуска на кромкострогальном станке.

6) Зачистка кромок под сварку на ширине 30 мм от торца с двух сторон.

7) Вальцовка листа по R1200.

8) Сбор стыков обечаек под сварку, смещение кромок не более 1 мм.

9) Прихватка стыков, зачистка прихваток.

10) Сварка обечаек по технологической карте сварки с зачисткой корня шва.

11) Зачистка шва от шлака.

12) Калибровка обечаек, овальность не более 2 мм.

13) Сборка обечаек между собой и их сварка.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- 14) Сборка с одним днищем, сварка.
- 15) Разметка и вырезка отверстий под люки, штуцера и патрубки.
- 16) Сборка со вторым днищем, сварка.
- 17) Сборка и прихватка обечайки с переходной подкладкой, с люком, с технологическими рёбрами, сварка.
- 18) Сборка, прихватка и сварка штуцеров и патрубка.
- 19) Сварка обечайки с опорами.
- 20) Контроль согласно карте контроля сварных швов.

В данном базовом технологическом процессе изготовления резервуара предлагается заменить ручную дуговую сварку, используемую при приварке люка, его укрепляющего кольца и опор, на механизированную сварку в среде углекислого газа. Так же заменить газопламенную резку на плазменную. В базовой технологии в качестве установки люка использовались распорки, что тоже предлагается заменить на установку с помощью кран-балки. Эти усовершенствования позволят сократить отходы производства и повысит производительность процесса.

3.2 Выбор способа получения заготовок

Выбор рационального вида заготовок – один из важнейших факторов борьбы за экономное расходование материалов и снижение себестоимости деталей. Выбор заготовки (материала, способа изготовления, конструктивной формы) определяется функциональными требованиями к детали, характером производства, экономической целесообразностью.

Правильный выбор заготовки, обеспечивающий максимальное приближение формы и размеров заготовки к готовой детали, способствует не только рациональному использованию металла и снижению трудоемкости механической обработки, но и повышает производительность труда и культуру производства.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Для изготовления обечаек и заготовок для днищ применяют заготовки из листового проката, поставляемого по [3].

Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла. Проанализируем основные способы резки металла.

Газопламенная резка основана на нагревании металла до температуры воспламенения подогревающим пламенем, сгорании (интенсивном окислении) металла в струе кислорода и принудительном удалении этой струей образующихся оксидов.[24]

По степени механизации процесса различают резку: ручную; механизированную с использованием машин термической резки; комплексно-автоматизированную, выполняемую на поточных линиях, оснащенных машинами с ЧПУ.

Базовая технология предусматривает газопламенную резку.

При газопламенной резке образуется большой град. После резки нужно обрабатывать кромки. Из-за большого вложения температуры металл перегревается толщина реза составляет 60 мм.

Плазменная резка — вид плазменной обработки материалов, при котором в качестве режущего инструмента вместо резца используется струя плазмы.

Между электродом и соплом аппарата, или между электродом и разрезаемым металлом зажигается электрическая дуга. В сопло подаётся газ под давлением в несколько атмосфер, превращаемый электрической дугой в струю плазмы с температурой от 5000 до 30000 градусов и скоростью от 500 до 1500 м/с. Толщина разрезаемого металла может достигать до 200 мм. Используемые для получения плазменной струи газы делятся на активные — кислород, воздух.

Классы вырезаемых деталей и заготовок в зависимости от наибольших отклонений поверхности реза от перпендикулярности и наибольшие

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

отклонения поверхности реза от перпендикулярности должны соответствовать указанным в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – классы вырезаемых деталей

Классы	Способы резки	Нормы при толщине разрезаемого металла, мм		
		5-12	13-30	31-60
1	Кислородная	0,2	0,3	0,1
	Плазменно-дуговая	0,4	0,5	0,7
2	Кислородная	0,5	0,7	1,0
	Плазменно-дуговая	1,0	1,2	1,6
3	Кислородная	1,0	1,5	2,0
	Плазменно-дуговая	2,3	3,0	4,0

Преимущества плазменной резки от газовой является следующее:

- лучшее качество резки;
 - снижение затрат на производство;
 - простота в эксплуатации;
 - повышенная гибкость;
 - улучшенная безопасность
- высокий класс точности
- высокая толщина реза металла

Исходя из этого выбираем плазменную резку что что позволит сократить время на обработку и металлоемкость.

Резка листа осуществляется на плазменной режущей системе *ESAB NUMOREX NXB 6000*. Её технические характеристики приведены в таблице 3.2. Эта современная порталная система позволяет значительно повысить производительность процесса резки, а также способна работать в двух режимах: в режиме плазменной резки и в режиме газопламенной резки. Из двух возможных режимов работы порталной системы выбрана плазменная резка, что позволяет повысить производительность процесса резки.[19]

Таблица 3.2 – Технические характеристики газо-плазменной режущей системы ESAB NUMOREX NXB 6000

Наименование параметра	Значение параметра
Ширина колеи в мм	6000
Рекомендуемая ширина плиты в мм	Все размеры
Ширина машины в мм	7000
Длина резки в мм	Переменная
Процессы резки	Плазменная, газокислородная
Толщина резки в мм	Макс. 200
Число резаков	1-4
Макс. скорость позиционирования в мм/мин	24000/40000
Длина машины в мм	4000
Высота машины в мм	3750
Высота стола резки в мм	700
Напряжение питающей сети	3 х 400 В/ 50/60 Гц
Потребляемая мощность	до макс. 20 кВА

Система *Numorex* может осуществлять плазменную резку несколькими тележками, на которых расположены несколько горелок, одновременно. Это позволяет обрабатывать сразу несколько заготовок параллельно, что значительно повышает производительность.

Данная модель машины позволяет параллельно обрабатывать два листа с максимальной шириной 2550 мм каждый. Это позволяет отрезать сразу по две заготовки параллельно на одном станке, что существенно повышает производительность заготовительных операций.

Вальцовка обечаек производится на четырехвалковой листогибочной машине типа ИБ 2426. В таблице 3.3 представлены ее технические характеристики.

Таблица 3.3 – Технические характеристики листогибочной машины ИБ2426

Наибольшая толщина изгибаемого листа при давлении 250 МПа, мм	Значение
при гибке	60
при подгибке	50
Наибольшая ширина листа, мм	3150
Наименьший радиус гибки, мм	600
Скорость гибки, м/мин, нерегулируемая	6,5

Днище изготавливается методом горячей объемной штамповки. Горячая объёмная штамповка — это вид обработки металлов давлением, при которой формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляют с помощью специального инструмента — штампа.

Штамповка производится с отбортовкой.

Далее механическим путем удаляют окалину, проводят контроль толщины металла.

Для штамповки днищ принимаем гидравлический пресс *ErfurtPKnVT VI 800 FS*. Он предназначен для холодного выдавливания рельефных полостей, поверхностей, для выдавливания рельефа штампов и может быть применен в условиях серийного производства. Его технические характеристики приведены в таблице 3.4. Из неё видно, что данный пресс обеспечит штамповку днищ с необходимыми размерами.

Для вырезки отверстий под люк и штуцеры используем источник плазменной резки с ручным плазмотроном *PowerCut 875*. Инверторы плазменной резки имеют небольшую массу и габариты (поскольку в них не применяются тяжелые низкочастотные трансформаторы), низкое потребление энергии, но в то же время они ограничены по максимальной мощности (сила тока, как правило, не превышает 70–100 А). Они обычно используются для

резки сравнительно небольших толщин. Технические характеристики этого инвертора приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Технические характеристики гидравлического прессы *ErfurtPKnVT VI 800 FS*

Наименование	Максимальное усилие, т	Внутренний ход ползуна, мм	Наружный ход ползуна, мм	Максимальная закрытая высота, мм	Минимальная закрытая высота, мм	Число ходов в минуту	Размер стола, мм	Внутренний размер ползуна, мм	Наружный размер ползуна, мм
Характеристика	800	800	630	500	355	16	3150х2100	2500х1600	3150х2100

Таблица 3.5 – Технические характеристики источника плазменной резки с ручным плазмотроном *PowerCut 875*

Наименование	Характеристика
Напряжение питания (В/Гц)	230 / 50 400 / 50
Максимальный ток (А) / ПВ	60 / 60%
Диапазон регулирования тока (А)	20–60
Толщина реза углеродистой стали (мм)	22 (32)
Толщина реза нержавеющей стали (мм)	15 (22)
Толщина реза алюминия (мм)	22 (32)
Масса (кг)	40

В выпускной квалификационной работе для производства Корпуса одоранта используются листы из стали 09Г2С-8 с техническими условиями по ГОСТ 19903-2015 [25].

Важным этапом в разработке технологических процессов является установление коэффициента использования материала (КИМ), что влияет на себестоимость производства и конкурентоспособность продукции и определяется по формуле [29]:

$$КИМ = \frac{S_3}{S_{л}}, \quad (3.1)$$

где S_3 – площадь заготовки листа, $S_{л}$ – площадь листа

Найдём площадь развёртки обечайки по формуле 3.2:

$$S_3 = a b, \quad (3.2)$$

где, a – длина раскроя листа, b – ширина листа.

$$S_3 = 3768 \cdot 2100 = 7912 \text{ мм}^2$$

По [24] выбираем лист длиной 4000 мм. Так как длина развёртки обечайки L равно 3768 мм, а длина листа $L_{л}$ равно 4000 мм, то находим излишки металла:

$$S_l = S_{л} - S_3, \quad (3.3)$$

$$S_l = 8400 - 7912 = 488 \text{ мм}^2$$

Так как длина обечайки составляет 2100 мм, то принимаем, что необходимо 1 лист стали с размерами 2100x4000x10. Схема раскроя цилиндрической части обечайки представлена на рисунке 3.1.

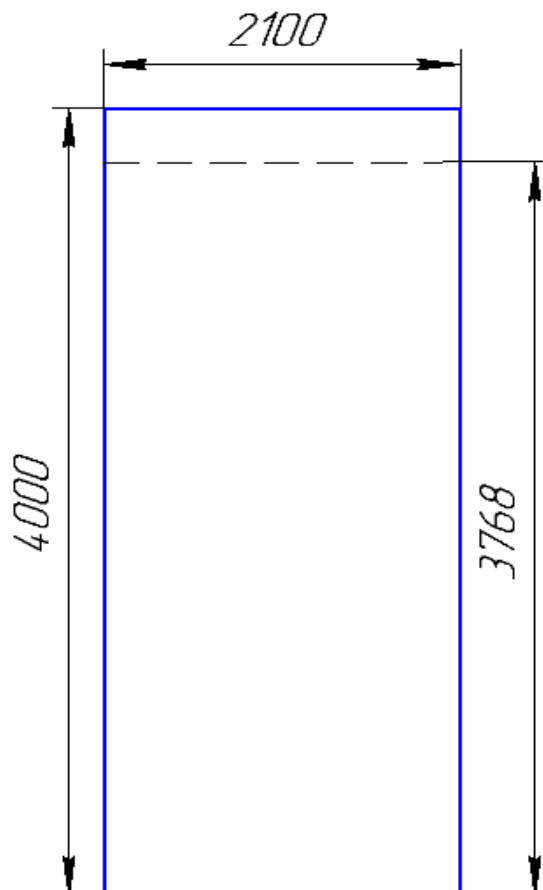


Рисунок – 3.1 Схема раскроя цилиндрической части ёмкости.

Полученные значения подставляем в формулу 3.1.

$$КИМ = \frac{7912}{8400} \cdot 100 = 94,1 \%$$

94,1% > 70% - условие выполняется.

Для выбора проката стали по [24] для эллиптических днищ необходимо рассчитать диаметр заготовки по формуле 3.4 :

$$D_{заг} = 2,422 \cdot 605 + 2 \cdot 40 = 1545$$

Определяем площадь развертки днища по формуле 3.5 :

$$S_{зд} = \pi R^2 3.5$$

Где $S_{зд}$ – диаметр заготовки днища, R – радиус заготовки.

$$S_{зд} = 3,14 \cdot 772,5^2 = 1873 \text{ мм}^2$$

Так как диаметр заготовки равен 1545 тогда, по [11] выбираем 2 листа стали с размерами 1600x1600x10. Схема раскроя представлена на рисунке 3.2

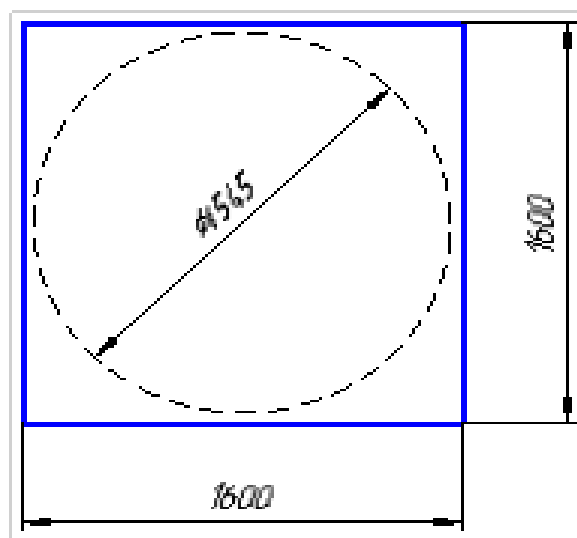


Рисунок – 3.2 Схема раскроя днища.

Полученные значения подставляем в формулу 3.1:

$$КИМ = \frac{1873}{2560} \cdot 100 = 72 \%$$

72% > 70%- условие выполняется

3.3 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия

Согласно ТР ТС 032/2013 [28], 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 змеевиков.

Для выполнения двух стыковых швов, рассмотренных в данной работе, мы приняли автоматическую сварку: на флюсовой подушке для наложения первого шва и под флюсом – для второго, так как длина швов достаточно большая; возможно использование флюсовой подушки; повышается производительность процесса.

Сварка под флюсом является самым распространенным способом автоматической сварки сварки плавящимся электродом. На рисунке 3.3 показана схема сварки под флюсом. При сварке под флюсом применяется электродная проволока 1 большой длины, свернутая на кассету или в бухту. Её подача в зону дуги по мере плавления, а также перемещение вдоль свариваемых кромок механизированы и осуществляются сварочным автоматом, имеющим специальные устройства – бункер 2 для внесения в зону сварки флюса и отсоса 11 не расплавившейся его части 10 со шва для возврата в бункер. Перед началом процесса засыпают флюс вдоль свариваемых кромок в виде валика толщиной 50–60 мм. Возникающая при включении автомата дуга 3 горит между концом электрода и изделием. Под действием тепла дуги плавятся электродная проволока 1, основной металл 4 и часть флюса 5. Дуга горит в закрытой полости 6 (газовом пузыре), ограниченной в верхней части оболочкой шлака, а в нижней – сварочной ванной 7. Полость заполнена парами металлов, флюса и газами. Возникающее статическое давление поддерживает флюсовый свод, который предотвращает разбрызгивание жидкого металла и нарушения в формировании шва. Схема сварки под флюсом представлена на рисунке 3.4.

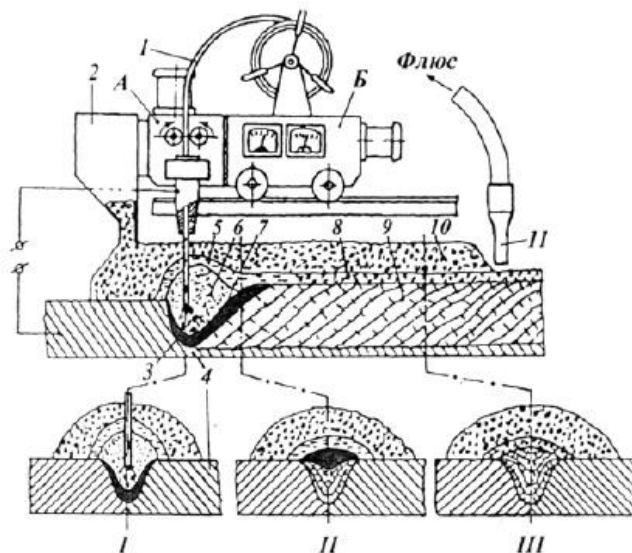


Рисунок 3.3 - Схема сварки под флюсом: А – сварочная головка; Б – механизм перемещения; I, II, III – поперечные сечения в различных зонах шва

Расплавленный шлак, обладая малой плотностью, всплывает на поверхность жидкого металла сварочной ванны и покрывает его плотным слоем. По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва 9, закрытого твердой шлаковой коркой 8. После сварки шлаковая корка удаляется.

