

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 аппарата
емкостного КАЕ 3615-242 из стали 12Х18Н10Т»

Студент

Сараев 15.06.18 Сараев Артем Сергеевич
(подпись, дата) (ф.и.о. полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

Кривенков А.О.
15.06.18 (фамилия, инициалы)
Кривенков (подпись, дата)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

Хорин А.В.
16.06.18 (фамилия, инициалы)
Хорин (подпись, дата)

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

Заведующий кафедрой

Логинов О.Н.
18.06.18 (фамилия, инициалы)
Логинов (подпись, дата)

Работа защищена с отметкой удовлетворительно (протокол заседания ГЭК от 18.06.2018 № 8)

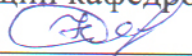
Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

Гуськов М.С.
18.06.2018 (фамилия, инициалы)
Гуськов (подпись, дата)

Пенза 2018

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

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

« 06 » 03 2018 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»

Сараев Артем Сергеевич.

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент Кривенков А.О.

Время выполнения ВКР: с 6.03.2018 г. по 01.07.2018 г.

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

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса аппарата емкостного КАЕ 3615-242 из стали 12Х18Н10Т.

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 173/О от 06 марта 2018 г.

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

- производство: мелкосерийное;
- Аппарат емкостной предназначен для приема, хранения и выдачи водно-органических отходов.

Объем и содержание основной части работы

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

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

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов)

- | | |
|--|--------|
| - общий вид аппарата | 1л А1; |
| - технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - схема сборки и сварки аппарата | 1л А1; |
| - контроль сварных соединений и КСС | 1л А1; |
| - средства технологического оснащения | 1л А1; |
| - детализовка | 1л А1. |

Рекомендуемая литература:

1. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ Р 52630-2012. - Введ. 29-11-2012. - М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. - 195 с.: ил.

2. **Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных** [Текст]: ПБ 03-584-03. - Введ. 10-06-2003. - М.: Изд-во ЗАО НТЦ ПБ, 2009. - 103 с.: ил.

Дата выдачи задания: 06.03.2018 г.

Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент

 А.О. Кривенков

Задание к исполнению принял студент

гр. 14МО1

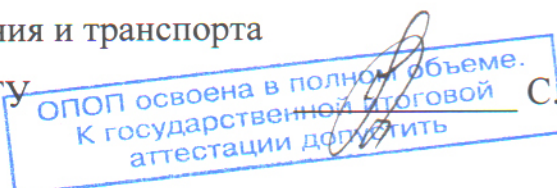
 А.С. Сараев

06 марта 2018 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ



 С.Ю. Киреев

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 98 с., 29 рис., 29 табл., 33 использованных источников, 2 прил. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СВАРКА, АППАРАТ ЕМКОСТНОЙ, ОБЕЧАЙКА, ДНИЩЕ,
СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, СВАРНЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ, ДЕФЕКТЫ, СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Объектом исследования является корпус аппарата емкостного из стали 12Х18Н10Т.

Предметом исследования является технология сборки и сварки выбранного аппарата.

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса аппарата емкостного КАЕ 3615-242 из стали 12Х18Н10Т.

Цель работы: Разработать технологию сборки и сварки аппарата, выбрать средства технологического оснащения для операций сварки.

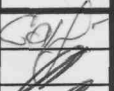
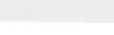
Метод исследования – системный анализ, экспертный метод.

Полученные результаты – была усовершенствована технология сварки путем замены ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку в среде защитного газа аргона.

Степень внедрения – частичная.

Область применения – на производстве.

Подп. и дата						ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ
Взам инд.						
Инв. № дубл.						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Сараев А.С.			Разработка технологии сборки и сварки корпуса аппарата емкостного КАЕ 3615-242 из стали 12Х18Н10Т
Провер.		Крибенков А.О.			
Т. контр.		Крибенков А.О.			
Н. контр.		Харин А.В.			
Утверд.		Логинов О.Н.			

Лит	Лист	Листов
	2	98
Каф.СЛПМ гр.14М01		

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта производства.....	7
1.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия.....	7
1.2 Патентное исследование.....	8
1.3 Технические требования и характеристики.....	11
1.4 Анализ технологичности конструкции.....	14
2 Проектирование и расчёт элементов конструкции изделия.....	16
2.1 Выбор основных материалов конструкции.....	16
2.2 Проектирование и расчёт сварных соединений.....	21
3 Разработка технологии сборки и сварки изделия.....	31
3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия.....	31
3.2 Выбор способа получения заготовок.....	32
3.3 Оценка свариваемости основных материалов.....	37
3.4 Выбор и обоснование способов сварки и сборки изделия.....	39
3.5 Выбор сварочных материалов.....	43
3.6 Расчет параметров режимов сварки.....	48
3.7 Выбор сварочного оборудования.....	54
3.8 Техника и технология сборки и сварки изделия	62
4 Контроль качества сварных соединений	72
4.1 Дефекты сварных соединений.....	72
4.2 Выбор методов контроля качества.....	81
5 Выбор средств технологического оснащения.....	90
Заключение.....	94
Список использованных источников.....	95
Приложение А.....	99
Приложение Б.....	110

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дудл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	

					<p><i>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</i></p>	Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		3

Введение

В настоящее время сварка во всех промышленно развитых странах мира является одним из основных технологических процессов, широко используемых при изготовлении конструкций из металлических и неметаллических материалов.

Создание многих конструкций, например сосудов и аппаратов для ТЭС и АЭС, оборудования химической и перерабатывающей промышленности, резервуаров, цистерн автомобильного и железнодорожного транспорта без использования сварки практически невозможно. Кроме того, применение сварки позволяет создавать сложные и крупногабаритные конструкции при значительном сокращении цикла их производства и стоимости.

Широкое распространение сварных металлических конструкций обусловлено их важными преимуществами по сравнению с конструкциями других видов: высокой надежностью, легкостью, непроницаемостью, индустриальностью, 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, к числу которых относятся вопросы, связанные с расчетом и проектированием сварных конструкций.

При проектировании сварных конструкций необходимо учитывать некоторые специфические особенности, к основным из которых относятся:

а) Органическая связь отдельных элементов друг с другом, создаваемая сварными швами. При этом конструкция, составленная из нескольких отдельных заготовок и деталей, превращается в монолитную конструкцию, совмещающую в себе преимущества составных конструкций с достоинствами монолитных;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 4
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ						

б) Легкость придания изделию разнообразных конструктивных форм, так как при сварке в отличие от клепки и других способов соединения деталей не требуются какие-либо промежуточные соединительные элементы для их сопряжения под любыми углами, и они могут быть соединены друг с другом непосредственно;

в) Возможность использования заготовок, выполненных с применением любых технологических процессов, в наибольшей степени соответствующих их назначению и экономичных при заданных размерах, форме и числе одинаковых элементов;

г) Возможность применения в одной конструкции различных материалов, наиболее соответствующих тем требованиям, которые обуславливаются условиями работы различных элементов и деталей конструкций;

д) Взаимное влияние элементов конструкции друг на друга и технологии ее изготовления. Выбранные конструктивные формы в известной мере ограничивают выбор технологических приемов и методов сварки, а принятая технология изготовления сварных конструкций в определенной степени влияет на изменение исходных свойств материала, на точность сохранения проектных размеров и формы конструкции и на возникновение в конструкции того или иного напряженного состояния;

е) Возникновение в сварных соединениях различной неоднородности вследствие доведения свариваемых кромок до состояния плавления (при сварке плавлением) или до пластического состояния (при сварке давлением).

ж) Появление остаточных деформаций и напряжений в сварных конструкциях как следствие возникновения при сварке пластических деформаций. Остаточные напряжения большой величины и нередко значительные пластические деформации способны снижать работоспособность сварных конструкций.

Изготовление конструкций сварных сложно, имеет свои особенности, включает ряд работ: получение деталей и заготовок, отвечающих необходимым требованиям. Сварка не может производиться без этих операций. Такие операции

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

тесно связаны со сваркой и определяют изготовление конструкций с заданными свойствами.

Усложнение конструкций, сопровождается возрастанием трудоемкости в их себестоимости и изготовлении. Именно поэтому автоматизация и механизация производства являются характерной особенностью современного производства сварочного [1].

В этой связи, при разработке технологии заданной конструкции в первую очередь рассматриваются высокопроизводительные способы сварки, которые берутся в качестве основы при разработке элементов технологического процесса.

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса аппарата емкостного КАЕ 3615-242 из стали 12Х18Н10Т.