Хороший контакт шлака и металла, наличие изолированного от внешней среды пространства обеспечивают благоприятные условия для защиты, металлургической и тепловой обработки ванны и тем самым способствуют получению швов с высокими механическими свойствами.

Весьма перспективным является применение ленты вместо электродной проволоки. Они имеют обычно толщину до 2 мм и ширину до 40 мм.

Горящая дуга перемещается поперек ленты, равномерно ее расплавляя. Меняя формы ленты, можно существенно влиять на форму шва, изменяя его ширину и глубину проплавления. Сварку под флюсом осуществляют на постоянном и переменном токах. Роль сварщика, работающего со сварочным автоматом, сводится к настройке рабочих параметров режима, к наблюдению за процессом и корректировке его с помощью пульта управления. Поскольку дуга, находящаяся под флюсом, невидима, это исключает возможность визуального

наблюдения за ходом процесса. В то же время это обеспечивает практическое отсутствие таких неблагоприятных факторов воздействия на сварщика, как излучение, сварочные аэрозоли и брызги металла и шлака.

Автоматической сваркой под флюсом выполняют стыковые, тавровые и нахлесточные соединения в нижнем положении. Современные флюсы разнообразны, различаются назначением, составом и свойствами и выполняют при сварке следующие функции:

- а) Защищают жидкий металл сварочной ванны от непосредственного контакта с воздухом;
- б) Раскисляют, легируют и рафинируют металл шва;
- в) Изменяют тепловой режим сварки путем уменьшения скорости охлаждения металла;
- г) Обеспечивают устойчивое горение дуги;
- д) Улучшают условия формирования шва.

Недостатки способа: трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов; трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия; неблагоприятное воздействие на оператора; нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

Области применения: сварка в цеховых и монтажных условиях; сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более; сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.

Автоматическая сварка под флюсом применяется в серийном и массовом производстве для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов на металле толщиной от 2 до 100 мм. Под флюсом сваривают углеродистые и легированные стали, медь, алюминий и их сплавы. Автоматическая сварка широко применяется в котлостроении, судостроении, производстве сварных труб и других отраслях машиностроения и строительства. Она является одним из основных звеньев ряда автоматических линий для сварки автомобильных колес, станов для производства сварных прямошовных и спиральных труб.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Рассмотрим разновидность автоматической сварки - сварку на флюсовой подушке. Её сущность заключается в том, что под свариваемые кромки изделия 1 подводят флюсовую подушку 2 — слой флюса толщиной 30...70 мм. Флюсовая подушка прижимается к свариваемым кромкам под действием собственной массы изделия или с помощью резинового шланга 3, наполненного воздухом. Давление воздуха в зависимости от толщины свариваемых изделий составляет 0,05...0,06 МПа для тонких и 0,2...0,25 МПа для толстых кромок. Флюсовая подушка не допускает подтекания расплавленного металла и способствует хорошему формированию металла шва. Схема сварки на флюсовой подушке представлена на рисунке 3.4.

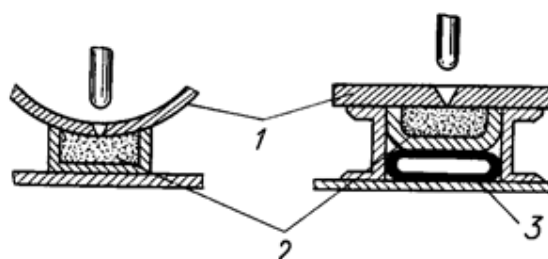


Рисунок 3.4 – Флюсовая подушка

Свариваемые листы собираются с зазором 2—4 мм и укладываются на слой флюса, который с помощью специального приспособления плотно прижимается к свариваемому металлу с обратной стороны и удерживает жидкий металл от вытекания. Свариваемые листы укладываются на ролики, укрепленные на поворотных стойках. Кромки листов располагают вдоль двух швеллеров и прижимают к ним с помощью электромагнитов. Между швеллерами уложен брезентовый желоб, в который насыпан флюс. Желоб опирается на стальную подкладку, под которой проложен резиновый шланг, в шланг подается сжатый воздух. Для равномерного прилегания флюса к металлу давление воздуха должно быть: для листов 4—6 мм — 0,5—1 атмосфера; для листов до 50 мм — 2—3 атмосферы.

После наложения шва с одной стороны листы поворачивают, зазор между ними тщательно очищают от остатков флюса, если нужно, подрубают зубилом и затем сваривают второй шов с другой стороны стыка уже без флюсовой

подушки. При сварке толстых листов без скоса кромок величина зазора должна быть: для листов толщиной 30 мм—6—7 мм; 40 мм — 8—9 мм; 50 мм — 10—11 мм.

При сварке круговых швов цилиндрических сосудов применяют подвижные флюсовые подушки из транспортной резиновой ленты. Флюсоудерживающие устройства показаны на рисунке 3.5.

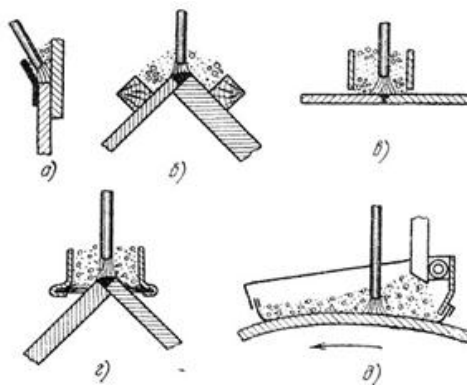


Рисунок 3.5 — Флюсоудерживающие устройства: а — бумажный ограничитель флюса, б — ограничитель с деревянными брусками, в — подвижные щеки для прямых швов, г — то же, для угловых швов, д — то же, для кольцевых швов

Для выполнения всех остальных соединений, рассматриваемых в данном проекте, принимаем механизированную сварку в среде CO_2 как рекомендуемую по [19] для соединений таких типов.

Сущность процесса сварки в среде защитных газов неплавящимся и плавящимся электродами схематично показана на рисунке 3.6. В первом случае электрическая дуга возбуждается между вольфрамовым или угольным электродом 1 и основным металлом 2 и горит в среде защитного газа 3. Для заполнения разделки в дугу подается присадочная проволока 4.

При сварке плавящимся электродом электрическая дуга горит в среде защитного газа 3 между сварочной проволокой 1 и основным металлом 2. Проволока подается механически с постоянной или переменной скоростью, зависящей от напряжения дуги.

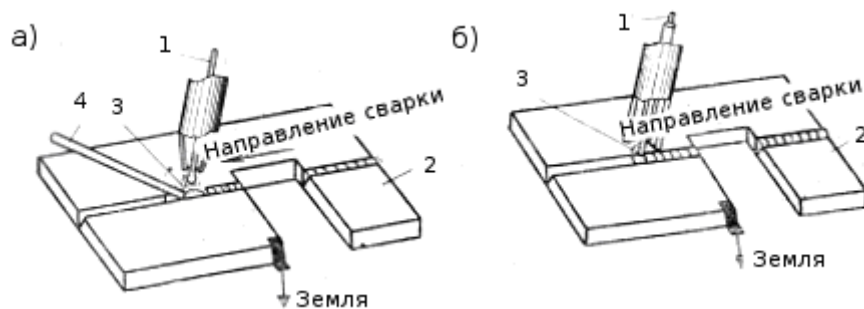


Рисунок 3.6– Схема процесса сварки в среде защитных газов: а — неплавящимся электродом; б — плавящимся электродом

Установка для сварки в среде защитных газов состоит из источника тока, сварочного полуавтомата, набора газозлектрических горелок, очистителя и баллонов с газами.

Все сварные соединения выполняются на прихватках. Способ их выполнения – механизированная сварка в среде углекислого газа.

3.4 Выбор сварочных материалов

1) Выбор сварочных материалов для автоматической сварки под флюсом

Выбор сварочной проволоки. Сварочная проволока Св08ГА применяется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей в газовой смеси (Ar-80% + CO₂-20%), чистом CO₂ по ГОСТ 8050-85 [27] и под флюсом по ГОСТ 9087-81 [28].

Достоинства сварочной проволоки:

- равновесность проволоки, качественное медное покрытие обеспечивает стабильность токоподвода в контакте (проволока-наконечник);
- постоянство диаметра по длине проволоки обеспечивает стабильность прохождения проволоки по направляющим шлангам без заклинивания.

Химический состав данной проволоки приведён в таблице 3.6, а механические свойства наплавленного металла этой проволоки – в таблице 3.7.

По соглашению сторон проволока поставляется намотанной на катушки или в кассеты. Проволока в мотках (катушках, кассетах) должна состоять из

одного отрезка, свернутого переплетенными рядами и плотно укатанного таким образом, чтобы исключить возможность распушивания или разматывания мотка. Концы проволоки должны быть легко находимы. Допускается контактная стыковая сварка отдельных кусков проволоки одной плавки: при этом зона сварного соединения должна соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Таблица 3.6 – Химический состав сварочной проволоки Св-08ГА, %

Название	C	Si	Mn	S	P
Значение	< 0,10	<0,03	0,35-0,60	≤0,020	≤0,02 0

Таблица 3.7 – Механические свойства наплавленного металла Св-08ГА

Наименование	Значение
Временное сопротивление, МПа	630
Относительное удлинение, %, не менее	23
Предел текучести, МПа, не менее	580

Выбор сварочного флюса. Для данного типа сварки был выбран флюс марки АН-348А по [28]. Его химический состав приведён в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Химический состав флюса АН-348А, %

Название	Si O ₂	Mn O	MgO	CaF ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	S	P
Значение	1- 44	34- 38	5-7,5	4-5,5	<6,5	<4,5	<0, 15	<0,1 2

Данные флюсы являются кислыми, марганцево-силикатного типа. Они легируют металл шва кремнием и марганцем, поэтому могут применяться в сочетании с бескремистыми сварочными проволоками.

Предназначены для механизированной сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей, нелегированной и низколегированной сварочной проволокой марок Св-08, Св-08ГА, S1, S2 при температурах эксплуатации конструкции до минус 40°С.

При влажности, превышающей допустимую, флюс перед употреблением подвергают сушке при температуре 250-350°C – не менее 2 часов.

Перед использованием флюсы должны подвергаться прокалке в соответствии с режимами прокалки флюсов, приведенными в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Режимы прокалки флюсов

Флюсы	Режим повторной прокалки 1), 2) (перед использованием)		
	Температура, °C		Продолжительность
	Номинальное значение	Предельное отклонение	
АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АНЦ-1	350	±50	1,0

Флюсы сварочные после их прокалки следует хранить:

- а) в сушильных шкафах на противнях из нержавеющей стали;
- б) в жесткой плотной таре, закрытой крышкой с резиновым уплотнением;
- в) в кладовых при температуре окружающего воздуха не ниже +15°C и при относительной влажности воздуха не более 50%.

Срок годности флюсов после прокалки – 15 суток.

- г) Выбор сварочных материалов для механизированной сварки в среде защитных газов.

В качестве защитного газа была выбрана двуокись углерода жидкая сварочная поставляемая по [27]. Для сварки используют сварочную углекислоту сортов I и II, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,178 и 0,515 H₂O в 1 м³ CO₂). Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой емкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением сварочных постов через рампы. В баллоне емкостью 40 л содержится 25 кг CO₂, дающего при испарении 12,5 м³ газа при давлении 760 мм рт. ст. Баллон окрашен в черный цвет, надписи желтого цвета.

При применении углекислого газа вследствие большого количества свободного кислорода в газовой фазе сварочная проволока должна содержать

дополнительное количество легирующих элементов с большим сродством к кислороду, чаще всего Si и Mn (сверх того количества, которое требуется для легирования металла шва). Наиболее широко применяется проволока Св-08Г2С. При применении защитных газов следует учитывать технологические свойства газов (например, значительно больший расход гелия, чем аргона), влияние на форму проплавления и форму шва и стоимость газов.

Прихватки выполняем механизированной сваркой в среде CO₂.

3.5 Расчет параметров режимов сварки

1) Сварные соединения №1 и 2. Они выполняются автоматической сваркой и имеют одинаковую толщину, различаясь только протяжённостью швов. Следовательно, параметры режима сварки у них будут одинаковы. Рассчитываем режимы сварки в соответствии [29]

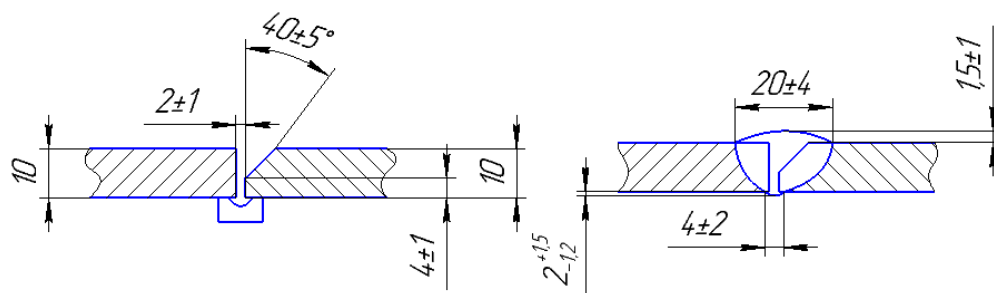


Рисунок 3.8

Расчёт режима сварки начинают с того, что задают требуемую глубину провара при сварке с первой стороны по [29], которая устанавливается равной:

$$h = \frac{S}{2} + (1...2), \quad (3.6)$$

где S – толщина металла, мм.

Тогда,

$$h = \frac{10}{2} + (1...2) = (6...7) \text{ мм}$$

Принимаем толщину провара h равно 6 мм.

Силу сварочного тока, необходимую для получения заданной глубины проплавления основного металла, рассчитывают по формуле:

$$I_{CB} = (80...100) \cdot h; \quad (3.7)$$

$$I_{CB} = (80...100) \cdot 6 = 480...600 \text{ A}$$

. Принимаем $I_{CB} = 550...600 \text{ A}$, для расчётов - $I_{CB} = 600 \text{ A}$

Диаметр сварочной проволоки рассчитывают по формуле:

$$d_{эл} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{CB}}{j \cdot \pi}}, \text{ мм}, \quad (3.8)$$

где I_{CB} – сила сварочного тока, А; j – плотность тока, приближенные значения которой приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Допускаемая плотность тока в электродной проволоке при автоматической сварке стыковых швов

Диаметр проволоки, мм	6	5	4	3	2	1
Допускаемая плотность тока, А/мм ²	25-45	30-50	35-60	45-90	65-200	90-400

Тогда:

$$d_{эл} = 1,13 \sqrt{\frac{600}{(30...50)}} = 4,67 \text{ мм}$$

Рекомендуемое ГОСТ 26.260.3[30] значение $d_{эл}$ равно 5 мм. Принимаем диаметр сварочной проволоки $d_{эл}$ равный 5 мм.

Коэффициент наплавки α_H при автоматической сварке постоянным током обратной полярности определяется как:

$$\alpha_H = \alpha_p \left(1 - \frac{\psi}{100} \right), \quad (3.9)$$

где ψ равно 7...15% – коэффициент потерь электродного металла на брызги, окисление и испарение, для расчётов принимается ψ равно 10%; α_p – коэффициент расплавления сварочной проволоки, г/А ч, рассчитываемый по формуле 3.10:

$$\alpha_p = \left(0,8 + 0,22 \frac{I_{CB}}{d_{эл}} \right) \cdot 0,36 \quad (3.10)$$

Подставляя известные данные, получим:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{600}{5} \right) \cdot 0,36 = 12,4 \text{ г/А ч}$$

$$\alpha_H = 12,9 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 11,6 \text{ г/А ч}$$

Принимаем α_H равно 11 г/А ч.

Скорость сварки электродной проволокой диаметром 5 мм рассчитываем по формуле:

$$v_{CB} = \frac{(20...25) \cdot 10^3}{I_{CB}}; \quad (3.11)$$

$$v_{CB} = \frac{(20...25) \cdot 10^3}{600} = 33...41 \text{ м/ч}$$

Принимаем скорость сварки v_{CB} равно 35 м/ч.

Оптимальное напряжение дуги может быть определено по формуле:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} I_{CB} \pm 1 \quad (3.12)$$

Тогда,

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{5^{0,5}} \cdot 600 \pm 1 = 33,5 \text{ В}$$

Принимаем напряжение дуги U_d равно 33...36 В. Для расчётов примем U_d равно 35 В.

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.}$ определяем по формуле:

$$v_{п.пр.} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \rho}, \quad (3.13)$$

где ρ – плотность наплавленного металла шва.

Тогда,

$$v_{п.пр.} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 600}{\pi \cdot 5^2 \cdot 7,8} = 43,2 \text{ м/ч}$$

Допустимо значение $v_{п.пр.}$ равно 43...54 м/ч. Следовательно, принимаем $v_{п.пр.}$ равной 45 м/ч.

Погонная энергия при сварке определяется по формуле:

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta}{v_{св}}, \quad (3.14)$$

где η равно 0,80...0,95 – КПД при механизированных и автоматических способах сварки. Принимаем $\eta = 0,9$.

Тогда

$$q_{п} = \frac{600 \cdot 35 \cdot 0,9}{35 \cdot 100} = 19500 \text{ Дж/см}^2$$

Принимаем величину вылета проволоки $l_{э} = 50...60 \text{ мм}$.

Определяем коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = k'(19 - 0,01 \cdot I_{св}) \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}}, \quad (3.15)$$

где k' – коэффициент, зависящий от рода и полярности. При постоянном токе обратной полярности k' равно 0,92. Тогда коэффициент формы провара

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 600) \frac{5 \cdot 35}{600} = 3,3$$

Для автоматической сварки $\psi_{пр}$ должен находиться в пределах 1...3,5. Как мы видим, форма провара в нашем случае оптимальна.

При установленной скорости сварки площадь наплавленного металла за данный проход в см^2 рассчитывается следующим образом:

$$F_{н} = \frac{\alpha_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \rho \cdot V_{св}}; \quad (3.16)$$

$$F_{н} = \frac{11 \cdot 600}{3600 \cdot 7,8 \cdot 35 \cdot \frac{100}{3600}} \approx 0,24 \text{ см}^2 = 24 \text{ мм}^2$$

Далее определим основные размеры шва: фактическую глубину проплавления $h_{ФАКТ}$ (3.17), ширину шва e (3.18) и высоту валика g (3.19):

$$h_{\Phi_{AKT}} = 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\psi_{\Pi P}}}; \quad (3.17)$$

$$h_{\Phi_{AKT}} = 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{19500}{3,3}} \approx 5,8 \text{ мм};$$

$$e = \psi_{\Pi P} \cdot h_{\Phi_{AKT}}; \quad (3.18)$$

$$e = 3,3 \cdot 5,8 = 19,1 \text{ мм};$$

$$g = \frac{F_H}{0,73 \cdot e}; \quad (3.19)$$

$$g = \frac{24}{0,73 \cdot 19,1} = 1,8 \text{ мм}$$

Так как фактическая глубина провара равна требуемой, то режим сварки второго прохода принимаем равным рассчитанному.

Рассчитаем шов № 3 по [29] Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей представлены в таблице 3.8.

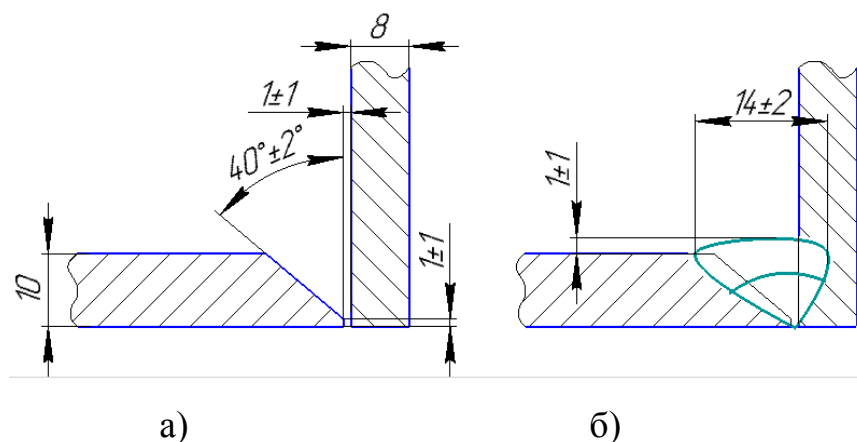


Рисунок 3.8 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа У6 : а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва;

Угловое сварное соединение типа У6 выполняется со стороны разделки. Исходя из конструктивных особенностей данного сварного соединения, сварку необходимо выполнять в несколько проходов.

Рассчитаем режимы сварки для корневого шва.

По таблице [29] принимаем диаметр электродной проволоки для выполнения корневого шва $d_{1эл} = 1,2$ мм, и силу сварочного тока $I_{1св} = 200$ А.

Определим скорость сварки для проволоки $d_{1эл} = 1,2$ мм. Для проволоки данной толщины расчёт скорости сварки проводится по формуле:

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (3.20)$$

Обладая необходимыми данными определим скорость сварки при выполнении корневого шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.20

$$V_{1св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{200} = 10 \dots 25 \text{ м/ч}$$

Для расчётов принимаем $V_{1св} = 24 \text{ м/ч} = 0,67 \text{ см/с}$.

Обладая известными значениями определим напряжение дуги при выполнении корневого шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.4

$$U_{1д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 200 = 29,09 \pm 1 \text{ В}$$

Для расчётов принимаем $U_{1д} = 29 \text{ В}$.

Обладая известными данными определяем коэффициент формы провара корневого шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.5

$$\psi_{1пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,2 \cdot 29}{200} = 2,7$$

Обладая известными данными определим величину погонной энергии при выполнении корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.6

$$q_{1п} = \frac{200 \cdot 29 \cdot 0,85}{0,67} = 7358,2 \text{ Дж/см}$$

Обладая необходимыми данными определим фактическую глубину проплавления при выполнении корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.7

$$h_{1пр} = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{7358,2}{2,7}} = 0,42 \text{ см} = 4,2 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определяем расчётную ширину корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.8

$$b_{1к} = 2,7 \cdot 4,2 = 11,34 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим коэффициент расплавления электродной проволоки при выполнении корня шва сварного соединения типа У7-1 по формуле 3.12

$$\alpha_{1р} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{200}{1,2} \right) \cdot 10^{-4} = 44,97 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{ч} = 16,2 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

Обладая известными данными определим коэффициент наплавки корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.11

$$\alpha_{1н} = 16,2 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 14,58 \text{ мм}^2$$

Обладая известными данными определим площадь наплавленного металла корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.10

$$F_{1нм} = \frac{14,58 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,67} = 0,155 \text{ см}^2 = 15,5 \text{ мм}^2$$

Обладая всеми необходимыми данными определим расчётную высоту валика корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.9

$$c_{1к} = \frac{15,5}{0,73 \cdot 11,34} = 1,9 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим расчётную высоту корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.13

$$H_{1ш} = 4,2 + 1,9 = 6,1 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим высоту заполнения разделки с учётом зазора в стыке при выполнении корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.14

$$f = \sqrt{\frac{15,5 - 6,1 \cdot 1}{\text{tg} 45}} = 3,05 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим расчётную глубину проплавления притупления для сварного соединения типа У6 по формуле 3.15

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$h_0 = 6,1 - 3,05 = 3,15 \text{ мм}$$

Так как сварное соединение У7-1 является угловым определим расчётную глубину проплавления стенки по формуле:

$$h_{01} = (0,8 \dots 1) \cdot h_0 \quad (3.19)$$

где h_{01} – расчётная глубина проплавления стенки, мм.

Обладая известными данными определим глубину проплавления стенки для сварного соединения типа У6 по формуле 3.19

$$h_{01} = (0,8 \dots 1) \cdot 3,15 = 2,52 \dots 3,15$$

Обладая известными данными определим скорость подачи проволоки при выполнении корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.16

$$V_{1\text{пп}} = \frac{4 \cdot 14,58 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 330,4 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{1\text{пп}} = 330 \text{ м/ч}$.

Обладая известными данными определим расстояние от сопла горелки до изделия при выполнении корня шва сварного соединения типа У6 по формуле 3.17

$$l_{1э} = 8 \cdot 1,2 = 9,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем режимы сварки для последующих проходов.

Для последующих проходов по таблице 6 принимаем сварочную проволоку $d_{2эл} = 2 \text{ мм}$, и силу сварочного тока $I_{2св} = 400 \text{ А}$.

Определим скорость сварки. Для проволоки $d_{2эл} = 2 \text{ мм}$ скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (3.20)$$

Обладая известными данными определим скорость сварки для последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.20

$$V_{2св} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{400} = 20 \dots 30 \text{ м/ч}$$

Для расчётов принимаем $V_{2св} = 25 \text{ м/ч} = 0,69 \text{ см/с}$.

Обладая известными данными определим напряжение дуги для последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.4

$$U_{2д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2^{0,5}} \cdot 400 = 34,3 \pm 1В$$

Для расчётов принимаем $U_{2д} = 34 В$.

Обладая известными данными определяем коэффициент формы провара для последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.5

$$\psi_{2пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 400) \cdot \frac{2 \cdot 34}{400} = 2,3$$

Обладая известными данными определи величину погонной энергии для последующих проходов сварного соединения типа У7-1 по формуле 3.6

$$q_{2п} = \frac{400 \cdot 34 \cdot 0,85}{0,69} = 16753,6 \text{ Дж/см}$$

Обладая известными данными определим фактическую глубину проплавления последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.7

$$h_{2пр} = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{16753,6}{2,3}} = 0,69 \text{ см} = 6,9 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определяем расчётную ширину шва последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.8

$$b_{1пп} = 2,3 \cdot 6,9 = 15,9 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим коэффициент расплавления электродной проволоки для последующих проходов сварного соединения типа У7-1 по формуле 3.12

$$\alpha_{2р} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{400}{2} \right) \cdot 10^{-4} = 52,3 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{ч} = 18,83 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

Обладая известными данными определим коэффициент наплавки последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.11

$$\alpha_{2н} = 18,83 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 16,95 \text{ мм}^2$$

Обладая известными данными определим площадь наплавленного металла последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.10

$$F_{2\text{нм}} = \frac{16,95 \cdot 400}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,69} = 0,35 \text{ см}^2 = 35 \text{ мм}^2$$

Обладая всеми необходимыми данными определим расчётную высоту валика последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.9

$$c_{1\text{пп}} = \frac{35}{0,73 \cdot 15,9} = 3 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим расчётную высоту шва последующих проходов для сварного соединения типа У6 по формуле 3.13

$$H_{2\text{ш}} = 6,9 + 3 = 9,9 \text{ мм}$$

Обладая известными данными определим скорость подачи электродной проволоки при выполнении последующих проходов сварного соединения типа У6 по формуле 3.16

$$V_{2\text{пп}} = \frac{4 \cdot 16,95 \cdot 400}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 276,8 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{2\text{пп}} = 277 \text{ м/ч}$.

Обладая известными данными определим расстояние от сопла горелки до изделия при выполнении последующих проходов для соединения типа У6 по формуле 3.17

$$l_{2з} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм}$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяется по формуле:

$$F_{\text{пнм}} = S \cdot b + \frac{(S - c)^2}{2} \cdot \text{tg} \alpha + 0,75 \cdot b_{1\text{пп}} \cdot c_{1\text{пп}}, \quad (4.21)$$

где $F_{\text{пнм}}$ —площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм^2 .

Обладая известными данными определим площадь поперечного сечения наплавленного металла для сварного соединения типа У6 по формуле 3.21

$$F_{\text{пнм}} = 8 \cdot 1 + \frac{(8 - 1)^2}{2} \cdot \text{tg} 45 + 0,75 \cdot 15,9 \cdot 3 = 68,28 \text{ мм}^2$$

Число проходов определяется по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{пнм}} - F_{\text{1нм}}}{F_{\text{2нм}}} + 1 \quad (4.22)$$

Обладая известными данными определим число проходов для сварного соединения типа У6 по формуле 4.22

$$n = \frac{68,28 - 15,5}{35} + 1 = 2,3$$

Принимаем число проходов $n = 2$.

Сварное соединение типа У6 выполняется на режимах, представленных в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Режимы сварки для сварного соединения типа У6

Параметры		Значения
Первый проход	Диаметр электродной проволоки $d_{\text{1эл}}$, мм	1,2
	Сила сварочного тока $I_{\text{1св}}$, А	200,0
Первый проход (корень шва)	Скорость сварки $V_{\text{1св}}$, м/ч	24,0
	Напряжение дуги $U_{\text{1д}}$, В	29,0
	Скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{1пп}}$, м/ч	330,0
Второй проход (заполняющий шов)	Диаметр электродной проволоки $d_{\text{2эл}}$, мм	2,0
	Сила сварочного тока $I_{\text{2св}}$, А	400,0
	Скорость сварки $V_{\text{2св}}$, м/ч	25,0
	Напряжение дуги $U_{\text{2д}}$, В	34,0
	Скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{2пп}}$, м/ч	277,0

Рассчитаем шов № 4 по [29] Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены в таблице 3.9 .

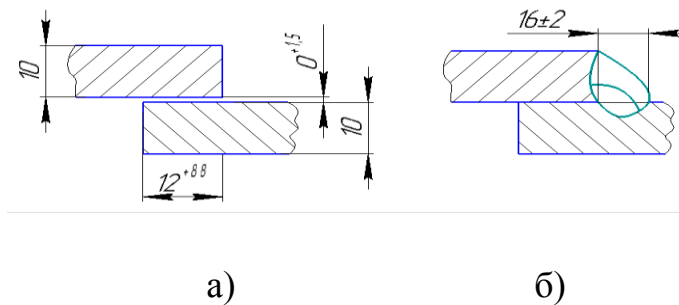


Рисунок 3.19 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа Н1 :а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва;

Расчет режима сварки корневого шва.

Определение величины сварочного тока.

Определяем величину сварочного тока $I_{св}$ по таблице [29].

Для расчетов принимаем $I_{св} = 180$ А.

Определение скорости сварки.

Для проволоки $d_{эл} = 1,6$ мм скорость сварки $V_{св}$ определяется по формуле 3.3.

$$V_{св} = \frac{(5...8) \cdot 10^3}{180} = (28...44), \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 28$ м/ч = 0,77 см/с

Определение оптимального напряжения дуги.

Оптимальное напряжение дуги U_d может быть определено по формуле 3.4.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 180 \pm 1 = 26 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 26$ В.

Определение коэффициента формы провара.

Коэффициент формы провара ($\Psi_{пр}$) в зависимости от основных параметров режима сварки может быть определен по формуле 3.5.

Значение коэффициента K' определяется по таблице [29], исходя из условий по формуле 3.6.

$$K' = 0,367 \cdot \left(\frac{190 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,6^2} \right)^{0,1925} = 0,9$$

$$\psi_{\text{пр}} = 0,9 \cdot (19 - 0,01 \cdot 180) \frac{1,6 \cdot 26}{180} = 3,56$$

Определение величины погонной энергии.

Величина погонной энергии q_n рассчитывается по формуле 3.7.

$$q_n = \frac{180 \cdot 26 \cdot 0,9}{0,77} = 5470,12 \text{ Дж/см}$$

Определение основных размеров шва

Определение глубины проплавления;

Определяем глубину проплавления h_ϕ по формуле 3.8.

$$h_\phi = 8,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{5470,12}{3,56}} = 0,31 \text{ см} = 3,1 \text{ мм}$$

Определение ширины шва.

Определяем ширину шва b по формуле 3.9.

$$b = 3,56 \cdot 3,1 = 11,03 \text{ мм}$$

Определение высоты валика;

Определяем высоту валика (c) по формуле 4.10.

α_H – коэффициент наплавки, определяемый по формуле 4.11.

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 3.12.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{180}{1,6} \right) \cdot 10^{-4} = 0,003305 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

$$\alpha_H = 0,003305 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 10,7 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$F_H = \frac{\alpha_H \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{\text{св}}} = \frac{10,7 \cdot 180}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,77} = 0,09 \text{ см}$$

$$c = \frac{9}{0,73 \cdot 11,03} = 1,11 \text{ см}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Определение высоты шва.