Задание: Разработать технологию сборки и сварки корпуса аппарата емкостного с учетом мелкосерийного производства.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					6	

1 Анализ объекта производства

1.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия

Аппарат емкостной малого объема 6,3 м³, представленный на рисунке 1.1, предназначен для приёма, хранения и выдачи водно-органических отходов. Эксплуатация ёмкости производится в условиях нормальной влажности. Состав рабочей среды: изобутиловый спирт – 5%, вода – 85%, сульфат натрия – 10%. Исходя из этого, внутренняя среда аппарата агрессивная.

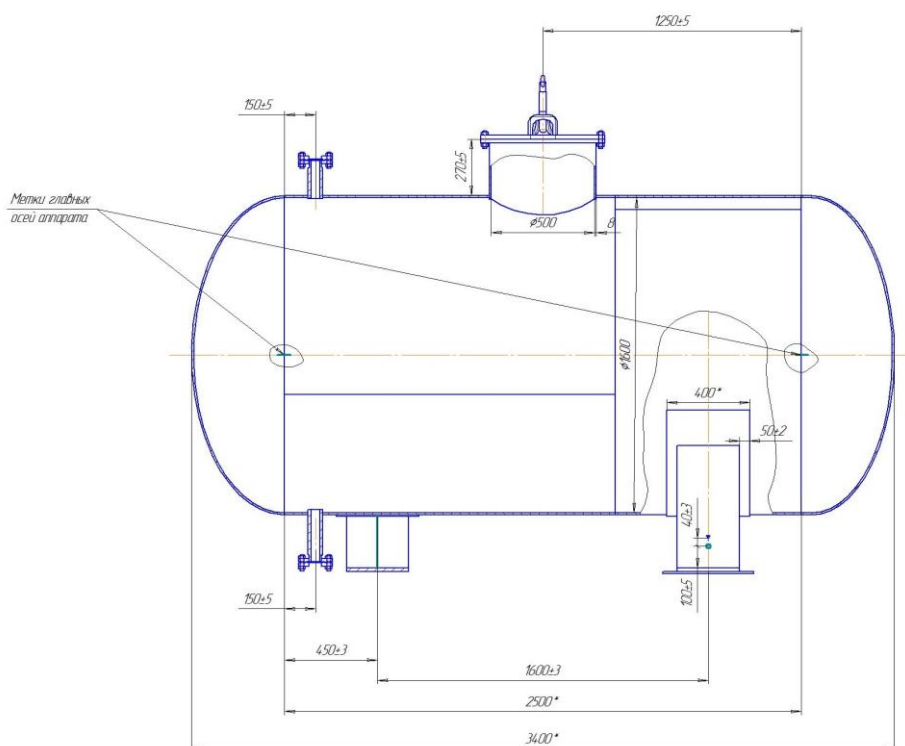


Рисунок 1.1 – Аппарат емкостной

Конструкция представляет собой горизонтальный резервуар. Его цилиндрическая часть состоит из двух обечаек, соединённых между собой сварным швом. Сварные днища имеют эллиптическую форму. Ёмкость стоит на двух опорах: подвижной и неподвижной. Также имеются люк и штуцера.

1.2 Патентное исследование

Для определения технического уровня предлагаемых способов изготовления емкостного аппарата нужно провести патентное исследование.

Патентное исследование – исследование технического уровня и тенденции развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты на основе патентной и другой научно-технической информации.

Цель проведения патентных исследований – получение исходных данных для обеспечения высокого уровня и конкурентоспособности объектов техники, использование современных научно-технических достижений и исключение неоправданного дублирования научных исследований и разработок.

Всего известно три основных типа поиска: тематический, именной и нумерационный. Тематический поиск ведут, если нужно определить технический уровень или новизну объекта. Поиск в этом случае ведут по заданной тематике, в известной области техники. Именной поиск ведут, когда известно имя автора или патентовладельца и надо найти относящиеся к ним охранные документы. Он может быть использован как дополнительный к тематическому поиску. Нумерационный поиск ведут, когда нужно по известным номерам охранных документов найти описания относящихся к ним объектов или номера других документов (например, по номеру заявки – номер патента).

Глубина (ретроспективность) поиска – это количество лет, по которым будет вестись поиск, отсчитываемое от года, в котором он ведется.

Широта поиска – это перечень стран, по которым предполагается вести поиск. Зависит от цели патентных исследований.

Источники информации выбирают, исходя из установленных глубины и широты поиска, учитывая при этом реальную доступность этих источников. Нужно, чтобы выбранные источники обеспечивали возможность поиска по всем выбранным странам и на всю выбранную глубину.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

8

Дата составления регламента – 1.04.2018 г.

Наименование поиска: «Разработка технологии сварки емкостного аппарата из стали 12X18H10T».

Цель поиска информации: выявление патентной и научно-технической информации, позволяющей исследовать технический уровень и тенденции развития технологии сварки емкостного аппарата из стали 12X18H10T.

Начало поиска: 1.04.2018. Завершение поиска – 10.04.2018.

Предмет поиска: технологии сварки емкостного аппарата из стали 12X18H10T.

Страны поиска: Россия, США, Германия, Украина.

Ретроспективность: 15 лет

Наименование информационной базы (фонда): Патентные фонды:

ФИПС (интернет), Пензенского ЦНТИ, Пензенской областной библиотеки им. Лермонтова, НТБ ПГУ.

Регламент поиска выполнен полностью в соответствии с заданием на проведение патентных исследований. Патентный поиск в области проектирования сварных деталей машиностроения проведен с ретроспективой 15 лет. Для проведения поиска привлекались патентные материалы из фондов ФИПС, Пензенского ЦНТИ, Пензенской областной библиотеки, НТБ ПГУ. Широта и глубина поиска являются достаточными. Патентные исследования приведены в таблице 1.1.

Регламент поиска выполнен полностью в соответствии с заданием на проведение патентных исследований. Цель поиска информации – исследовать технический уровень и тенденции развития технологии сварки высоколегированной нержавеющей стали.

Исходя из результатов исследований, выбираем наиболее подходящий аналог: «Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов». Выбираем механизированную сварку в среде аргона.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Таблица 1.1 – Патентные исследования [2]

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи вид и номер охранного документа. Классификационный индекс МПК.	Заявитель (патентообладатель), страна, номер заявки, дата приоритета, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
Технология сварки емкостного аппарата из стали 12Х18Н10Т	СССР, RU 2224629 C1, B23K9/18	Ризванов Р. Г., Россия, №2002116305/02 Приоритет 17.06.2004г	«Сварочный трактор и способ сварки кольцевых швов изделий сварочным трактором»
	Россия, RU 2509717 B23K9/173	Зернин Е. А., Россия, №2012118699/02 Приоритет 28.04.05г.	«Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов»
	Россия, RU 2492038 B23K9/18	Ибрагимов Н. Г., Россия, №2012136232/02 Приоритет 24.08.12г.	«Способ сварки крупноразмерных металлических обечаек» [2]
	Россия, RU 2063315 B23K9/18	Патон Б. Е., Украина, 2001542/02 Приоритет 12.07.2006	«Способ механизированной дуговой сварки и наплавки»

Выбор механизированной сварки в среде защитных газов, обосновываем тем, что в условиях единичного и мелкосерийного производства этот метод наиболее эффективен. Его эффективность выражается в доступной цене оборудования, небольшом сроке окупаемости нововведения и при этом данный способ дает возможность получения надёжной конструкции за счет более полного использования свойств материалов.

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

10

1.3 Технические требования и характеристики

Согласно ПБ 03-584-03 [3], сосуды подлежат гидравлическому испытанию после их изготовления. Гидравлическое испытание сосудов, транспортируемых частями и собираемых на месте монтажа, допускается проводить после их сборки на месте установки. Пробное давление $P_{пр}$ при гидравлическом испытании сосудов определяется по формуле [4]:

$$P_{пр} = P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t} \quad (1.1)$$

где P – расчетное давление, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для материала при 20°C;

$[\sigma]_t$ – допускаемое напряжения для материала при расчетной температуре t , МПа (кгс/см²).

Так как на начальном этапе проектирования отношение временного сопротивления материала к пределу текучести неизвестно, принимаем, что величина пробного давления $P_{пр}$ будет составлять [4]:

$$P_{пр} = 1,3 \cdot P_{РАБ} \quad (1.2)$$

Исходя из технических характеристик аппарата, рабочее давление равно 0,065 МПа.

Тогда:

$$P_{пр} = 1,3 \cdot 0,065 = 0,086 \text{ МПа}$$

Полученное значение пробного давления $P_{пр} = 0,086$ МПа будет приниматься в дальнейшем в качестве расчетного.