Определяем высоту шва (H) по формуле 3.10.

$$H = 3,1 + 2 = 5,1 \text{ мм}$$

Определение высоты заполнения разделки с учетом зазора в стыке.

Определяем высоту заполнения разделки f по формуле 3.14.

$$f = \sqrt{\frac{9 - 5,1 \cdot 1}{\operatorname{tg} 22}} = 3,1 \text{ мм}$$

Определение глубины провара притупления.

Рассчитываем глубину провара притупления h_0 по формуле 3.15.

$$h_0 = 5,1 - 3,1 = 2 \text{ мм}$$

Определение скорости подачи проволоки.

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 3.16.

$$V_{\text{п пр}} = \frac{4 \cdot 10,7 \cdot 180}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 122,87 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{\text{п пр}} = 123 \text{ м/ч}$.

Расчет режима сварки последующих проходов со стороны разделки.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно принять $F_{\text{нз}}$, до 100 мм^2 .

Для расчетов принимаем $F_{\text{нз}} = 60 \text{ мм}^2$, $d_{\text{эл}} = 1,6 \text{ мм}$, $I_{\text{св}} = 300 \text{ А}$.

Определение скорости сварки последующих проходов.

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, определяемый по формуле 3.11.

$\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления электродной проволоки, определяется по формуле 3.12.

$$\alpha_{\text{р}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{300}{1,6} \right) \cdot 10^{-4} = 0,004955 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 0,004955 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 16,05 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{\text{св}} = \frac{16,05 \cdot 300}{0,6 \cdot 7,8 \cdot 100} = 10,28 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 10,28$ м/ч.

Определение скорости подачи проволоки.

Определяем скорость подачи электродной проволоки $V_{ппр}$ по формуле 3.16.

$$V_{ппр} = \frac{4 \cdot 16,05 \cdot 300}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 307,17, \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{ппр} = 307,17$ м/ч.

Определение оптимального напряжения дуги.

Определяем оптимальное напряжение (U_d) дуги по формуле 3.4.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^2} \cdot 300 \pm 1 = 32 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 32$ В.

Определение количества проходов.

Число проходов (n_p) стыковых соединений определяется по формуле 3.18.

$F_{нм}$ – площадь наплавленного металла, мм^2 определяется по формуле 3.19.

$$F_{нм} = 4 \cdot F_1 + 2 \cdot F_2 + F_3 = 2 \cdot f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a \cdot S + \frac{4}{3} \cdot c \left[2 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4 \dots 6) \right], \text{ мм}^2$$

$$F_{нм} = 2 \cdot 5,5^2 \cdot 0,40040 + 1 \cdot 13 + \frac{4}{3} \cdot 2 [2 \cdot 5,5 \cdot 0,40040 + 1 + 4] = 62,66 \text{ мм}^2$$

$$n_p = \frac{62,66 - 9}{60} + 1 = 1,89$$

Принимаем: $n_p = 2$.

Проведем проверочный расчет исходя из условий обеспечения сплошности провара притупления по формуле 3.20.

$$h_1 = 2 + 2 - 2 = 2 \text{ мм}$$

Определяем основное машинное время.

Основное машинное время, т.е. время горения дуги при механизированной сварке в среде углекислого газа определяется по формуле 3.21.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Тогда время горения дуги будет равно.

$$t_{осн} = \frac{3600 \cdot 0,6266 \cdot 199 \cdot 7,8}{16,05 \cdot 300} = 727,18 \text{ с}$$

Расчет количества электродов.

Вес электродной проволоки по формуле 3.23.

Вес наплавленного металла рассчитывается по формуле 3.24.

Вес наплавленного металла равен.

$$\omega_{нм} = 0,6266 \cdot 199 \cdot 7,8 = 972,60 \text{ г}$$

Зная вес наплавленного металла, определяем вес электродов по формуле 3.22.

$$\omega_s = (1,7...1,9) \cdot 972,60 = 1653,43...1847,96 \text{ г}$$

Входе расчета режима механизированной сварки в защите углекислого газа шва №2, соединения Н1 были рассчитаны следующие показатели:

–Корневой шов. $d_{эл}=1,6$ мм, $I_{св}= 180$ А, $U_d=26$ В, $V_{св}=28$ м/ч, $V_{п пр} = 123$ м/ч.

–Последующие проходы. $d_{эл}=1,6$ мм, $I_{св}= 300$ А, $U_d=32$ В, $V_{св}=10,28$ м/ч, $V_{п пр} = 307,17$ м/ч.

Для расчета шва № 5 принимаем те же режимы, что и для шва № 4 по [29].

3.6 Выбор сварочного оборудования

Прихватку и сварку при изготовлении изделий могут выполнять сварщики, прошедшие аттестацию на право выполнения сварочных работ в соответствии с требованиями РД 03-495-02 [26].

Для автоматической и механизированной сварок по [26] допускается применять следующие типы сварочного оборудования вида А (оборудование для дуговой сварки) и В (оборудование для газовой сварки) согласно по [26]:

- А3 - выпрямители для механизированной сварки в защитных газах (в том числе высокочастотный);
- А7 - полуавтоматы для механизированной сварки в инертных газах;
- А10 - автоматы для механизированной сварки под флюсом;
- А15 - преобразователи для механизированной сварки под флюсом и в защитных газах.

Применяемое оборудование для сварки должно иметь паспорта завода-изготовителя и инструкции по эксплуатации, подтверждающие пригодность данного оборудования для предназначенной работы.

Сварочное оборудование должно находиться в исправном состоянии и обеспечивать рабочие характеристики, отраженные в техническом паспорте.

Наиболее часто при выполнении сварочных работ способом сварки МП применяются сварочные выпрямители, которые обеспечивают питание сварочной дуги постоянным током, вследствие чего процесс сварки проходит более стабильно.

Сварочные выпрямители могут быть однопостовыми и многопостовыми, изготавливаемыми в соответствии с требованиями ГОСТ 13821-77[28] и технических условий. В последнее время широкое распространение также получили высокочастотные сварочные выпрямители (инверторные источники питания).

Однопостовые сварочные выпрямители обеспечивают падающую внешнюю вольт-амперную характеристику (ВАХ), необходимую для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, а многопостовые – жесткую.

Для получения крутопадающей вольт-амперной характеристики, необходимой для механизированной сварки, многопостовые выпрямители применяются совместно с балластными реостатами.

В выпускной квалификационной работе для уменьшения себестоимости продукции и повышения производительности применяем однопостовой сварочный выпрямитель ВДУ-1250, основные технические характеристики которого приводятся в таблице 3.11.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Универсальный сварочный выпрямитель ВДУ-1250 используется как источник тока при комплектации сварочных автоматов. Он вместе со сварочным автоматом используется для наплавки и сварки под флюсом на постоянном токе.

Основные преимущества выпрямителя ВДУ-1250: 1) Надежное зажигание и устойчивое горение сварочной дуги; 2) Функция защиты от перегрева; 3) Возможна местная и дистанционная регулировка сварочных параметров; 4) Небольшой вес и энергопотребление источника в сравнении с аналогами; 5) ВДУ-1000 имеет 2 вида внешних жестких вольт-амперных характеристик для наплавки и сварки под слоем флюса; 6) Класс изоляции Н по ГОСТ 8865-70[29].

Таблица 3.11 – Технические характеристики выпрямителя ВДУ-1250

Наименование параметра	Значение
Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Первичная мощность, кВА, не более	102
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Пределы регулирования сварочного тока, А (ПВХ/ЖВХ)	200...1250/250...1250
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Пределы регулирования рабочего напряжения, В (ПВХ/ЖВХ)	28...56/26...56
Номинальная продолжительность работы, ПВ, %	100
Коэффициент полезного действия, %, не менее	79
Масса, кг, не более	550

Выпрямитель в комплекте с полуавтоматом предназначен для механизированной сварки плавящимся электродом углеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей в среде защитных газов на постоянном токе.

Для механизированной сварки в среде углекислого газа принимаем сварочный полуавтомат Сварог MIG 500 DSPJ77.

MIG 500 DSP (J77) – один из самых мощных и самых оснащенных аппа-

ратов для механизированной сварки «Сварог». Может использоваться для полуавтоматической сварки в активных и инертных газах, сплошной и порошковой проволокой на постоянном и переменном токе, а также для ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Отличительной чертой данного аппарата является ширина диапазона свариваемых материалов. Данный аппарат может быть использован не только для сварки сталей, но и для сварки сплавов алюминия, титана и многих других благодаря возможности сварки на переменном токе с задаваемыми значениями сварочного тока, напряжения дуги и даже баланса полярности. Управление режимом сварки осуществляется как с источника питания, на котором расположена сенсорная панель, так и с подающего механизма.

«Сварог» *MIG 500 DSP (J77)* имеет самый широкий диапазон регулировок и самый богатый набор дополнительных функций среди полуавтоматов «Сварог». Аппарат может дополнительно оснащаться станцией водяного охлаждения горелки и водоохлаждаемой горелкой соответственно, кабелями соединения подающего механизма и источника питания длиной до 40 м по[30].

Технические характеристики полуавтомата представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Технические характеристики сварочного полуавтомата Сварог *MIG 500 DSP J77*

Напряжение питающей сети, В	380±10%
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемая мощность, кВА	27
Потребляемый ток, А	37,5
Сила тока, А	20-500
Сварочный ток MIG/MMA, А	30–500/20–500
Сварочный ток TIG, А	10–500
Диапазон рабочего напряжения, В	20–499
Напряжение холостого хода, В	73
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,0–18,0
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8 – 1,6
Допустимый вес катушки, кг	15
Количество роликов, шт	4
ПВ, %	60
ПВ 100%, А	380
Коэффициент мощности	0,85
КПД, %	85

Класс изоляции	F
Степень защиты	IP21S
Габаритные размеры, мм	650×350×600 (1070×480×1480)
Вес, кг	26 источник

Преимущества: используются новейшие инверторные технологии, обеспечивающие постоянный контроль сварочного тока и входящего напряжения; встроенный блок стабилизатора напряжения, небольшое разбрызгивание металла, отличный перенос сварочной капли; медленная скорость подачи проволоки во время поджига дуги, глубокая сварочная ванна, продувка газом после сварки; лёгкое зажигание дуги; небольшой размер и вес, экономичный и практичный; высокая надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

В комплект сварочного полуавтомата входят подающий механизм ПДГО-601, сварочные кабели и сварочные горелки.

Для механизированной сварки принимаем: газобаллонное оборудование – баллон с углекислым газом 40 литров; Кислородный газовый редуктор Ар-40, в состав которого входят манометр, расходомер и газовый смеситель. Его технические характеристики приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Технические характеристики газового редуктора Ар-40

Параметр	Значение
Газ, для которого предназначен газовый редуктор	Углекислый
Давление на входе в редуктор, кг/см ²	200
наименьшее, при наибольшем рабочем давлении на выходе редуктор	8
Давление в рабочей камере редуктора (перед измерительной дозой), кг/см ² :	
Наибольшее	4,6
Наименьшее	1
Расход газа, л/мин	5-40
Габариты, мм	255×235×190
Масса, кг	3,8

Для автоматической сварки под слоем флюса в качестве оборудования принимаем сварочный трактор АДФ-1002. Сварочный автомат АДФ-1002

предназначен для сварки переменным током под слоем флюса соединений встык с разделкой и без разделки кромок, для сварки швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми. Сварочный автомат АДФ-1002 состоит: сварочного трактора и сварочного трансформатора ТДФЖ-1002 с встроенным блоком управления автомата.

Сварочный трактор представляет собой самоходный механизм, на ходовой тележке которого размещены приводы движения трактора и подачи электродной проволоки представлен на рисунке 3.10. Они приводятся в движение общим электродвигателем 8. Скорость подачи сварочной проволоки и скорость сварки не зависят от напряжения на сварочной дуге и регулируются сменными шестернями. Сварочный трактор передвигается вдоль шва ходовым механизмом 10. Сварочная проволока подается в зону сварки механизмом подачи 3. Оба механизма (подающий и ходовой) смонтированы с двигателем 8 в один блок, который является несущим корпусом автомата. На корпусе укреплены мундштук 2 и кронштейн 6 с пультом управления. На кронштейне смонтированы правильный механизм, корректировочный механизм 4, кассета для проволоки 7, бункер для флюса 5, переднее шасси с холостыми бегунками 1. Мундштук применяется для подвода сварочного тока к электродной проволоке и для направления ее в зону сварки. Подвод тока осуществляется скользящими контактами. Мундштук для проволоки диаметром 3 – 5 мм на ток до 1000 А в нижней части снабжен двумя контактными роликами, между которыми скользит электродная проволока. Контактное давление роликов создается пружинами.

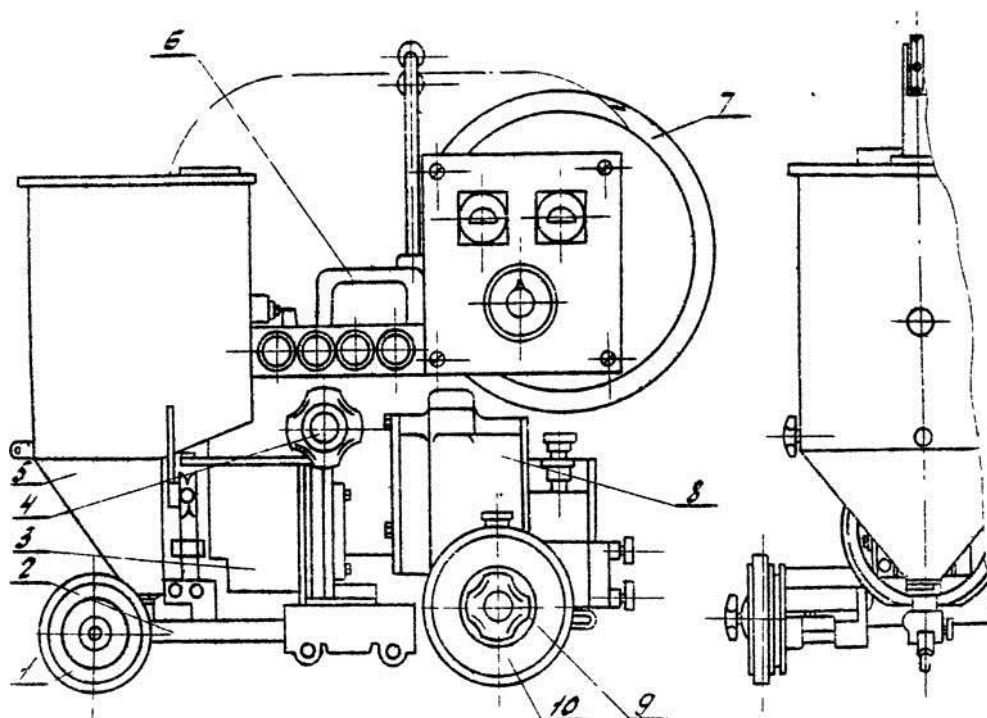


Рисунок 3.12 - Сварочный трактор АДФ-1002 УЗ

1 – шасси переднее; 2 – мундштуки; 3 – механизм подачи электродной проволоки (сварочная головка); 4 – маховичок корректировочного механизма; 5 – бункер для флюса основной; 6 – кронштейн с пультом управления; 7 – кассета для проволоки; 8 – электродвигатель; 9 – маховичок включения фрикционной муфты; 10 – механизм движения автомата (ходовой).

Правильный механизм служит для выпрямления электродной проволоки, сматываемой с кассеты. Он состоит из трех роликов, расположенных над механизмом подачи. Режим правки регулируется упорным винтом верхнего ролика. Корректировочный механизм служит для смещения электрода поперек шва и для поперечного наклона мундштука вместе с головкой, кронштейном и катушкой. Кроме того, при сварке по копиру он применяется для точной установки электрода в плоскости копира. Корректировочный механизм состоит из червяка, закрепленного на кронштейне, и червячного сектора, неподвижно закреп-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М01101.ПЗ

Лист

68

ленного на корпусе электродвигателя. На оба конца червяка насажены маховики. При вращении маховика червяк перемещается по зубьям неподвижного сектора и поворачивает сварочную головку автомата.