Время выдержки сосудов под пробным давлением устанавливается в соответствии с ГОСТ Р 52630-2012 [5].

Геометрические размеры и масса аппарата емкостного на объем 6,3 м³ и давление 0,086 МПа приводятся в таблице 1.2 (ГОСТ Р 52630-2012)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 11
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Таблица 1.2 – Геометрические размеры и масса аппарата емкостного

Объем баллона, м ³	Диаметр цилиндрической части, мм	Толщина стенки, мм, не менее	Длина корпуса, мм	Масса, кг
6,3	1600,0	10,0	3400,0	2100,0

Примечание: длина и диаметр ёмкости указаны как справочные величины.

В зависимости от расчетного давления, температуры стенки и рабочей среды сосуда подразделяются на группы. Группа сосуда определяется по таблице 1.3 [5]. Сосуды, работающие под вакуумом или без давления (под наливом), независимо от расчетного давления относятся к группе 5а или 5б.

Таблица 1.3 – Группа сосуда

Группа	Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)	Температура стенки, °С	Рабочая среда
1	> 0,07 (0,7)	Независимо	Взрывоопасная или пожароопасная или 1-го, 2-го классов опасности
2	0,07...2,5 (0,7...25)	> 400	Любая, за исключением указанной для 1-й группы сосудов
	2,5...5,0 (25...50)	> 200	
	> 5,0 (50)	Независимо	
	4,0...5,0 (40...50)	< -40	
3	0,07...1,6 (0,7...16)	< -20 200...400	
	1,6...2,5 (16...25)	< 400	
	2,5...4,0 (25...40)	< 200	
	4,0...5,0 (40...50)	-40...200	
4	0,07...1,6 (0,7...16)	-20...200	
5а	< 0,07 (0,7)	Независимо	Взрывоопасная или пожароопасная или 1, 2, 3-го классов опасности
5б	< 0,07 (0,7)	Независимо	Взрывобезопасная или пожаробезопасная или 4-го класса опасности

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52630-2012, сосуды должны изготавливаться по нормам указанного стандарта и ПБ 03-584-03 [3] по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Ёмкость изготавливается из листового материала. Коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная толстолистовая сталь выбирается горячекатаной, термически обработанной, травленной, с обрезной кромкой, с качеством поверхности по группе М2б. При необходимости следует оговаривать требования по содержанию ферритной фазы и стойкости против межкристаллитной коррозии.

В сварочных соединениях не допускаются следующие наружные дефекты:

- трещины всех видов и направлений;
- свищи и пористость наружной поверхности шва;
- подрезы;
- наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры;
- смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше предусмотренных норм;
- несоответствие формы и размеров требованиям стандартов, технических условий или проекта;
- поры, выходящие за пределы установленных норм;
- чешуйчатость поверхности и глубина впадин между валиками шва, превышающие допуск на усиление шва по высоте.

Маркировку сосудов осуществляют в соответствии с требованиями ПБ 03-584-03.

Назначенные, расчетные и гарантийные сроки безопасной эксплуатации сосудов указываются в технической документации. Продление сроков эксплуатации сосудов осуществляется в установленном порядке.

Транспортирование и крепление сосудов следует производить по документации изготовителя и требованиям к транспортным средствам [5].

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № аудл.	Взам. инд. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

1.4 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.

Целью анализа конструкции детали на технологичность является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции [4].

Данная сварная конструкция технологична по нескольким признакам:

а) Уменьшенная металлоёмкость при обеспечении требуемых эксплуатационных качеств и более полное использование свойств материалов. Применение нержавеющей стали позволяет существенно сократить толщину стенок при необходимом условии коррозионной стойкости, что ведёт к снижению себестоимости изделия. Для этой же цели опоры выполняются из стали обыкновенного качества;

б) Высокий уровень механизации и автоматизации процессов. При изготовлении ёмкости автоматизация присутствует уже на стадии заготовительных операций: раскрой листов производится на машине термической резки с ЧПУ по составленной программе. Большинство сварных соединений выполняется механизированной и автоматической сварками;

в) Количество сварных швов минимально;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 14
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ						

- г) Трудоёмкость изготовления конструкции снижается при использовании механизированной сварки вместо ручной дуговой сварки;
- д) По той же причине снижается длительность производственного цикла;
- е) Все детали конструкции, кроме днищ, имеют простую геометрическую форму;
- ж) Сборочное и сварочное оборудование является стандартным.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ				Лист
									15

Раздел 2. Проектирование и расчёт сварных соединений

2.1 Выбор основных материалов конструкции

Проектируемый емкостной аппарат, представленный на рисунке 1.1, состоит из следующих основных частей: сварной обечайки, представленной на рисунке 2.1, изготавливаемой из проката сортового горячекатаного из стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 7350-77 [7]; левого и правого эллиптических днищ, представленных на рисунке 2.2, изготавливаемых из той же коррозионно-стойкой стали по ГОСТ 6533-78 [22]; подвижной и неподвижной опор, представленных на рисунке 2.3, изготавливаемых из листов из стали Ст3пс5 по ГОСТ 380-2005 [8].

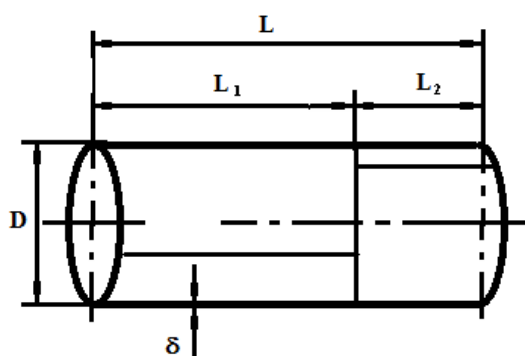


Рисунок 2.1 – Сварная обечайка

Диаметр обечайки D в соответствии с исходными данными и ГОСТ Р 52630-2012 составляет 1600 мм.

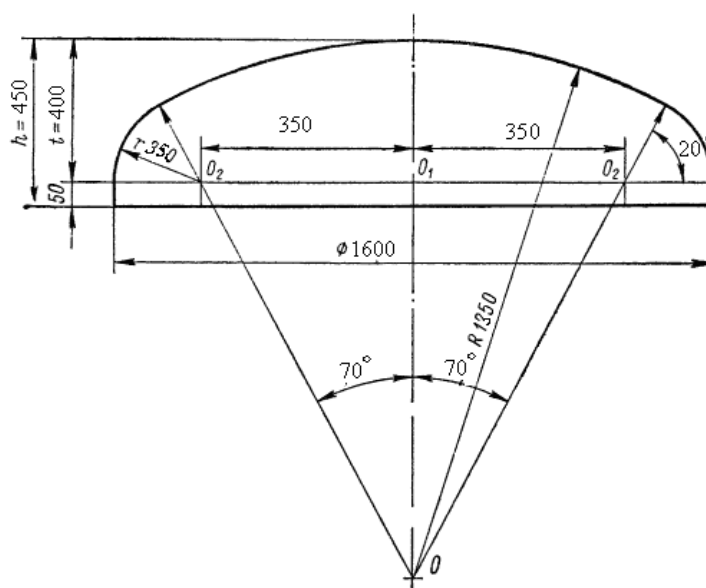


Рисунок 2.2 – Эллиптическое днище

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

16

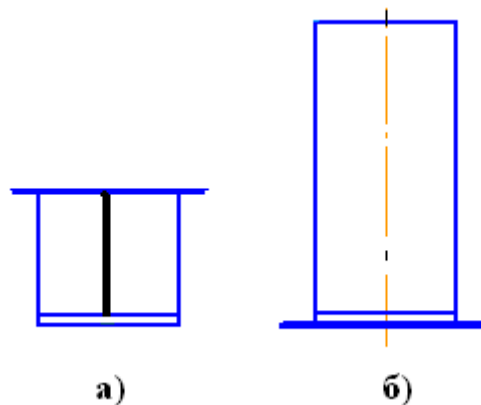


Рисунок 2.3 – Опоры ёмкости: а) – Подвижная опора; б) – Неподвижная опора (вид в разрезе)

Длина обечайки L из геометрических соображений составит 2500 мм.

В настоящем проекте примем конструкцию опор, представленную на рисунке 2.3.

Из конструктивных соображений высота опоры из стали Ст3пс5 – 560 мм при ширине 300 мм, а ширина переходной обечайки – 400 мм.