Механизм движения сварочного трактора состоит из редуктора с червячными и сменными цилиндрическими зубчатыми передачами, двух ведущих бегунков с резиновыми шинами и электродвигателя. Для ручного перекатывания сварочного трактора на валу бегунков имеется специальная фрикционная муфта с маховиками 9, при помощи которой вал можно отключить от электропривода. Данные сварочного трактора АДФ-1002 приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 - Технические данные сварочного трактора АДФ-1002

Номинальный сварочный ток	А 1000
Скорость подачи проволоки	м/ч 60-360
Скорость сварки	м/ч 12-80
Габаритные размеры	715x345x540
Масса автомата без электродной проволоки и флюса	кг 45

3.7 Техника и технология сборки и сварки изделия

Для перемещения деталей при выполнении прямолинейных и вращения изделий при выполнении круговых (кольцевых) швов должны использоваться сварочные кантователи, манипуляторы, роликовые стенды и другое специальное оборудование, обеспечивающее необходимые скорости вращения.

Для повышения точности сборки и уменьшения сварочных деформаций соединяемых деталей рекомендуется использовать центраторы, кондукторы, стапели и другие специальные технологические приспособления и оснастку.

Для предотвращения возникновения холодных трещин все сварочные работы при изготовлении емкостей следует выполнять при положительных температурах воздуха в закрытых отапливаемых помещениях.

Стационарный сварочный участок должен быть оборудован периодически-

ски работающей приточно-вытяжной общей и местной вентиляцией, обеспечивающей санитарные нормы чистоты воздуха и исключаяющей подачу пыли извне. Общая освещенность сварочного участка должна быть около 50 люкс/м².

При использовании источников питания постоянного тока для уменьшения зоны термического влияния рекомендуется выполнять сварку на постоянном токе с обратной полярностью ("минус" на изделии, "плюс" на электроде).

Сварку соединений следует начинать сразу после прихватки. Непосредственно перед сваркой необходимо проверить состояние поверхности свариваемых элементов и в случае необходимости зачистить их. Кромки подготовленных под сварку элементов должны быть зачищены на ширину не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны. В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим способом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности (впадины). Кромки свариваемых деталей не должны иметь следов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Кромки должны проходить визуальный осмотр для выявления пороков металла. Не допускаются расслоения, закаты, трещины. Кромки должны соответствовать чертёжным размерам.

В общем случае технология автоматической сварки под слоем флюса предусматривает выполнение следующих основных операций: возбуждение сварочной дуги, перемещение трактора или сварочной головки в процессе сварки, порядок наложения сварных швов в зависимости от типа шва и конструктивных особенностей сварных соединений.

При сборке изделий под сварку взаимное положение деталей фиксируется друг относительно друга с помощью специальных приспособлений или прихваток – временных коротких прерывистых швов.

В технологии сварки необходимо задавать параметры прихваток, которые устанавливаются согласно требованиям нормативно-технических документов, регламентирующих сварку. Параметры прихваток назначаются в зависимости

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

от марки основного материала, толщины металла в зоне сварки, протяженности шва (диаметра трубы или длины прямолинейного участка).

Обычно, если толщина металла детали в зоне сварки меньше или равна 3,0 мм, то высота прихватки должна быть равной толщине. При толщине от 3,0 до 12,0 мм высота прихваток составляет 0,6 - 0,7 толщины, но не менее 3,0 мм. При толщине 12,0 - 20,0 мм высота прихваток равна 0,5-0,6 толщины. При большей толщине высота прихваток 0,3 – 0,4 толщины. В случае сварки изделий с большой толщиной прихватки должны рассчитываться исходя из прочности от действия собственного веса деталей и/или от нагрузок, возникающих в процессе транспортировки собранных деталей из сборочного цеха (участка) к месту сварки.

В зависимости от протяженности сварного шва прихватки могут иметь различную длину. При D равным 150,0 - 500,0 мм 3 – 4 прихватки (равномерно по периметру) длиной 40,0 – 60,0 мм. При большем диаметре, а также при сварке листов прихватки выполняются через каждые 350,0 – 450,0 мм длиной 60,0 – 80,0 мм.

Сварку продольных и кольцевых стыков корпуса аппарата будем производить автоматической сваркой под флюсом на специальной установке, состоящей из роликового стенда М61071 и велосипедной тележки ВТ-3. Общий вид этой установки показан на рисунке 3.11.

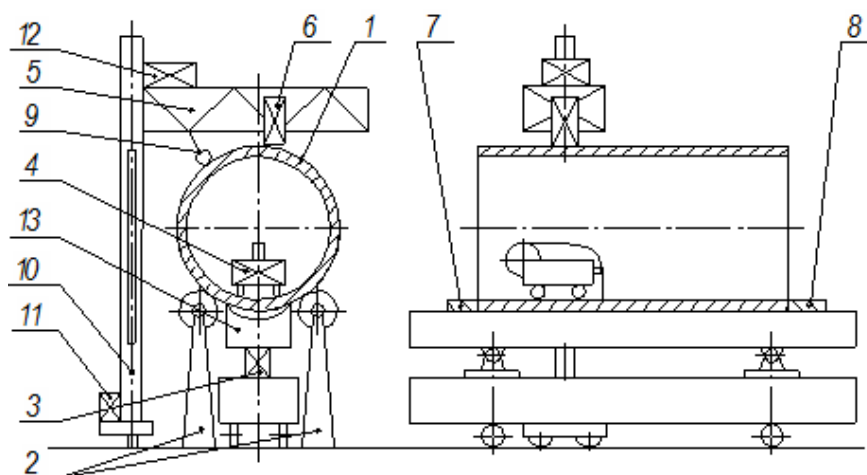


Рисунок 3.11 – Установка для сварки продольных и кольцевых стыков аппарата: 1 – обечайка; 2 – роликовый стенд; 3 – пневмоцилиндр флюсовой по-

душки; 4 – сварочный трактор; 5 – консольная балка (велобалкон); 6 – сварочный автомат; 7 – входная планка; 8 – выводная планка; 9 – концевой выключатель; 10 – велосипедная тележка; 11 – привод велосипедной тележки; 12 – привод велобалкона; 13 – флюсовый поджим

Опишем технологию сборки и сварки ёмкости.

1) Выполняется сварной шов №2. Укажем его основные параметры, приведенные в разделе 2:

- тип шва – стыковой (СШ);
- тип соединения – стыковое (С), двухстороннее, выполняемое с вводными планками;
- тип соединения по НД – [21] ;
- конструктивные параметры: $S = S_1 = 10,0$ мм; $e = 20 \pm 4$ мм; $b = 2 \pm 1,0$ мм; $g = 1,5 \pm 1,0$ мм;
- протяжённость шва – 2100,0 мм.

Установку обечайки осуществляем на роликовых опорах с пневмоприводом. Установим требуемый зазор в стыке при помощи винтовых стяжек представленных на рисунке 3.9. Стяжки разместим по обеим сторонам обечайки и по центру с шагом 400 мм, зазор в стыке $b=2\pm1$ мм. Величину зазора в стыке будем контролировать с помощью специальных щупов или калиброванной закаленной стальной проволоки.

Выставим минимальное превышение кромок в стыке Δ , не более допустимого, при помощи полуструбцин, расположенных в местах, где превышение кромок максимально. Максимально допустимое превышение кромок Δ составляет 2 мм. Прихватку полуструбцин произведем на принятом режиме сварки. Схема сборки стыка представлена на рисунке 3.12.

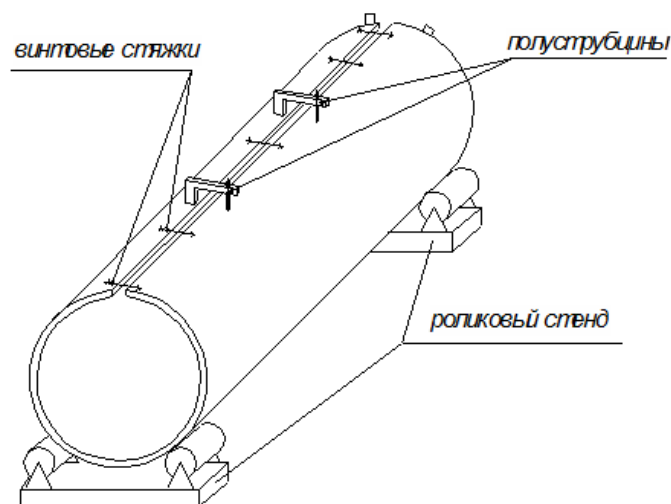


Рисунок 3.12 – Установка зазора и превышения кромок в стыке

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 7 - 8, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 60,0 – 80,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Сварку выполняем за два прохода (в два слоя).

Перед началом сварки необходимо удалить конец окисленной сварочной проволоки и установить флюсоудерживающее устройство

Род сварочного тока, полярность – постоянный ток обратной полярности (по).

Диаметр сварочной проволоки $d_{п.п.}$, применяемой при сварке 1-го (корневого) слоя, составляет 5,0 мм.

Сила сварочного тока – 550...600 А.

Напряжение на дуге – 34...36 В.

Скорость сварки – 33...38 м/с.

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.п.} = 45...55$ м/ч.

Величина вылета проволоки l_3 равно 50...60 мм.

После выполнения корневого слоя выполняется его зачистка от шлака и брызг металла до чистого металла.

Затем производится сварка второго слоя. Её параметры – те же.

Способ сварки второго слоя – под флюсом.

2) Затем производится сварка шва №1. Укажем его основные параметры, приведенные в разделе 2:

- тип шва – стыковой (СШ);
- тип соединения – стыковое (С), двухстороннее, выполняемое без вводных планок;
- тип соединения по НД – [21] (рисунок 2.5);
- конструктивные параметры: $S = S_1 = 10,0$ мм; $e = 20 \pm 4$ мм; $b = 2 \pm 1,0$ мм; $g = 1,5 \pm 1,0$ мм;
- диаметр, по которому выполняется сварка, – 1200,0 мм.

Рассмотрим наиболее сложный случай – приварку второго днища.

Установку обечайки осуществляем на роликовых опорах с пневмоприводом. Сборку цилиндрической части корпуса с первым днищем будем производить в горизонтальном положении на специальной установке. Способ сборки эллиптического днища представлен на рисунке 3.13.

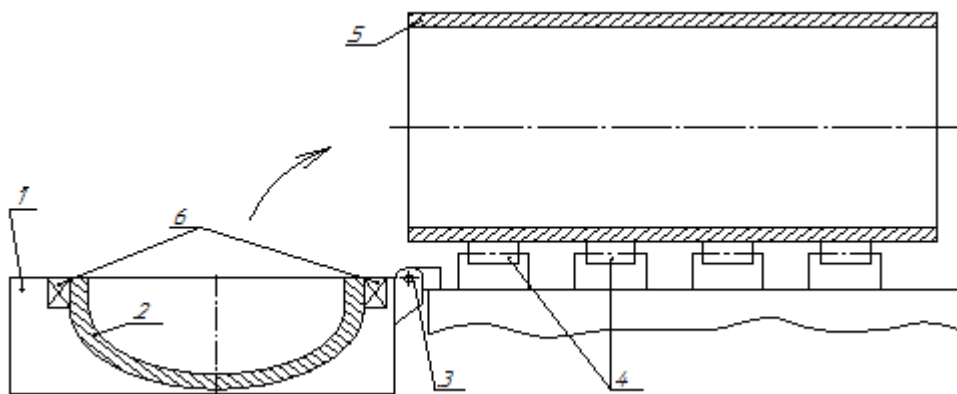


Рисунок 3.13 – Сборка эллиптического днища с корпусом : 1 – устройство или ложемент днища; 2 – днище, привариваемое к корпусу; 3 – поворотный механизм; 4 – роликовый стенд; 5 – корпус; 6 – пневмоцилиндры

Установим днище на ложемент и зафиксируем его при помощи 12 пневмоцилиндров, которые захватывают и удерживают его. При сборке эллиптических днищ с корпусом согласно ГОСТ Р 52630-2012 [33], сварные швы днищ не

должны совпадать с продольными швами корпуса и отстоять друг от друга на величину не менее трех толщин корпуса или днища, но не менее 100 мм.

Установим на торцевой поверхности днища щупы равные величине зазора в стыке. Величина зазора в стыке должна быть $b=2\pm 1$ мм по [21] для соединения С9.

Гидроподъемником поднимем ложемент и состыкуем днище с корпусом. Оставшиеся 12 пневмоцилиндров одновременно обеспечивают центрацию днища относительно оси корпуса.

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 14 - 15, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 60,0 – 80,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1).

Сварку выполняем за два прохода (в два слоя).

Перед началом сварки необходимо удалить конец окисленной сварочной проволоки и установить флюсоудерживающее устройство. Род сварочного тока, полярность – постоянный ток обратной полярности (по).

Диаметр сварочной проволоки $d_{пп}$, применяемой при сварке 1-го (корневого) слоя, составляет 5,0 мм.

Сила сварочного тока – 550...600 А.

Напряжение на дуге – 34...36 В.

Скорость сварки – 33...38 м/с.

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пп}$, равно 45...55 м/ч.

Величина вылета проволоки $l_э$, равно 50...60 мм.

После выполнения корневого слоя выполняется его зачистка от шлака и брызг металла до чистого металла.

Затем производится сварка второго слоя. Её параметры – те же.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Способ сварки второго слоя – под флюсом.

3) Затем приступаем к сварке шва № 3 с параметрами:

- тип шва – угловой (УШ);
- тип соединения – угловое (У), выполняемое без вводных планок;
- тип соединения по НД – У6 [17];
- конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_{\perp} = 8,0$ мм; $b = 1^{+1}_{-1}$ мм; $c = 1^{+1}_{-1}$ мм; $e = 14 \pm 2,0$ мм; $g = 1^{+1}_{-1}$ мм; $\alpha = 40^{\circ} \pm 2^{\circ}$;
- диаметр, по которому выполняется сварка – 518,0 мм.

Сборку обечайки, стоящей на роликовых опорах отверстием для люка вверх, с люком осуществляем с помощью кран-балки, устанавливающей люк относительно отверстия. Способ установки люка с обечайкой представлен на рисунке 3.14.

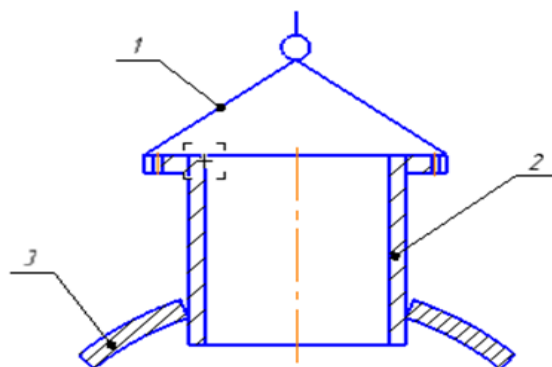


Рисунок 3.14 – Способ установки люка в корпус аппарата :1 – чалки; 2 – штуцер/люк; 3 – стенка ёмкости

Для установки люка будем использовать схему с заглублением люка в корпус аппарата. С помощью крана устанавливаем необходимую величину заглубления люка в корпус аппарата, затем в соответствии с требованиями по [18] выверяем позиционное отклонение оси люка (допускается не более ± 10 мм), отклонение по высоте люка (не должно быть более ± 5 мм) и перпендикулярность оси люка относительно корпуса (при помощи угольника). Выставление зазора производим по шаблону.

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 4, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки – 40,0 – 60,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1).

Перед началом сварки необходимо продуть шланг.

Сварку выполняем за 2 прохода.

Род сварочного тока, полярность – постоянный ток обратной полярности.

Диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, применяемой при сварке, составляет 1,2 мм.

Сила сварочного тока – 160...240 А.

Напряжение на дуге – 28...30 В.

Скорость сварки – 10...25 м/ч.

Вылет электродной проволоки – 8...18 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 320...330 м/ч.

После сварки шов необходимо зачистить заподлицо.

4) Далее производим приварку укрепляющего кольца люка - сварной шов № 4 с параметрами:

- тип шва – нахлесточный (НШ);
- тип соединения – нахлесточное (Н), выполняемое с вводными планками;
- тип соединения по НД – Н1
- конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_{\perp} = 10$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $B = 8^{+40}$ мм; $K = 16$ мм;
- протяжённость шва – 2720,0 мм.