Рассчитаем толщину стенки обечайки по формуле [4]:

$$\delta_{об} = \frac{P_{вн} \cdot D_{об.вн.}}{2,3[\sigma] \cdot \varphi + P_{вн}} + c \quad (2.1)$$

где $P_{вн}$ – расчетное (избыточное) внутреннее давление, принимаемое с учетом последующих испытаний равным $P_{пр}$, вычисленным ранее по формуле (1.1), МПа;

$D_{об.вн.}$ – внутренний диаметр обечайки, мм;

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

φ – коэффициент прочности сварных швов (принимается равным от 0,7 до 1,0);

c – прибавка на коррозию и неправильную сборку (принимается равной от 1,5 до 2 мм/год).

При определении допускаемого напряжения важно заметить, что расчет на прочность при статических нагрузках деталей из хрупких материалов, разрушающихся хрупко, производится по пределам прочности.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Подп. и дата	Лист	17
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

В то же время для пластичных материалов с вязким механизмом разрушения, к которым относится большинство конструкционных сталей, расчет допускаемого напряжения проводится по формуле [4]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} \quad (2.2)$$

где σ_T – физический или условный ($\sigma_{0,2}$) предел текучести материала.

Принимая в расчетах средние значения коэффициентов $n = 1,2$ и $\varphi = 0,9$, а также $\sigma_{0,2} = 236$ МПа для стали 12X18H10T и подставляя всё в выражения (2.1) и (2.2), получим:

$$[\sigma] = \frac{236}{1,2} = 196,7 \text{ МПа};$$

$$\delta_{об} = \frac{0,086 \cdot 1600}{2,3 \cdot 196,7 \cdot 0,9 + 0,086} + 1,8 \cdot 5 = 9,3 \text{ мм.}$$

Толщина эллиптических днищ ёмкости определяется [4]:

$$\delta_{дн} = \frac{P_{BH} \cdot D_{об. BH}}{4[\sigma] \cdot \varphi} \cdot \frac{D_{об. BH}}{2h} + c, \quad (2.3)$$

где $h = 1600$ мм – высота выпуклой части.

Подставляя числовые значения, получим:

$$\delta_{дн} = \frac{0,086 \cdot 1600}{4 \cdot 196,7 \cdot 0,9} \cdot \frac{1600}{2 \cdot 1600} + 1,8 \cdot 5 = 10,1 \text{ мм.}$$

Как видно из приведенных расчетов, полученные значения толщины обечайки и днищ ёмкости отличаются, что с технологической точки зрения приводит к необходимости дополнительной механической обработки для плавного перехода сечений в месте сварки. Технически это сложнее и может быть невыгодно экономически. Поэтому предварительно принимаем $\delta_{об} = \delta_{дн} = 10,0$ мм.

По сортаменту листов из стали 12X18H10T [6] принимаем листы с толщиной 10,0 мм.

При выборе материалов для изготовления сосудов (сборочных единиц, деталей) следует учитывать: расчетное давление, температуру стенки

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

18

(минимальную и максимальную), химический состав и характер среды, технологические свойства и коррозионную стойкость материалов.

Для изготовления сосудов и их элементов должны применяться основные материалы, приведенные в ПБ 03-584-03.

Так как проектируемая ёмкость эксплуатируется в нормальных условиях, имеет большой объем, рабочее давление атмосферное, но рабочая среда – коррозионная, то в качестве основных материалов для его изготовления по ГОСТ Р 52630-2012 рекомендуются коррозионностойкие стали.

Корпус ёмкости состоит из двух обечаек.

Для изготовления обечаек назначаем сталь листовую. По техническим условиям для заданной ёмкости подходит коррозионно-стойкая сталь 12Х18Н10Т. Технические требования на листы из такой стали задаются по ГОСТ 19903-2015 [6].

Исходя из обеспечения требований к прочности проектируемой конструкции ёмкости и агрессивных условий работы, принимаем в качестве основного материала для его изготовления сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 7350-77 [7] из таблицы 2.1.

Сплав 12Х18Н10Т применяется в сварных конструкциях, работающих в контакте с азотной кислотой и другими средами окислительного характера; в некоторых органических кислотах средней концентрации, органических растворителях, и т.д. Из материала 12Х18Н10Т изготавливают емкостное, теплообменное и другое оборудование, а также детали, работающие до 600 °С; сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей и другие детали, работающие под давлением при температуре от -196 до +600 °С, а при наличии агрессивных сред до +350 °С. Механические свойства стали 12Х18Н10Т приведены в таблице 2.2.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Таблица 2.1 – Химический состав стали

Химический элемент	%
Кремний (Si), не более	0.8
Медь (Cu), не более	0.30
Марганец (Mn), не более	2.0
Никель (Ni)	9.0...11.0
Титан (Ti)	0.6...0.8
Фосфор (P), не более	0.035
Хром (Cr)	17.0...19.0
Сера (S), не более	0.020

Таблица 2.2 – Механические свойства стали

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %
Листы горячекатаные или холоднокатаные. Закалка 1000-1080 °С, вода или воздух.	>4	236	530	38
Листы горячекатаные или холоднокатаные. Закалка 1050-1080 °С, вода или воздух.	<3,9	205	530	40
Листы горячекатаные или холоднокатаные нагартованные	<3,9		880...1080	10

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 Ст3пс5 по ГОСТ 380-2005 [8].

Таблица 2.3 – Химический состав материала, %, Ст3пс5 [8]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.14...0.22	0.05...0.15	0.4...0.65	< 0.3	< 0.05	< 0.04	< 0.3	< 0.008	< 0.3	< 0.08

Углеродистые стали, применяемые в сварных конструкциях, относятся к группе основных материалов 1 (М01). Сталь Ст3пс5 применяется для изготовления несущих элементов сварных и не сварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Её механические свойства приведены в таблице 2.4.

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

20

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Лит. Изм. № докум. Подп. Дата

Таблица 2.4 – Механические свойства при $T=20^{\circ}\text{C}$ стали Ст3пс5 [8]

Сортамент	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{Т}}$, МПа	δ , %	ψ , %
Трубы, ГОСТ 8696-74	372	245	23	
Трубы, ГОСТ 10705-80	372	225	22	
Прокат, ГОСТ 535-2005	370...480	205...245	23...26	
Лист толстый, ГОСТ 14637-89	370...480	205...245	23...26	
Арматура, ГОСТ 5781-82	373	235	25	
Катанка, ГОСТ 30136-95	490...540			60

Принимаем для опор листы из стали Ст3пс5 по ГОСТ 380-2005.

Опоры из углеродистых сталей допускается применять для сосудов из коррозионно-стойких сталей при условии, что к сосуду приваривается переходная обечайка опоры из коррозионно-стойкой стали высотой, определяемой расчетом.

Сортамент проката листового горячекатаного из стали 12Х18Н10Т устанавливается по ГОСТ 19903-2015 [6].

Исходя из сортамента горячекатаных листовых сталей, принимаем ближайшую большую толщину стенки обечайки ёмкости $\delta_{\text{об}} = 10$ мм. Принимаем горячекатаную листовую сталь.

Принятые толщины стенок обечайки и днища одинаковы, следовательно, дополнительных технологических трудностей при сварке не будет.

2.2 Проектирование и расчёт сварных соединений

Исходя из конструкции аппарата емкостного, в нем можно выделить три наиболее важных сварных соединения, представленных на рисунке 2.4 – два стыковых 1 и 2 (продольный шов обечайки и кольцевое соединение обечайки со сферическим днищем соответственно) и одно угловое 3 (кольцевое соединение люка с обечайкой).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Инв. № подл.	<p>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</p>					Лист
											21
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

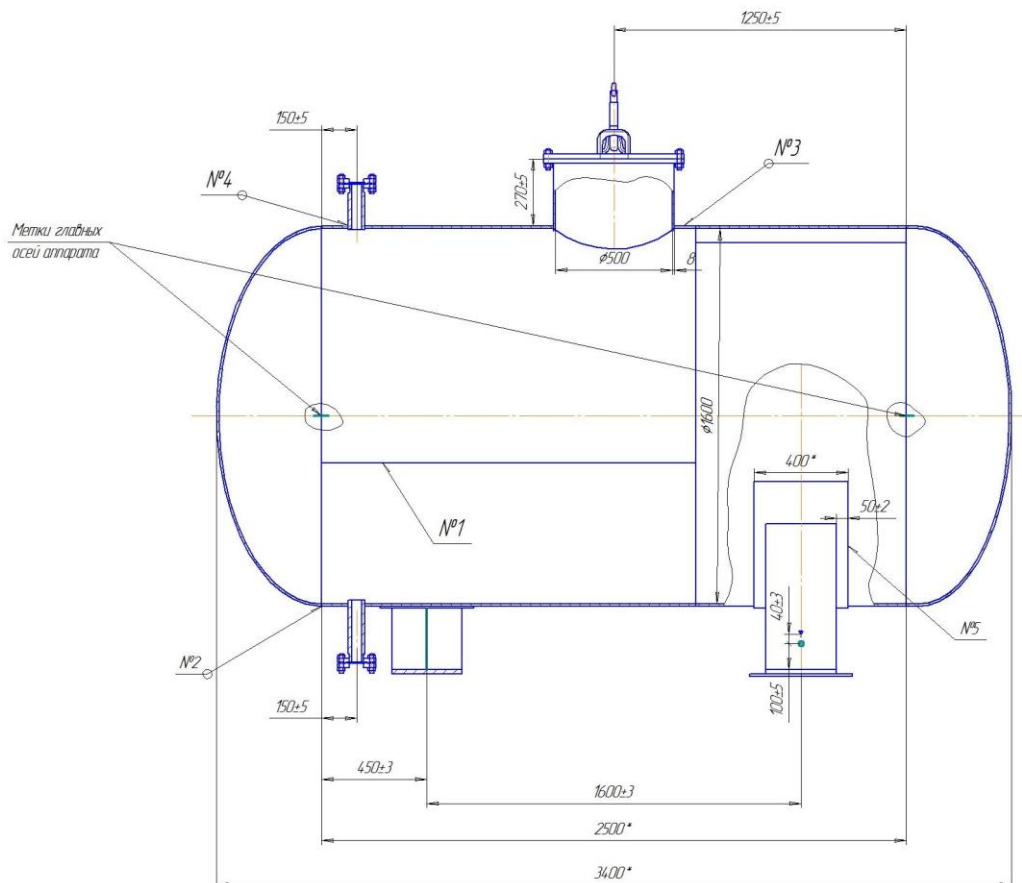


Рисунок 2.4 – Общий вид сварного аппарата емкостного

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

Сварное соединение 1, представленное на рисунке 2.4, следует конструктивно оформлять в соответствии с РД РТМ 26-298-78 [10]. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при возможности двухсторонней сварки с учетом рекомендаций по ГОСТ 8713-79 [9] принимаем стыковое соединение типа С29. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.5.

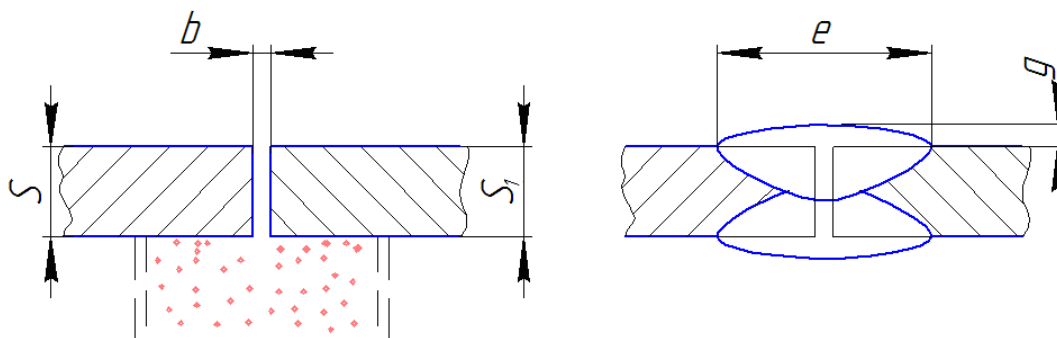


Рисунок 2.5 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварных соединений 1 и 2 типа С29 по ГОСТ 8713-79

Согласно выполненному ранее расчету и ГОСТ 8713-79, кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: толщины $S = S_1 = 10,0$ мм; $e = 24$ мм, не более; $b = 2 \pm 1,0$ мм; $g = 2,5^{+1,0}_{-2,0}$ мм.

Этот сварной шов выполняется автоматической сваркой на флюсовой подушке.

Геометрические параметры сварного соединения 1, представленного на рисунке 2.5, в этом случае будут регламентированы в соответствии с ГОСТ 8713-79.

Конструкция ёмкости позволяет выполнить двухстороннюю сварку. В этой связи можно принять двухсторонние соединения, выполняемые на флюсовой подушке. Назначаем двухстороннее сварное соединение с полным проплавлением с использованием выводных планок. Первый шов выполняется на флюсовой подушке, второй – под слоем флюса.

Тип сварного соединения 2 принимаем также С29, для которого конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва представлены на рисунке 2.5. Конструктивные параметры – те же. Назначаем также двухстороннее сварное соединение с полным проплавлением.

Сварное соединение 3, представленное на рисунке 2.6, приварки люка к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 14771-76 [11]. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при условии односторонней сварки с учетом рекомендаций по ГОСТ 14771-76 принимаем угловое соединение типа У6 с односторонней разделкой одной из кромок (кромки

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

обечайки). Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.6.

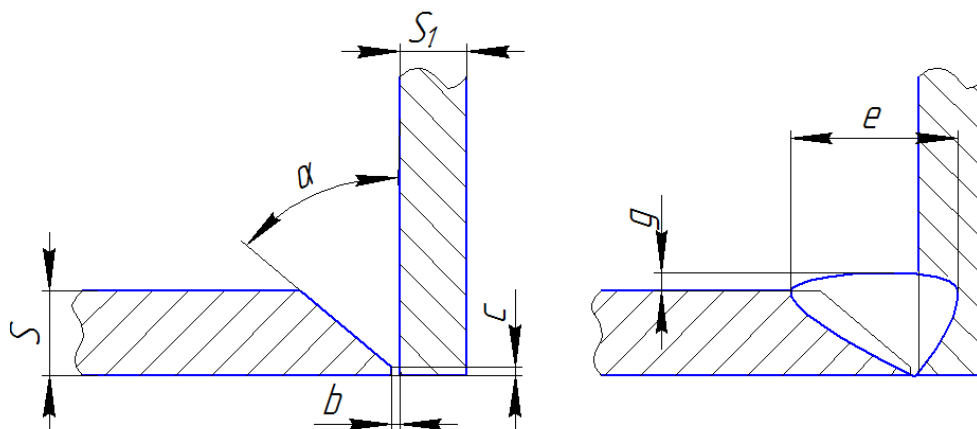


Рисунок 2.6 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 3 типа У6 по ГОСТ 14771-76

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 8,0$ мм; $b = 1 \pm 1,0$ мм; $c = 1 \pm 1,0$ мм; $e = 20 \pm 2,0$ мм; $g = 1 \pm 1,0$ мм; $\alpha = 50^\circ \pm 2^\circ$.

Для этого соединения назначаем механизированную аргодуговую сварку плавящимся электродом.

Дополним проектирование сварных соединений ещё двумя соединениями: 4 – угловое (кольцевое соединение штуцера с обечайкой); 5 – нахлесточное (приварка подкладки из нержавеющей стали к корпусу обечайки).

Сварное соединение 4, представленное на рисунке 2.7 приварки штуцера к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 14771-76. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при условии односторонней сварки с учетом рекомендаций по ГОСТ 14771-76 принимаем угловое соединение типа У4 без разделки кромок. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.7.

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 3,0$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $n = 0^{+5,0}$ мм; $e = 8 \pm 2,0$ мм; $g = 1^{+1,5}$ мм.

Для этого соединения назначаем механизированную аргонодуговую сварку плавящимся электродом.