Сборку деталей осуществляем роликовым стенде. Дополнительные приспособления не нужны. После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг ме-

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

ловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 4, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки – 40,0 – 60,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1).

Перед началом сварки необходимо продуть шланг.

Сварку выполняем за 2 прохода.

Род сварочного тока, полярность – постоянный ток обратной полярности (по).

Диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, применяемой при сварке, составляет 1,6 мм.

Сила сварочного тока – 165...198 А.

Напряжение на дуге – 23...28 В.

Скорость сварки – 25...30 м/ч.

Вылет электродной проволоки – 13...20 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 110...135 м/ч.

После выполнения сварного шва выполняется его зачистка от шлака и брызг металла до чистого металла.

5) В последнюю очередь выполняется сварка переходной накладке с опорой – сварное соединение № 5 с параметрами:

- тип шва – угловой (УШ);
- тип соединения – тавровое (Т), выполняемое без вводных планок;
- тип соединения по НД – Т1 [10];
- конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 10$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $e = 12,0$ мм, не менее; $g = 1,5 \pm 1,0$ мм; $\beta = 145^\circ$;
- протяжённость шва – 290,0 мм.

Для сборки деталей необходимо с помощью крана переместить обечайку на опору. Дополнительных приспособлений не требуется. После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защи-

тить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 2, по краям опоры. Протяженность каждой прихватки – 60,0 – 80,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Сварку выполняем в горизонтальном пространственном положении (Г1).

Перед началом сварки необходимо продуть шланг.

Сварку выполняем за 2 прохода.

Род сварочного тока, полярность – постоянный ток обратной полярности (по).

Диаметр сварочной проволоки $d_{\text{ПР}}$, применяемой при сварке, составляет 3,0 мм.

Сила сварочного тока – 165...198 А.

Напряжение на дуге – 23...28 В.

Скорость сварки – 25...30 м/ч.

Вылет электродной проволоки – 13...20 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 110...135 м/ч.

Приведённые параметры технологического процесса сварки используем при разработке операционных технологических карт сварки (приложения 2 - 8).

4. Контроль качества сварных соединений

4.1 Дефекты сварных соединений

Дефектами сварных соединений называют отклонения от установленных норм и требований, приводящие к снижению прочности, эксплуатационной надежности и точности, а также к ухудшению внешнего вида изделия. В зависимости от характера залегания дефекты в сварных соединениях разделяют на внешние и внутренние, сквозные и др.

Трещины являются наиболее опасными дефектами, резко снижающими статическую и циклическую прочность изделия. Трещины, образующиеся в процессе сварки, называют горячими, а после охлаждения металла, холодными.

Причина образования горячих трещин состоит в неблагоприятном сочетании низкой пластичности металла шва в процессе кристаллизации и повышении деформации растяжения в этот период. Меры борьбы с появлением горячих трещин заключаются в уменьшении сварочного тока и скорости сварки для улучшения коэффициента формы шва и предотвращения встречного роста кристаллов в центре шва, а также правильном выборе сварочного флюса и электродного металла. Элементами, способствующими образованию кристаллизационных трещин, являются сера, фосфор, углерод и кремний. Марганец при содержании до 1,8% уменьшает вредное влияние серы и углерода.

Опасность возникновения трещин уменьшается легированием металла шва элементами, тормозящими развитие полигонизационных границ. Такое действие могут оказывать хром, марганец, ванадий и молибден в коррозионностойких сталях.

Холодные трещины могут возникать в сварных соединениях из средне и высоколегированных сталей перлитного и мартенситного классов. Они

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

образуются в результате действия ряда факторов, основные из которых, сварочные напряжения, закалочные явления и водород.

Для предупреждения возникновения холодных трещин следует ограничивать перегрев свариваемого металла и принимать меры для уменьшения в нем количества неметаллических включений. Образование трещин затрудняется при уменьшении скорости охлаждения соединения. Предварительный или сопутствующий подогрев опасных участков соединений или всей свариваемой конструкции обычно полностью предотвращает возникновение в них трещин.

Подрезом называют местное уменьшение толщины основного металла у границы шва. Этот дефект приводит к уменьшению сечения изделия в околошовной зоне и резкой концентрации напряжений при одноосном или сложном нагруженном состоянии.

Кратером называют углубление, образующееся после обрыва дуги в конце шва. При усталостном нагружении кратер может быть источником образования и развития трещин.

Прожогом называют полость в шве, образовавшуюся в результате вытекания сварочной ванны.

Пористостью металла называют газовые полости, образовавшиеся в расплаве вследствие перенасыщения газами.

Непроваром называют несплавление либо между основным и наплавленным металлом, либо между отдельными валиками.

4.2 Выбор методов контроля качества

Контроль качества сварных работ при изготовлении крупногабаритной аппаратуры осуществляется в соответствии с настоящей инструкцией и состоит из:

- контроля присадочных материалов;
- контроля основного металла;

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

- контроля сборки и подготовки стыков под сварку;
- контроля выполнения установленной технологии и режимов сварки;
- контроля качества сварных соединений.

Перед запуском в производство сварочные материалы подвергаются контрольной проверке. При этом проверяется:

- Наличие сертификата поставщика и соответствие сертификатных данных требованиям нормативных документов или паспорта, для сварочной проволоки, электродов и флюса.

- Химический состав сварочной проволоки по углероду, хрому и молибдену.

Перед выполнением сварочных работ производится контроль качества подготовки соединения под сварку в соответствии с требованиями настоящей инструкции и рабочих чертежей. При этом выполняется:

- Правильность сборки.
- Отсутствие в местах сварки ржавчины, масла и других загрязнений.

Перед началом и в процессе сварочных работ контролируется:

- Порядок выполнения сварки в последовательности, предусмотренной техпроцессом.
- Соответствие марок присадочных материалов.
- Соблюдение режимов сварки.
- Температура подогрева сварного соединения.

Все сварные швы подлежат клеймению, позволяющему установить фамилию сварщика, выполняющего сварку.

Контроль качества сварочных работ начинается еще до того, как сварщик приступил к сварке изделия. При этом проверяют качество основного металла, сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и т.д.), заготовок, поступающих на сборку, состояние сварочной аппаратуры и качество сборки, а также квалификацию сварщиков. Все эти мероприятия носят название предварительного контроля.

В процессе сварки проверяют внешний вид шва, его геометрические размеры, производят обмер изделия, осуществляют постоянное наблюдение за исправностью сварочной аппаратуры, наблюдают за выполнением технологического процесса. Указанные операции составляют текущий контроль.

Последней контрольной операцией является проверка качества сварки в готовом изделии. Для этой цели существуют следующие виды контроля: просвечивание рентгеновскими или гамма-лучами, контроль ультразвуком, магнитные методы контроля, люминесцентный метод контроля, металлографические исследования, механические испытания.

Вид контроля качества готового изделия выбирают в зависимости от назначения изделия и требований, которые предъявляются к этому изделию техническими условиями или стандартом.

Контроль качества сварных соединений следует проводить следующими методами:

- визуально-измерительный;
- радиография, УЗД;
- гидравлическое;
- растяжение;
- изгиб.

В процессе изготовления выпускаемой продукции, производственный мастер оформляет заявку по форме №30 СТПО 584-177-82 на проведение контроля и предъявляет продукцию и заявку представителю ОТК, аттестованному на визуально-измерительный контроль (ВИК). При отсутствии несоответствий продукции требованиям стандартов, представитель ОТК подписывает заявку и передает ее и продукцию в ЛНМК.

– Внешним осмотром и измерениями контролируют сварные соединения всех типов, выполненные любыми способами сварки, независимо от их назначения и ответственности. Перед контролем сварной шов и прилегающая к нему поверхность основного металла – на ширину не менее 20 мм по обе

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

стороны шва — должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр.

Контроль размеров сварных швов выполняют измерительными инструментами или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. Геометрическая форма и размеры швов должны удовлетворять требованиям по [16] при автоматической и механизированной сварке.

Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва ГОСТ Р 526630-2006 [34].

По РД 03-606-03 [35], в выполненном сварном соединении визуально следует контролировать:

- отсутствие (наличие) поверхностных трещин всех видов и направлений;
- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений дефектов (пор, включений, скоплений пор и включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, западаний между валиками, грубой чешуйчатости, а также мест касания сварочной дугой поверхности основного материала);

- качество зачистки металла в местах приварки временных технологических креплений, гребенок индуктора и бобышек крепления термоэлектрических преобразователей (термопар), а также отсутствие поверхностных дефектов в местах зачистки;

- качество зачистки поверхности сварного соединения изделия (сварного шва и прилегающих участков основного металла) под последующий контроль неразрушающими методами (в случае, если такой контроль предусмотрен ПТД);

- наличие маркировки (клеймения) шва и правильность ее выполнения.

В соответствии с [35], в выполненном сварном соединении измерениями необходимо контролировать:

- размеры поверхностных дефектов (поры, включения и др.), выявленных при визуальном контроле;

- высоту и ширину шва, а также вогнутость и выпуклость обратной стороны шва в случае доступности обратной стороны шва для контроля;
- высоту (глубину) углублений между валиками (западания межваликовые) и чешуйчатости поверхности шва;
- подрезы (глубину и длину) основного металла;
- отсутствие непроваров (за исключением конструктивных непроваров) с наружной и внутренней стороны шва;
- размеры катета углового шва;
- отсутствие переломов осей сваренных цилиндрических элементов.

Одним из основных методов неразрушающего контроля является радиографический метод контроля. Данный вид контроля широко используется для проверки качества технологических трубопроводов, металлоконструкций, технологического оборудования, композитных материалов в различных отраслях промышленности и строительного комплекса. Радиографический метод контроля сварных соединений осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-86[36].

Радиографический контроль сварных соединений позволяет выявлять наличие в них пор, непроваров, шлаковых, вольфрамовых окисных и других включений, подрезов, трещин. Кроме того, радиографический контроль позволяет производить оценку величины выпуклости и вогнутости корня шва в недоступных для внешнего осмотра местах, например с противоположной стороны сварного шва.

Радиографический метод контроля основан на способности рентгеновских лучей проникать через металл и воздействовать на светочувствительную рентгеновскую пленку, расположенную с обратной стороны сварного шва. В местах, где имеются дефекты сплошности контролируемого материала (непровары, поры, трещины, шлаковые включения и др.), поглощение лучей будет меньше, и они будут более активно воздействовать на чувствительный слой рентгеновской пленки.

Ультразвуковой контроль проводится по ГОСТ 14782-86 [37].

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа и пьезо-электропреобразователя и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/ плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр.

Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так, например, по времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость распространения ультразвуковых волн в данном металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

Гидравлический метод контроля сварных изделий в зависимости от предъявляемых к ним требований может быть осуществлен тремя способами: гидравлическим давлением, наливанием воды и поливанием воды.

В данной выпускной квалификационной работе используется контроль течеисканием– гидравлическим давлением по ГОСТ 3242-79 [38].

Сущность способа заключается в том, что контролируемый объект заполняют рабочей жидкостью или водой, герметизируют, гидравлическим насосом создают в нем давление заданного предела, под которым выдерживают изделие в течение определенного времени. После этого контролируемый объект осматривают с целью обнаружения течи. Течь может быть выявлена по определению места отпотевания наружной поверхности или с применением в качестве индикатора фильтровальной бумаги, которой проявляется пятна рабочей жидкости. После обнаружения мест течи и регистрации величины утечек давление жидкости в контролируемом объекте сбрасывается.

Механическим испытаниям по ГОСТ 6996-66 [36] должны подвергаться контрольные стыковые сварные соединения в целях проверки соответствия механических свойств, требованиям правил и технических условий на изготовление сосуда. Обязательные виды механических испытаний: на

статическое растяжение, на статический изгиб или сплющивание. Из каждого контрольного сварного соединения должны быть вырезаны два образца для механических испытаний.

Квалификацию сварщиков проверяют: при установлении разряда, при допущении к выполнению ответственных сварочных работ, инспектируемых Ростехнадзором РФ, непосредственно перед изготовлением ответственной конструкции путем сварки и испытания контрольных образцов.

Разряд устанавливают согласно требованиям, предусмотренным тарифно-квалификационными справочниками. Испытание сварщиков перед допуском к ответственным работам производят по правилам аттестации сварщиков, утвержденным Государственным комитетом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору при правительстве РФ. Эти правила обязательны для всех министерств и ведомств.

После удовлетворительной сдачи испытаний специальной комиссии, создаваемой на заводе, сварщикам выдают удостоверение на право выполнения ответственных сварочных работ, где указывают конструкции, которые может сваривать сварщик. Сварщики, допускаемые к таким работам, должны проходить ежегодные практические и теоретические испытания. При сварке специальных сталей сварщики проходят дополнительные испытания.

Назначаем следующие методы контроля:

1) Для сварного соединения №1: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический/ультразвуковой – 100% сварного шва; на растяжение и статический изгиб – по 2 образца; на ударную вязкость – 3 образца; металлография – 1 образец; гидравлический;

2) Для сварного соединения №2: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический/ультразвуковой – 100% сварного шва; на растяжение и статический изгиб – по 2 образца; на ударную вязкость – 3 образца; металлография – 1 образец; гидравлический;

3) Для сварного соединения №3: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический/ультразвуковой – 100% сварного шва; цветная дефектоскопия; гидравлический;

4) Для сварного соединения №4: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; цветная дефектоскопия;

5) Для сварного соединения №5: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; цветная дефектоскопия.

4.3 Литературно - патентный обзор

Согласно ГОСТ Р 15.011-96 [40], патентное исследование это исследования 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, контроль качества сварных соединений корпуса одоранта.

Патентное исследование проводится в следующем порядке:

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

Целью данного патентного исследования является исследование технического уровня и тенденции развития контроля качества сварных соединений сборки и сварки корпуса одоранта

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 обеспечить качество и достоверность патентных исследований [40].

Объект поиска: технология контроля качества сварных соединений методом УЗК.

- Начало поиска: 7.05.18
- Завершение поиска: 31.05.18
- Страны поиска: Россия.
- Ретроспективность: 10

Основные элементы регламента приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Регламент поиска

Предмет поиска (объект исследования, его составные части, товар)	Страна поиска	Источники информации, по которым будет проводиться поиск								Ретро-спек- тив- ность	Наименование информационной базы (фонда)
		патентные		НТИ*		конъюнктур-ные		другие			
		Наимено-вание	Классифика- ционные руб-рики: МПК	Наимено-вание	Рубрики УДК* и другие	Наиме- нова- ние	Код то- ва- ра: ГС*, СМТК*, БТН*	Наим ено- вание	Клас- сифи- каци- он- ные ин- дексы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ультразву- ковой кон- троль сварных соеди- нений.	Россия	Федераль- ный инсти- тут про- мышлен- ной соб- ственности	МПК G01N29/26	журнал "Сварка и диагности- ка" ISSN 2071-5234 журнал «Сварочное производ- ство» ISSN	УДК 621.791.052:620.179.17	—	—	—	—	2007-2018	РОСПАТЕНТ www1.fips.ru
										2007-2018	www.elibrary.ru

Продолжение таблицы 4.1

Устрой- ство для УЗК свар- ных со- единений	Россия	Федераль- ный инсти- тут про- мышлен- ной соб- ственности	МПК G01N 29/04 G01N 29/26	журнал "Сварка и диагности- ка" ISSN 2071- 5234 жур- нал «Свароч- ное произ- водство» ISSN	УДК 621.791. 052:620. 179.17	— — — —	— — — —	2007- 2018 2007- 2018	РОСПАТЕНТ www1.fips.ru www.elibrary.ru

По [40] 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 своё название. Каждый раздел делится на классы. Класс состоит из индекса раздела и числа. Заголовок класса отражает его содержание. Класс *G01*- исследование или анализ материалов.

Каждый класс содержит от одного и более подклассов. Подкласс состоит из индекса класса и заглавной буквы алфавита. Заголовок подкласса с наибольшей точностью определяет содержание подкласса. Подкласс *G01N* – анализ твердых тел.

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.