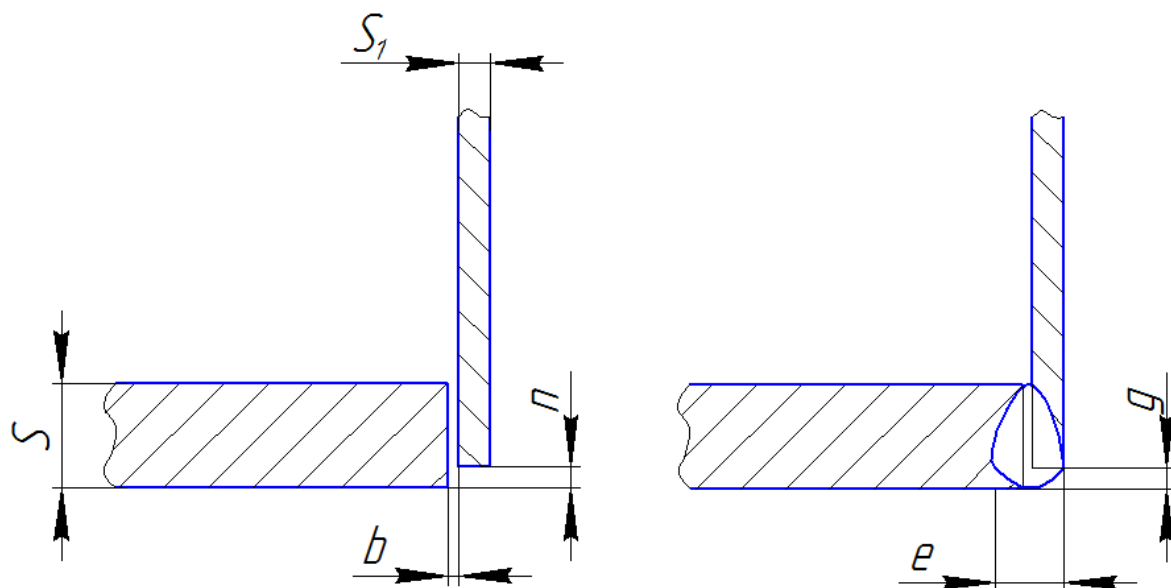


Рисунок 2.7 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 4 типа У4 по ГОСТ 14771-76

Сварное соединение 5, представленное на рисунке 2.9 приварки переходной накладки к обечайке следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 14771-76. Для обеспечения прочности соединения с учетом рекомендаций по ГОСТ 14771-76 принимаем нахлесточное соединение типа Н1. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения представлены на рисунке 2.9.

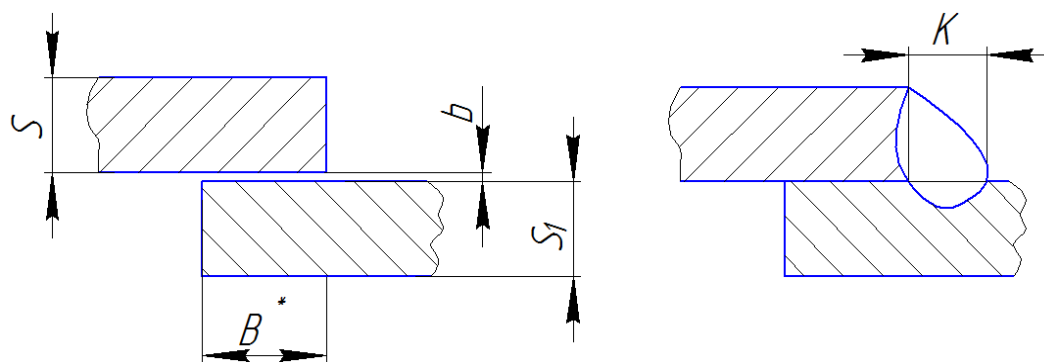


Рисунок 2.9 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения 5 типа Н1 по ГОСТ 14771-76

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 10$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $B = 8,0 - 40,0$ мм. Принимаем катет $K = 10$ мм.

Для этого соединения также назначаем однопроводную механизированную аргонодуговую сварку плавящимся электродом.

В соответствии с принятым способом сварки и назначенными типами соединений, сварные швы по ГОСТ Р ИСО 2553-1992 [12] будут обозначаться как указано в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Обозначения сварных швов

Номер сварного шва	Обозначение по ГОСТ
1	ГОСТ 8713-79-C29-АФф 
2	ГОСТ 8713-79-C29-АФф 
3	ГОСТ 14771-76-У6-МАДП 
4	ГОСТ 14771-76-У4-МАДП 
5	ГОСТ 14771-76-Н1-МАДП 

В условных обозначениях указано, что шов выполняется по замкнутой линии (для соединений 1, 3, 4) способами сварки АФф и МАДП с типами соединений С29 по ГОСТ 8713-79, У6, У4 и Н1 по ГОСТ 14771-76.

2, 3 проектируемых сварных соединения должны быть проверены на прочность. Проведём расчёт соединений 1, 2 и 3.

Проверка прочности сварных соединений 1 и 2 производится по формуле [13]:

$$\sigma = \frac{N}{F_{ш}} \leq [\sigma] \quad (2.4)$$

где σ – напряжение в сварном соединении, МПа;

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

N – продольная нагрузка, растягивающая шов, Н;

F_{III} – площадь поперечного сечения шва, мм²;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при растяжении.

Сначала выполним расчёт сварного соединения № 1.

К данному моменту неизвестными величинами в формуле (2.4) являются параметры N и F_{III} , которые при известной геометрии конструкции изделия и сварных соединений и при заданном давлении будут рассчитываться [13]:

$$N = P_{III} \cdot S, \quad (2.5)$$

$$F_{III} = \delta \cdot l_{III} \quad (2.6)$$

где S – расчетная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в баллоне, мм²;

l_{III} – длина рассчитываемого сварного шва.

Площадь внутренней (расчетной) поверхности рассчитываемой части обечайки, на которую действует избыточное давление, определяется по правилам геометрии [13]:

$$S = \pi D l \quad (2.7)$$

где $D = 1600$ мм – внутренний диаметр обечайки, мм;

$l = 1600$ мм – длина данной части обечайки, мм.

Тогда расчетная площадь поверхности S составит:

$$S = \pi \cdot 1600 \cdot 1600 = 8038400 \text{ мм}^2.$$

Исходя из равномерного распределения давления по рабочей площади поверхности обечайки ёмкости, растягивающее усилие по формуле (2.6) определится:

$$N = 0,086 \cdot 8038400 = 691302,4 \text{ Н} \approx 691 \text{ кН}.$$

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

Подставляя полученные значения и значение $[\sigma]$, определенное по формуле (2.4), в выражение (2.6), получим для сварного шва № 1:

$$\sigma = \frac{691 \cdot 1000}{10 \cdot 1600} = 43,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 196,7 \text{ МПа}.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 27
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	
ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ											

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 43,2 МПа, меньше нормативного значения 196,7 МПа, то сварное соединение работоспособно.

Затем произведём расчёт сварного соединения № 2.

Так как в конструкции ёмкости применяются эллиптические днища, площадь их внутренней (расчетной) поверхности, на которую действует избыточное давление, определяется по правилам геометрии [13]:

$$S = \pi ab \quad (2.8)$$

где $a = 400$ мм – длина большой полуоси;

$b = 225$ мм – длина малой полуоси.

Тогда расчетная площадь поверхности S составит:

$$S = \pi \cdot 400 \cdot 225 = 282600 \text{ мм}^2.$$

Исходя из равномерного распределения давления по рабочей площади поверхности днища ёмкости, растягивающее усилие по формуле (2.6) определится:

$$N = 0,086 \cdot 282600 = 24303,6 \text{ Н} \approx 24 \text{ кН}.$$

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 вводных технологических планок [13]:

$$l_{ш} = \pi D - 10; \quad (2.9)$$

$$l_{ш} = \pi \cdot 1600 - 10 = 5014 \text{ мм}.$$

Подставляя полученные значения и значение $[\sigma]$, определенное по формуле (2.5), в выражение (2.7), получим для сварного шва № 2:

$$\sigma = \frac{24 \cdot 1000}{10 \cdot 5014} = 0,48 \text{ МПа} < [\sigma] = 196,7 \text{ МПа}.$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 0,48 МПа, меньше нормативного значения 196,7 МПа, то сварное соединение работоспособно.

<div>Инв. № подл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>28</div>
	Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

Расчет углового соединения 3 проводится по формуле [13]:

$$\tau = \frac{N}{F_{III}} \leq [\tau] \quad (2.10)$$

где τ – напряжение среза в угловом сварном соединении, МПа;

N – продольная нагрузка, растягивающая шов, Н;

F_{III} – площадь поперечного сечения шва, мм²;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение при срезе, МПа.

Для углового шва [13]:

$$F_{III} = \beta \cdot h_{III} \cdot l_{III} \quad (2.11)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

h_{III} – толщина углового шва, принимаемая равной катету вписанного в шов равнобедренного прямоугольного треугольника, мм.

При однопроводной механизированной сварке в защитном газе $\beta = 0,85$.

Для рассматриваемого углового сварного соединения (рисунок 2.6) назначаем в соответствии с ГОСТ 8713-79 величину катета углового шва $h_{III} = 5$ мм.

Для проектируемого люка ёмкости длина сварного шва равна [13]:

$$l_{III} = \pi d_{\text{Л}} - 10 \quad (2.12)$$

где $d_{\text{Л}} = 500$ мм – диаметр люка.

Тогда:

$$l_{III} = \pi \cdot 500 - 10 = 1560 \text{ мм.}$$

Допускаемое напряжение при срезе $[\tau]$ рассчитывается как [13]:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma], \text{ МПа;} \quad (2.13)$$

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 196,7 = 98,35 \dots 127,855 \text{ МПа.}$$

При этом растягивающее усилие N определяется по формуле (2/6).

Значение S для люка будет определяться следующим образом [13]:

$$S = \frac{\pi d_{\text{Л}}^2}{4}; \quad (2.14)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 29
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

$$S = \frac{\pi \cdot 500^2}{4} = 196250 \text{ мм}^2.$$

Тогда:

$$N = 0,086 \cdot 196250 = 16877,5 \text{ Н} \approx 17 \text{ кН}.$$

Исходя из этого:

$$\tau = \frac{17 \cdot 1000}{0,85 \cdot 5 \cdot 1560} = 6,37 \text{ МПа} < [\tau] = 98,35 \text{ МПа}.$$

Так как вычисленное значение напряжения на срез в угловом сварном шве, равное 6,37 Н/мм², меньше нормативного значения 98,35 Н/мм², то сварное соединение работоспособно.

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

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № аудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист	
												ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия

1) Правка проката.

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

2) Резка проката:

Раскрой листов производить 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 строгание заготовок по контуру со снятием припуска на кромкострогальном станке.

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

7) Вальцовка заготовки по R800 с подгибкой кромок на подкладном листе.

8) Сбор стыков обечаек под сварку согласно технологической карте сварки, смещение кромок не более 1 мм.

9) Прихватка стыков, зачистить прихватки.

10) Сварка обечаек по технологической карте сварки С29 с зачисткой корня шва.

11) Обивка шлака со шва

12) Калибровка обечаек, овальность не более 2 мм.

13) Сбор обечаек между собой и их сварка.

14) Сбор с одним днищем, сварка.

15) Разметка и вырезание отверстий под люк и штуцера.

16) Сбор со вторым днищем, сварка.

<div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инд. №</div> <div>Инд. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инд. № подл.</div>	<p>кромкострогальном станке.</p> <p>6) Зачистка кромок под сварку на ширине 30 мм от торца с двух сторон.</p> <p>7) Вальцовка заготовки по R800 с подгибкой кромок на подкладном листе.</p> <p>8) Сбор стыков обечаек под сварку согласно технологической карте сварки, смещение кромок не более 1 мм.</p> <p>9) Прихватка стыков, зачистить прихватки.</p> <p>10) Сварка обечаек по технологической карте сварки С29 с зачисткой корня шва.</p> <p>11) Обивка шлака со шва</p> <p>12) Калибровка обечаек, овальность не более 2 мм.</p> <p>13) Сбор обечаек между собой и их сварка.</p> <p>14) Сбор с одним днищем, сварка.</p> <p>15) Разметка и вырезание отверстий под люк и штуцера.</p> <p>16) Сбор со вторым днищем, сварка.</p>					<div>Лист</div> <div>31</div>
	<div>Лист</div> <div>Изм.</div> <div>№ докум.</div> <div>Подп.</div> <div>Дата</div>					
	<p>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</p>					

17) Сбор и прихватка обечайки с переходной подкладкой, с люком, с технологическими рёбрами, сварка.

18) Сбор, прихватка и сварка всех штуцеров.

19) Сварка обечайки с опорами.

20) Контроль согласно карте контроля сварных швов.

В данном базовом технологическом процессе изготовления ёмкости предлагается заменить ручную аргонодуговую сварку, используемую при приварке люка, штуцеров, переходного подкладного листа и опоры, на механизированную аргонодуговую сварку. Это позволит сократить отходы производства и повысит производительность процесса.

3.2 Выбор способа получения заготовок

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки связан с конкретным технико-экономическим расчетом себестоимости готовой детали, выполняемым для заданного объема годового выпуска с учетом других условий производства. При проектировании технологического процесса механической обработки для конструктивно сложных деталей важно иметь данные о конфигурации и размерах заготовки и, в частности, о наличии в заготовке отверстий, полостей, углублений, выступов.

Для правки листов принимаем листопрямильную машину *Roundo PRH 260*. Технические характеристики машины приведены в таблице 3.1.

Для вырезания заготовок принимаем машину термической резки *PCM.3212* с числовым программным управлением (ЧПУ). Они широко применяются для прямолинейного и фигурного раскроя листового металла в различных отраслях промышленности.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

32

Таблица 3.1 – Технические характеристики листопрямильной машины *Roundo PRH 2* [14]

Рабочий диапазон для стали с пред. текучести 270 Н/мм ² , мм	Рабочий диапазон для стали с пред. текучести 350 Н/мм ² , мм	Диаметр правел. валов, мм	Диаметр подающ. валов, мм	Мощность*, кВт	Механ. привод
2000×14	2000×12	120	120	2,2	×

Технические параметры машины термической резки *PCM.3212* приведены в таблице 3.2 [14].

Таблица 3.2 – Технические параметры машины термической резки *PCM.3212*

Параметр	Значение
Колея рельсового пути, мм	4000
Рабочая ширина портала, мм	3200
Длина рельсового пути, мм	14400
Рабочая длина рельсового пути, мм	12000
Ширина полос резки, мм	80...3200
Скорость резки, мм/мин	10...1000
Скорость обратного хода, мм/мин	9000
ЧПУ	<i>EDGE PRO of US HYPER THERM</i> (Русский интерфейс)
Механизм автоматического контроля высоты	2 комплекта (установлены на горелках фигурного раскроя)
Система привода портала и головок фигурного реза	серводвигатели переменного тока <i>Panasonic</i> , модель <i>Minas A5</i> .(Япония)
Газовые клапаны	<i>Burkert</i> (Германия)
Погрешность позиционирования, мм/м	± 0.5
Толщина плазменной резки, мм	6...120
Привод портала	односторонний
Плазмообразующий газ	Сжатый воздух
Подогревающий газ	Пропан или ацетилен

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

33

Параметр	Значение
Потребляемая мощность, кВт	4,5
Масса, кг	2700

Для проведения операции гибки обечаек применяем гибочные вальцы *Roundo PS 230/2000*. Эти же гибочные вальцы используем при калибровке обечаек и днищ. Их технические характеристики приведены в таблице 3.3. Из неё видно, что вальцы обеспечивают необходимый диаметр гибки – 1600 мм – при ширине и толщине листа больших, чем в проектируемой ёмкости.

Таблица 3.3 – Технические характеристики гибочных вальцов *Roundo PS 230/2000* [14]

Обрабатываемый лист при подгибке, мм	Обрабатываемый лист при круговой гибке, мм (диаметр гибки больше 3-х диаметров верхнего вала)	Диаметр верхнего вала, мм	Мощность, кВт	Масса, т
2000×8	2000×13	230	5,5	5,1

Для штамповки днищ принимаем гидравлический пресс *Erfurt PKnVT VI 800 FS*. Его технические характеристики приведены в таблице 3.4. Из неё видно, что данный пресс обеспечит штамповку днищ с необходимыми размерами.

Таблица 3.4 – Технические характеристики гидравлического пресса *Erfurt PKnVT VI 800 FS* [14]

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
800	800	630	500	355	16	3150×2100	2500×1600	3150×2100

Для вырезки отверстий под люк и штуцеры используем источник плазменной резки с ручным плазмотроном *PowerCut 875*. Технические характеристики этого инвертора приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики источника плазменной резки с ручным плазмотроном *PowerCut 875* [14]

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

Важным этапом в проектировании сварных конструкций и разработке технологических процессов является установление коэффициента использования материала (КИМ), что влияет на себестоимость производства и конкурентоспособность продукции.

В данной работе для производства ёмкостей используются листы из стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 7350-77 с техническими условиями по ГОСТ 19903-2015 [6]. Размеры листов указаны в таблице 2.5. Для изготовления одной ёмкости понадобятся: 2 листа длиной 5070 мм при ширине 1600 мм и 900 мм для обечайки, 2 квадратных листа со стороной 2200 мм для сварных днищ. Размеры одного эллиптического днища приведены на рисунке 2.3

Также необходимо несколько листов для изготовления переходных накладок.

<div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Инв. № дудл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>35</div>				
					<div>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</div>					
					Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

Из экономических соображений предварительно принимаем по 2 листа размерами 6000×1600 мм, 6000×1000 мм и 2200×2200 мм толщиной 10 мм. Схема раскройки листов приведена на рисунке 3.1.