Для проведения дальнейшего анализа были отобраны описания изобретений, представляющих собой контроля качества сварных соединений применяемых для сборки корпуса одоранта. Результаты проведённого поиска отображены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Патентная документация

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Клас- сификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Но- мер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
1	2	3	4
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	РФ Патент №2394235, G01N29/26	Медведев Дмитрий Петрович (RU), Стеблев Юрий Иванович (RU), Репин Андрей Аркадьевич (RU), Тимохин Александр Владимирович (RU), Модин Андрей Юрьевич (RU) № заявки 2009113267/28, приоритет от 09.04.2009 Дата публикации формулы изобре- та 10.07.2010	Способ ультразвукового кон- троля сварных соединений труб малого диаметра.
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2298180 G01N 29/04 G01N 29/26	Открытое акционерное общество "Нордин- крафт" (ОАО "Нординкрафт") (RU) № заявки 2005122963/28, , приоритет от 20.07.2005 Дата публикации формулы изобретения 27.04.2007	Устройство для ультразвуко- вого контроля листового про- ката.
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2339032, G01N 29/26	ОАО "Корпорация ВСМПО-АВИСМА" (RU) № заявки 2007112762/28, , приоритет от 05.04.2007	Устройство угловой ориента- ции ультразвуковых датчиков.

Продолжение таблицы 4.2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Клас- сификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Но- мер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
1	2	3	4
		Дата публикации формулы изобретения 20.11.2008	
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2351926 G01N 29/04 Gf1N 29/26	Федеральное государственное учреждение "13 Государственный научно- исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации" (RU) № заявки 2007114633/28, , приоритет от 18.04.2007 Дата публикации формулы изобретения 27.10.2008	Установка измерительная ульт- развуковая и механоакустиче- ский блок для нее.
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	РФ Патент №2394235, G01N 29/26	ООО "Сервис-Центр-Автоматика" (RU) заявки 2009113267/28, , приоритет от 09.04.2009 Дата публикации формулы изобретения 10.07.2010	Способ ультразвукового кон- троля цилиндрических изде- лий, в том числе труб, и устройство для его осущест- вления.
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	РФ Патент №2442156, G01N 29/26	Открытое акционерное общество "Госу- дарственный ракетный центр имени акаде- мика В.П. Макеева" (RU) № заявки:2010125430/28, , приоритет от 21.06.2010 Дата публикации формулы изобретения 10.02.2012	Способ ручного ультразвуко- вого контроля.
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2469311,	ЭЙРБАС ОПЕРЭЙШНЗ ЛИМИТЕД (GB) № заявки:2011104430/28, , приоритет от	Устройство для ультразвуко- вого контроля изделия, имею-

Продолжение таблицы 4.2

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Клас- сификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Но- мер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
1	2	3	4
	G01N 29/26	24.07.2008 Дата публикации формулы изобретения 27.08.2012	щего сложный контур.
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2469312, G01N 29/26	ЭЙРБАС ОПЕРЭЙШНЗ ЛИМИТЕД (GB) № заявки 2011104429/28, , приоритет от 24.07.2008 Дата публикации формулы изобретения 27.08.2012	Устройство для ультразвуко- вого контроля с твердым кон- тактным элементом.
Устройство для УЗК сварных соединений	РФ Патент №2297627, G01N 29/26	Курочкин Александр Сергеевич (RU), Вопилкин Алексей Харитонович (RU), Моторков Георгий Анатольевич (RU), Виногоров Сергей Геннадьевич (RU) № заявки 2005139585/28, , приоритет от 19.12.2005 Дата публикации формулы изобре- тения: 20.04.2007	Устройство для ультразвуко- вого контроля.
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	РФ Патент №2397491, G01N 29/26	Кириков Андрей Васильевич (DE), Бритвин Владимир Александрович (RU) № 2009115607/28, , приоритет от 27.04.2009 Дата публикации формулы изобре- тения: 20.08.2010	Способ ультразвукового кон- троля цилиндрических изде- лий, в том числе труб, и устройство для его осущест- вления.

Для проведения дальнейшего анализа используется научно-технический и производственный журнал по «сварке, контролю и диагностики» по [41]. Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-47389 от 23 ноября 2011 г.

Рецензирование научных статей, предлагаемых к публикации в издании, осуществляют главный редактор, члены редколлегии или приглашенные эксперты-специалисты по предметным областям в форме одностороннего анонимного («слепое») рецензирования. Все принятые авторские материалы (рукописи) подвергаются «обезличиванию» для последующей передачи на рецензирование. Результаты проведенного поиска приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Научно-техническая, конъюнктурная, нормативная документация и материалы государственной регистрации (отчеты о научно-исследовательских работах)

Предмет поиска	Наименование источника информации с указанием страницы источника	Автор, фирма (держатель) технической документации	Год, место и орган издания (утверждения, депонирования источника)
1	2	3	4
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	журнал «Сварка и диагностика» УДК 621.791.052:620.179.16 Ультразвуковой голографический контроль тройников магистральных газопроводов	М. В. Григорьев, ФГУ «НУЦ “Сварка и контроль”» при МГТУ им. Н. Э. Баумана), Е. Г. Базулин, А. Х. Вopilкин, С. В. Ромашкин, Д. С. Тихонов, канд. техн. наук, ООО «Научно-производственный центр неразрушающего контроля “ЭХО+”»	Москва «Наука», МИАК «Наука/Интерпериодика» 2009, №3
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	УДК 621.791.052:620.179.17 Современное состояние и перспективы развития автоматизированного ультразвукового контроля на примере разработок ИЭС им. Е. О. Патона	Б. Е. Патон, акад. НАН Украины, В. Л. Найда, инж., С. А. Малинка, инж. ИЭС им. Е. О. Патона office@ndt-paton.com.ua	№6-2009
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	УДК 620.179.162:534.87 Применение метода фронтальной проекции в спектральном пространстве для ультразвукового	А С Вopilкин А.Х., д-р техн. наук, Коколев С.А., Тихонов Д.С.	

Продолжение таблицы 4.3

контроля трубопроводов		ООО «Научно-производственный центр «ЭХО+»	№1-2015
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	УДК 621.791.052:620.179.17 Ультразвуковой контроль. Проблемы и их решения в тепловой и атомной энергетике	Д. М. Давыдов, инж. ОАО «НПО "ЦНИИТМАШ"»	№2-2010
Устройство для УЗК сварных соединений	УДК 621.791.052:620.179.16 Универсальный стенд для исследований в области ультразвуковой дефектоскопии	Н. П. Алёшин, академик РАН, М. М. Сыркин, канд. техн. наук МГТУ им. Н. Э. Баумана	№2-2013
Ультразвуковой контроль сварных соединений.	УДК 620.179.16 Использование моделирования для оптимизации методик УЗК	В.Г. Бадалян, д-р техн. наук, Е.Г. Базулин, канд. физ.-мат. наук, А.Е. Базулин, канд. техн. наук, П.Ф. Самарин, канд. физ.-мат. наук, Д.С. Тихонов, канд. техн. наук ООО «Научно-производственный центр «ЭХО+»	№6-2014

Выполненный патентно-информационный поиск показал, что ультразвуковой контроль сварных соединений широко применяется для контроля сварных соединений. В период с 2007 по 2018 г. в РФ зарегистрировано патентов:

- по способу УЗК – 4 патента;
- по устройствам УЗК – 6 патентов.

Поиск научно-технической информации показал, что основные публикации по вопросам УЗК сварных соединений сосредоточены в журнале «Сварка и диагностика». В период с 2007 по 2018 г. в журнале опубликовано 6 статей, в том числе

- обзор методов УЗК – 2 статьи;
- применение методов УЗК для контроля трубопроводов – 2 статьи;
- моделирования для оптимизации методик УЗК – 1 статья;
- разработка универсального стенда для ультразвуковой дефектоскопии – 1 статья.

Основными направлениями исследований в области УЗК сварных соединений металлических материалов являются

- разработка устройств для УЗК различных типов сварных соединений;
- совершенствование методов и методик УЗК.

Из результатов патентно-информационного поиска можно сделать следующие выводы. Ультразвуковой контроль является надёжным способом выявления дефектов сварных швов, полученных различными способами электродуговой сварки. Разработка устройств для УЗК способствует обеспечению высокого качества сварных соединений. Совершенствование методов и методик УЗК связано с расширяющимися возможностями моделирования и развития приборной базы.

5. Проектирование средств технологического оснащения

В данной работе предлагается использовать для сборки и сварки продольных и кольцевых швов обечайки и сварки обечайки кольцевыми швами с днищами роликовый стенд М61071 и велосипедную тележку ВТ-3 изображенный на рисунке 5.1.

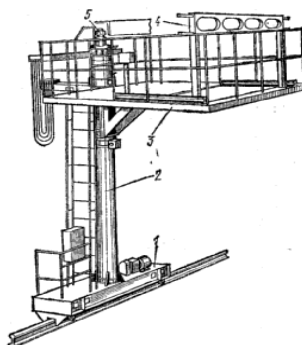


Рисунок 5.1 – Велосипедная тележка с балконом : 1 – самоходная платформа; 2 – стойка; 3 – балкон; 4 – направляющая для сварочного аппарата; 5 – верхний ролик

Все сварные соединения выполняются на роликовых опорах. Принимаем роликовый вращатель М61071. Роликовый стенд предназначен для вращения длинных цилиндрических изделий при автоматической сварке продольных и кольцевых швов. Его технические характеристики указаны в таблице 5.1.

Роликовый стенд предназначен для вращения цилиндрических изделий с маршевой скоростью с целью их установки в удобное положение для сборки и сварки продольных швов, а также со сварочной скоростью при различных видах сварки кольцевых швов.

Вращатель состоит из одной приводной и одной неприводной секций, устанавливаемых на фундамент.

Приводная секция представляет собой раму, на которой установлены две приводные роlikоопоры, каждая из которых имеет свой привод вращения. Управление приводами осуществляется от общего шкафа управления, закрепленного на раме.

Таблица 5.1 – Технические характеристики роликового вращателя
М61071

Наименование параметров	Значения
1	2
Крутящий момент на оси вращения приводных роликов, Н·м, не менее	2000,0
Наибольшая грузоподъемность, кг	20000,0
Наружный диаметр роликов, мм	400,0
Диаметр свариваемых изделий, мм.	
Наибольший, мм	4000,0
Наименьший, мм	400,0
Угловой люфт приводного ролика, градусы, не более (не более 3 мм на радиус 200 мм)	0,8
Скорость вращения приводных роликов, об/мин	
Наименьшая, не более	0,075
Наибольшая, не менее	2,5
что при ролике диаметром 400 мм соответствует скорости вращения изделия, м/с	
Наименьшей	0,0016
Наибольшей (маршевой)	0,0523
Количество приводных секций, шт.	1
Количество неприводных секций, шт.	1
Габаритные размеры ДхШхВ, мм	
Приводной	3350×695×560
Неприводной	2684×530×560
Масса, кг	1310
Род тока питающей сети	переменный
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	380
Установленная мощность, кВт, не более	3,0

Не приводная секция представляет собой раму, на которой установлены две неприводные роlikоопоры.

Настройка вращателя на заданный диаметр свариваемого изделия производится перемещением роlikоопор на секциях с помощью винтовой передачи до совмещения стрелки на роlikоопоре и соответствующим делением на линейке, кроме того, перемещение роlikоопоры позволяет уменьшить или ликвидировать осевое перемещение свариваемого изделия.

Это сварочное оборудование предназначено для вращения цилиндрических изделий со сварочной скоростью при автоматической сварке внутренних и наружных кольцевых швов, а также для установки изделий на маршевой скорости в положение, удобное для ручной и полуавтоматической сварки. С помощью вращателей достигается рациональное расположение сварочного участка, за счет чего сокращается вспомогательное время на сварку до минимума.

Тележки для сварки кольцевых швов (для несамоходных сварочных аппаратов) и кольцевых и коротких прямолинейных швов (для самоходных аппаратов) имеют только маршевую скорость перемещения. Тележки для сварки кольцевых и длинных прямолинейных швов имеют наряду с маршевой и рабочую (сварочную) скорость перемещения.

Велосипедная тележка перемещается по двум рельсам, расположенным в вертикальной плоскости один над другим. Велосипедную тележки монтируют из колонн, устанавливаемых на самоходные двухколесные платформы, перемещающиеся по верхнему (направляющему) рельсу, удерживающие тележку от опрокидывания. Эта тележка занимает сравнительно небольшую производственную площадь, но может располагаться только у стены цеха, так как при ее размещении в середине пролета требуется устройство специальной металлоконструкции для крепления верхнего рельса. В некоторых случаях верхний рельс закрепляют на цеховых колоннах. Этот способ может быть применен только при достаточной жесткости колонн, так как в противном случае, при проходе мостового крана, колебания колонн будут передаваться

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

сварочному аппарату, что снизит качество шва. Во избежание этого иногда крепление кронштейнов, поддерживающих верхний рельс, к цеховым колоннам осуществляют с помощью резиновых амортизирующих прокладок.

Технические характеристики велотележки ВТ-3 приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2– Технические характеристики велотележки ВТ-3

Параметры	Значения
Высота уровня сварки, мм	2200,0...4800,0
Расстояние между осями стойки и электрода, мм	2240,0...2440,0
Наибольшая длина швов, мм	2500,0
Скорость перемещения тележки, м/мин:	10
Маршевая	
Габаритные размеры, мм	4500×3900×7000
Масса, кг	5300

Проведём расчет скорости вращения обечайки.

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки:

$$v_{CB} = 33...38 \text{ м/ч} \approx 0,6 \text{ м/мин}$$

Формула, связывающая линейное и вращательное движение:

$$v_{CB} = \omega \cdot R, \quad (5.1)$$

где ω – угловая скорость вращения обечайки ,об/мин;

R – радиус обечайки, м.

Тогда формула скорости вращения обечайки на роликовом стенде будет выглядеть следующим образом:

$$\omega = \frac{v_{CB}}{R}, \quad (5.2)$$

$$\omega = \frac{0,6}{1} = 0,6 \text{ об/мин}$$

Таким образом, роликовый стенд обеспечивает вращение обечайки со

сварочной скоростью для сварки кольцевых швов, так как это значение входит в диапазон допустимых скоростей вращения роликов (0,075...2,5 об/мин).

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В соответствии с исходными данными – чертежом и техническими требованиями к сварной конструкции - проведена разработка усовершенствованной технологии сборки и сварки корпуса одоранта; для обеспечения равнопрочности сварных швов с основным материалом подобраны соответствующие сварочные материалы, выбраны способы получения неразъёмного соединения и оборудование, необходимое для сварки конструкции; рассчитаны режимы сварки, приведены сведения о методах контроля сварных соединений.

Для увеличения производительности и повышения качества сварных швов, произведена замена ручной дуговой сварки люка, его укрепляющего кольца, опор на механизированную сварку в среде CO₂, заменена газо-пламенной резки на плазменную и Заменена установка люка с помощью кран-балки.

Разработанная технология сборки и сварки изделия позволяет обеспечить следующие технико-экономические показатели:

- стабильность производства;
- высокое качество сварных швов;
- снижение затрат на материалы;
- увеличение производительности.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Список использованных источников

1. Система стандартов безопасности труда. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний [Текст]: ГОСТ 12.1.011-78.–Введ. – 01.07.79.
2. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 19281-2014
3. 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, 39с.: ил.
4. Лапы опорные подвесных вертикальных сосудов и аппаратов. Основные размеры[Текст]: ГОСТ 26296-84. – Введ. 1985-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 16 с.: ил.
5. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ Р 52630-2012. – Введ. – 2013-04-01. –М.:Стандартинформ, 2012. – IV, 82с.: ил
6. Об утверждении правил проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных[Текст]: ПБ-03-584-03. – Введ. – 2003-06-10. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – II,57с.: ил.
7. Об утверждении правил проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных[Текст]: ПБ-03-584-03. – Введ. – 2003-06-10. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – II,57с.: ил.
8. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Текст] ПБ 03-540-03
9. Грунтовки фл-03к и фл-03ж. Технические условия[Текст]ГОСТ 9109-81
10. Маркировка грузов [Текст.]ГОСТ 14192-77
11. Технологичность конструкций и изделий. Термины и определения. ГОСТ 14.205-83

12. Система технологической подготовки производства. ГОСТ 14.201.-
83

13. Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов.
Технические условия.[Текст] ГОСТ 17032-2010 – Введ. 01.01.2012.-I, 15 с.:ил

14. Прокат листовой, из углеродистой, низколегированной и
легирован-ной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением.
Технические условия.[Текст] ГОСТ 5520-79 – Введ.01.01.1980.-I,19 с.: ил.

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

16. Сталь углеродистая обыкновенного качества[Текст]. ГОСТ 380 –
2005

17. Резервуары стальные, горизонтальные для нефтепродук-
тов[Текст] ГОСТ 17032-2010

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

19. Система стандартов безопасности труда. Устройства электросварочные и
для плазменной обработки. Требования безопасности [Текст]: ГОСТ
12.2.007.8-75 .–Введ.01.03.1977. М.:16 с. ил.

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

21. Сосуды и аппараты сварные стальные. Соединения из разнород-
ных сталей. [Текст] РД РТМ 26-298-78–Введ.01.01.1979.- I , с.43.:ил.

22. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, кон-
структивные элементы и размеры. [Текст] ГОСТ 8713-79–Введ.01.01.1981.- III,
с. 63.:ил.

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.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

24. **Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.** [Текст] ГОСТ 23518-79– Введ.01.01.1980.-II, с.27.:ил.

25. **Оборудование для сварки кольцевых швов. Типы, основные параметры и размеры**[Текст]. ГОСТ 30261-96 –Введ.11.09.97.I.6 с.:ил.

26. **Прокат. Листовой горячекатаный. Сортамент** [Текст]. ГОСТ 19903-2015. –Введ 01.02.2015,-I,9 с.

27. **Приспособления сборно-разборные переналаживаемые для сборки деталей под сварку. Типы, параметры и размеры** [Текст]. ГОСТ 31.2031.01-91. Введ 15.02.91.,- II.17 с.:ил.

28. **Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.** [Текст] ГОСТ 23518-79– Введ.01.01.1980.-II, с.27.:ил.

29. **Флюсы Сварочные Плавленные. Технические Условия.**[Текст] ГОСТ 9087-81–01.01.1982.- III, с.11.:ил.

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

31. **Сварка в химическом машиностроении. Основные положения** [Текст] ГОСТ 26.260.3–01.01.1982.- III, с.11.:ил.

32. **Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.** [Текст] РД 03-495-02– Введ. 02.06.2002.- I, с. 32.:ил.

33. **Выпрямители однопостовые с падающими внешними характеристиками для дуговой сварки. Общие технические условия.** ГОСТ 13821-77– Введ 15.02.1977, -V, 12с.:ил.

34. **Материалы электроизоляционные для электрических машин, трансформаторов и аппаратов. Классификация по нагревостойкости.** [Текст] ГОСТ 8865-70 – Введ. 01.07.1971, - II, 18 с.: ил

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

35. **Сосуды и аппараты стальные сварные .Общие технические условия .** [Текст] ГОСТ Р 52630-2012 Введ. 27.12 2006 г., I, 121с.

36. **Инструкция по визуальному и измерительному контролю.** [Текст] РД 03-606-03– Введ. 21.06.2003. III ,53 с.: ил.

37. **Контроль неразрушающий соединения сварные. Радиографический метод.**[Текст] ГОСТ 7512-86 – Введ. 01.01.84,I,80 с.: ил.

38. **Сварные соединения. Ультразвуковой контроль.** [Текст] ГОСТ 14782-86 – Введ.01.01.88, II,25 с.: ил.

39. **Сварные соединения. Методы контроля качества.**[Текст] ГОСТ 3242-79 – Введ. 01.01.88,-I,10 с.: ил.

40. **Сварные соединения. Методы определения механических свойств.** [Текст] 6996-66 – Введ. 28.01.1967,-III ,83 с .:ил.

41. **Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.Общие требования.**[текст] ГОСТ Р 15.011-96 – Введ. 30.01.1996.-сорок, 22 с.: ил

42. **Николай Павлович Алёшин «Сварка и диагностика»:** [Текст] /Н.П. Алешин //,2007.-6. С 64

Приложения

Маршрутный технологический процесс

1) Правка проката.

Правку осуществлять созданием местной пластической деформации в холодном состоянии. Очистку поверхности листов от грязи и ржавчины производить с помощью щётки и шабера.

2) Резка проката.

Раскрой листов производить на гильотинных ножницах, при вырезке деталей больших размеров или сложной формы – на машине термической резки с числовым программным управлением по составленной программе.

3) Маркировка.

4) Правка на вальцах с точностью 1 мм на 1 м.

5) Разметка и строжка заготовок по контуру со снятием припуска на кромкострогальном станке.

6) Зачистка кромок под сварку на ширине 30 мм от торца с двух сторон.

7) Вальцовка листа по R1000.

8) Сбор стыков обечаек под сварку, смещение кромок не более 1 мм.

9) Прихватка стыков, зачистка прихваток.

10) Сварка обечаек по технологической карте сварки с зачисткой корня шва.

11) Зачистка шва от шлака.

12) Калибровка обечаек, овальность не более 2 мм.

13) Сборка обечаек между собой и их сварка.

14) Сборка с одним днищем, сварка.

15) Разметка и вырезка отверстий под люки, штуцера и патрубки.

16) Сборка со вторым днищем, сварка.

17) Сборка и прихватка обечайки с люками, укрепляющими кольцами для них, с технологическими рёбрами, сварка.

18) Сборка, прихватка и сварка люков.

19) Сварка обечайки с опорами.

20) Контроль согласно карте контроля сварных швов.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Типовая карта технологического процесса сварки сварных соединений № 1,2 АФм (12)/С9

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 8713-79, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	АФ (12)
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1200 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С9 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	зк
11	Форма подготовки кромок	Односторонняя разделки кромок
12	Положение при сварке	Н1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	-
14	Режимы подогрева	Без подогрева
15	Режимы термообработки	Без термообработки
16	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

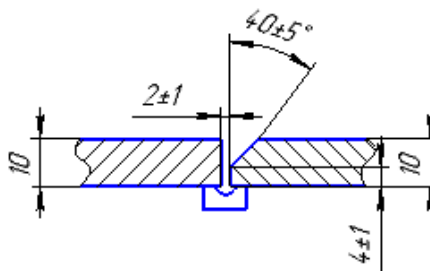
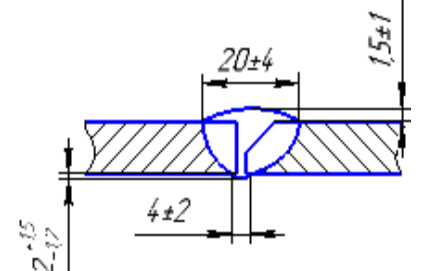
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва
	

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

Толщина, мм S=S ₁	Ширина шва, мм e = e ₁	Зазор, мм		Выпуклость, мм g		Диаметр проволоки, мм	Количество проходов
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред.о ткл.		
10,0	19±2	2	±1	2	+1,0 -1,0	5,0	2

Сварочное оборудование (тип): А10 совместно с А3.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихваткам: количество прихваток – 7 - 8, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 60,0 – 80,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва: -

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
						112

Параметры процесса сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряже- ние дуги, В	Величина вылета про- волоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
Шов №1	5,0	Посто- янный, обрат- ная	550...600	34...36	50...60	45...55	33...38
Шов №2	5,0	Посто- янный, обрат- ная	550...600	34...36	50...60	45...55	33...38

Технологические требования к сварке:

- Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и т. д. на ширине не менее 100 мм.
В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим спосо-
бом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности. Сборку проводить только после контроля ОТК
чистоты кромок и соответствия их чертёжным размерам.
- Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.
Провести визуальный контроль прихваток после их очистки.
Сварку выполнять только после контроля отделом ОТК соответствия сборки чертёжным размерам и от-
сутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим пу-
тём и заварены вновь с последующим контролем.
- Каждый проход (валик) тщательно зачищать от шлака и брызг металла. Провести визуальный контроль.
Шов охлаждать после каждого прохода до температуры ниже 100 ° С.
- Швы выполнять с минимальными выпуклостью и шириной.
- Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – на флюсовой подушке.
- Выбрать корень шва до чистого металла.
- Сварить шов №2 до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – под слоем флюса.
- Провести визуальный, измерительный и другие виды контроля шва, приведённые ниже.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем Контроля
Визуальный	РД 03-606-03	ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012	11 00%
Измерительный	РД 03-606-03		11 00%
Радиографический	ГОСТ 7512-82		21 00%
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		11 00%
Металлография	РД 24.200.04-90		31 образец
На растяжение	ГОСТ 6996-66		22 образца
На статический из- гиб	ГОСТ 6996-66		22 образца
На ударную вяз- кость	ГОСТ 6996-66		33 образца
Гидравлический	РД 24.200.11-90		

Разработчик: _____ Альдикаев И.Р.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№3 УП (131)/У6**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76, ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	МАДП (131)
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм; 8,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	518 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Угловое, У6 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, зк
11	Форма подготовки кромок	Со скосом кромок, с/р
12	Положение при сварке	Н1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	-
14	Режимы подогрева	Без подогрева
15	Режимы термообработки	Без термообработки
16	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

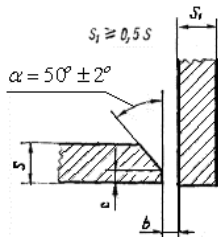
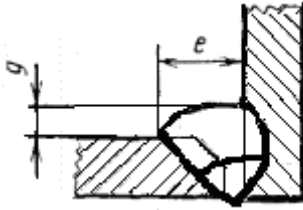
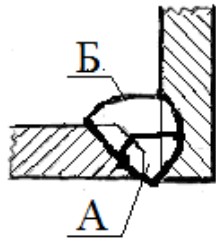
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S; S ₁ , мм	N	b, мм		c, мм		e, мм		g, мм		α, °	
		Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.
10; 8	2	1,0	±1,0	1,0	±1	14,0	±2	1,0	±1	40	±2

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с А3.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихватке: количество прихваток – 4, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки – 40,0 – 60,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: углекислый газ ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						114

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Расход газа (смеси) в свароч- ной горел- ке, л/мин	Ско- рость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Про- ход №1	1,2	Посто- янный, обратная	160...240	32...34	10...25	320...330	18...20	8...18
Про- ход №2	2	Посто- янный, обратная	360...440	32...34	20...30	270...280	18...20	15...25

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищен-
ны от загрязнений, масел и т. д. на ширине не менее 100 мм.

В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим
способом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности. Сборку проводить только после кон-
троля ОТК чистоты кромок и соответствия их чертёжным размерам.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

Провести визуальный контроль прихваток после их очистки.

Сварку выполнять только после контроля отделом ОТК соответствия сборки чертёжным размерам и
отсутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механиче-
ским путём и заварены вновь с последующим контролем.

3. Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.

4. Продуть шланг.

5 Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.

6. Шов тщательно зачистить от илака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100 °
С.

6. Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.

7. Шов тщательно зачистить от илака и брызг металла.

8. Провести визуальный, измерительный и другие виды контроля шва, приведённые ниже.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику Контроля	НД на оценку качества	Объем Контроля
Визуальный	РД 03-606-03	ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012	11 00%
Измерительный	РД 03-606-03		11 00%
Радиографический	ГОСТ 7512-82		21 0%
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		21 00%
Цветная дефекто- скопия	ГОСТ 18442-80, ОСТ 26-5-99		21 00%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		

Разработчик: _____ Альдикаев И.Р.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№4 УП (131)/Н1**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76, ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	УП (131)
3	Основной материал (марки)	09Mo1
4	Основной материал (группа)	1 (M01)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм; 10,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	Плоские детали
8	Тип шва	НШ
9	Тип соединения	Нахлесточное, Н1 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, зк
11	Форма подготовки кромок	Без разделки, б/р
12	Положение при сварке	Н1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	-
14	Режимы подогрева	Без подогрева
15	Режимы термообработки	Без термообработки
16	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

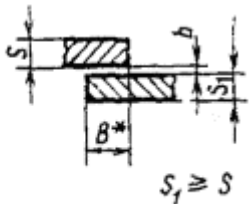
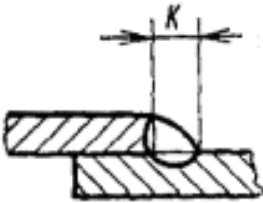
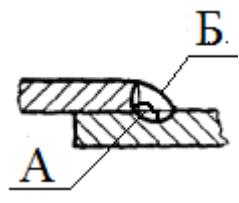
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
 <p>* Размер для справок.</p>		

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

S, мм	S 1, мм	N	b, мм		B, мм		K, мм	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред.от кл.	Номин.	Пред.от кл.
10,0	10,0	2	0	+1,0	8	+32,0	16,0	<u>+1</u>

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с АЗ.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихватке: количество прихваток – 4 - 5, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 40,0 – 60,0 мм. Высота прихваток – 6,0 – 7,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: углекислый газ ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проход №1	1,6	Постоянный, обратная	165...198	23...28	13...20	110...135	18...20	13...20
Проход №2	1,6	Постоянный, обратная	210...330	29...35	13...20	273...337	18...20	13...20

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и т. д. на ширине не менее 100 мм.

В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим способом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности. Сборку проводить только после контроля ОТК чистоты кромок и соответствия их чертёжным размерам.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

Провести визуальный контроль прихваток после их очистки.

Сварку выполнять только после контроля отделом ОТК соответствия сборки чертёжным размерам и отсутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путём и заварены вновь с последующим контролем.

3. Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.

4. Продуть шланг.

5 Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.

6. Шов тщательно зачистить от илака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100 °С.

7. Провести визуальный, измерительный и другие виды контроля шва, приведённые ниже.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	РД 03-606-03	ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012	11 00%
Измерительный	РД 03-606-03		11 00%
Цветная дефектоскопия	ГОСТ 18442-80, ОСТ 26-5-99		11 00%

Разработчик: _____ / Альдикаев И.Р./

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14.М01101.ПЗ	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№5 УП (131)/Т1**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 23518-79, ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	МАДП (131)
3	Основной материал (марки)	09М01
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм; 10,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	Плоские детали
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Тавровое, Т1 ГОСТ 23518-79
10	Вид шва соединения	ос, зк
11	Форма подготовки кромок	Без разделки, б/р
12	Положение при сварке	Г1
13	Вид покрытия электродов (для РД)	-
14	Режимы подогрева	Без подогрева
15	Режимы термообработки	Без термообработки
16	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

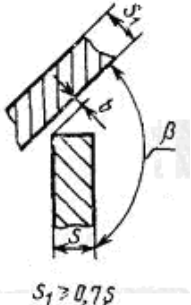
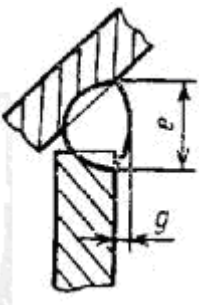
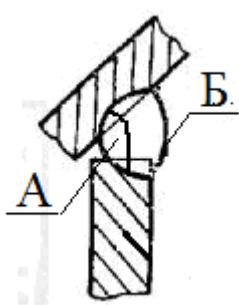
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S, мм	S 1 , мм	N	b, мм		e, мм	g, мм		β, град
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Номин.	Пред.от кл.	
10,0	10,0	2	0	+1,0	12+3	1,5	+1,0	145

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с АЗ.

Метод подготовки и очистки: механический.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: СО₂ ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Расход газа (смеси) в свароч- ной горел- ке, л/мин	Ско- рость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Про- ход №1	1,6	Посто- янный, обратная	165...198	23...28	13...20	110...135	18...20	13...20
Про- ход №2	1,6	Посто- янный, обратная	210...330	29...35	13...20	273...337	18...20	13...20

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очище-
ны от загрязнений, масел и т. д. на ширине не менее 100 мм.

В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим
способом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности. Сборку проводить только после кон-
троля ОТК чистоты кромок и соответствия их чертёжным размерам.

2. Собрать. Сварку выполнять только после контроля отделом ОТК соответствия сборки чертёжным
размерам.

3. Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.

4. Продуть шланг.

5 Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.

6. Шов тщательно зачистить от шлака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100 °
С.

7. Провести визуальный, измерительный и другие виды контроля шва, приведённые ниже.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	РД 03-606-03	ТР ТС 032/2013, ГОСТ Р 52630-2012	11 00%
Измерительный	РД 03-606-03		11 00%
Цветная дефектоско- пия	ГОСТ 18442-80, ОСТ 26-5-99		11 00%

Разработчик: _____ Альдикаев И.Р.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14 М01101.ПЗ	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		