Как видно на рисунке 3.1, отходы от обоих типов листов можно использовать для изготовления небольших деталей – переходных накладок, что тоже ведёт к повышению КИМа.

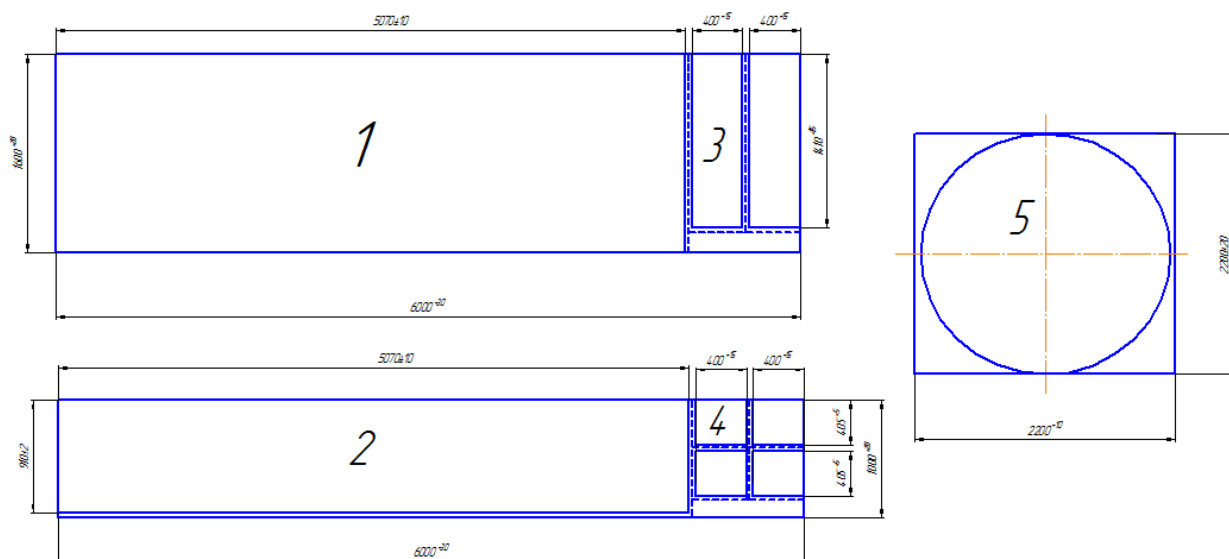


Рисунок 3.1 – Схема раскройки листов для изготовления одной ёмкости

Коэффициент использования материала для изготовления одной ёмкости будет рассчитываться следующим образом:

$$КИМ^{1шт.} = \frac{S_{исп}}{S_{полн}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

где $S_{исп}$ – использованная площадь листов;

$S_{полн}$ – полная площадь листов.

Из рисунка 3.1 определяем и подставляем данные в выражение (3.1):

$$КИМ = \frac{2 \cdot \left(5070 \cdot 1600 + 5070 \cdot 910 + 2 \cdot 1410 \cdot 400 + 4 \cdot 405 \cdot 400 + \frac{\pi \cdot 2200^2}{4} \right)}{2 \cdot (6000 \cdot 1600 + 6000 \cdot 1000 + 2200 \cdot 2200)} \cdot 100\% = 86,4\%$$

Данное значение показывает достаточно высокий коэффициент использования материала, в связи с чем даже выпуск единичной продукции будет экономически оправдан.

3.3 Оценка свариваемости основных материалов конструкции

Одним из ключевых параметров в производстве сварных конструкций является свариваемость сталей, которая во многом определяет выбор способов сварки и виде технологических процессов.

Учитывая, что стандартное определение свариваемости носит прикладной характер и отражает функциональное назначение изделий со сварной конструкцией в условиях эксплуатации, целесообразно ввести в употребление новый термин – функциональная свариваемость.

Функциональная свариваемость – свойство металлов и сплавов образовывать при соответствующей технологии сварки соединения с металлической целостностью, отвечающие требованиям нормативно-технической документации на эксплуатационные показатели конкретного изделия со сварной конструкцией.

Свариваемость стали обеспечивается технологией ее изготовления и химическим составом.

Низкоуглеродистые стали для изготовления сварных конструкций, к которым относятся и высоколегированная сталь 12X18H10T, и конструкционная сталь обыкновенного качества Ст3пс5, в общем, отличаются хорошей свариваемостью. Снижать свариваемость могут вредные примеси, если содержание их превышает норму.

Простейшая оценка свариваемости стали проводится по углеродному эквиваленту (риск развития холодных трещин).

Эквивалент углерода низколегированных конструкционных сталей, независимо от состояния их поставки – горячекатаные, нормализованные и термически упрочненные определяется по формуле [4]:

$$[C]_9 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + \sum(V + Ti + Nb)}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} + 15B \quad (3.2)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
					37
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

где $C, Mn, Cr, Mo, V, Ti, Nb, Cu, Ni, B$ – содержание, % от массы, в составе металла стали соответственно углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, титана, ниобия, меди, никеля, бора.

Величина эквивалента углерода низкоуглеродистых марок стали и низколегированной стали, только с кремнемарганцевой системой легирования, рассчитывается по формуле [4]:

$$[C]_9 = C + \frac{Mn}{6}. \quad (3.3)$$

В последнем случае медь, никель и хром, содержащиеся в сталях как примеси, при подсчете не учитываются.

Тогда для стали Ст3пс5:

$$[C]_9 = (0,14...0,22) + \frac{(0,4...0,65)}{6} = 0,21...0,33 \%$$

Для высоколегированных катаных сталей рассчитывается хромоникелевый эквивалент по формулам [4]:

$$[Cr]_9 = Cr + 12Al + 11V + 7Ti + 3Si + 4,5Nb + 2Mo + 2W; \quad (3.4)$$

$$[Ni]_9 = Ni + 30C + 26N + 0,7Mn + 0,3Cu, \quad (3.5)$$

где в правой части уравнения химические символы означают процентное содержание данных элементов в металле шва.

Тогда для стали 12Х18Н10Т:

$$[Cr]_9 = 18 + 12 \cdot 0 + 11 \cdot 0 + 7 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,8 + 4,5 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 2 \cdot 0 = 26\%;$$

$$[Ni]_9 = 10 + 30 \cdot 0,12 + 26 \cdot 0 + 0,7 \cdot 2 + 0,3 \cdot 0,3 = 15,09\%.$$

Для стали 12Х18Н10Т хромоникелевый эквивалент, определенный по формулам (3.4), (3.5), попадает в область диаграммы Шеффлера, представленной на рисунке 3.2, при которой происходит образование лучшей структуры для сварки – аустенит плюс небольшое содержание феррита; для стали Ст3пс5 углеродный эквивалент, определенный по формуле (3.3), составляет от 0,21% до 0,33%, что позволяет считать эти стали свариваемыми без ограничений. При этом для сварки могут применяться такие способы, как ручная дуговая покрытыми электродами, автоматическая под флюсом, механизированная и автоматическая в защитном газе, электрошлаковая и т.д.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист
Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ						38

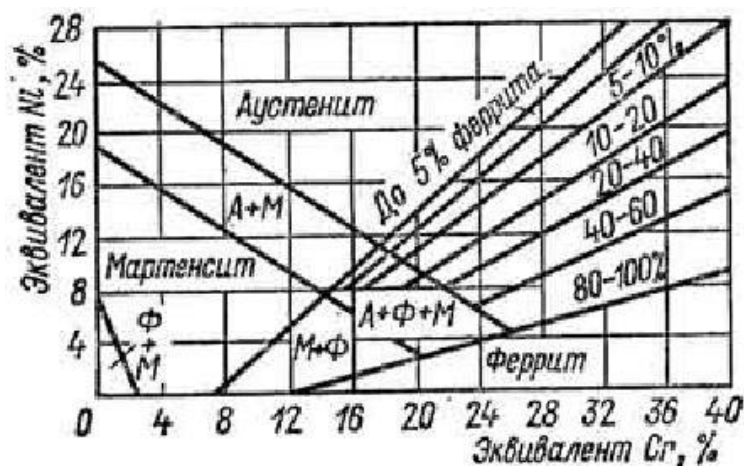


Рисунок 3.2 – Структурная диаграмма нержавеющей сталей (диаграмма Шеффлера)

При этом при сварке изделий при положительной температуре воздуха предварительный и сопутствующий подогрев не требуется.

3.4 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия

Согласно ПБ 03-584-03, 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 обоих 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.

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

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инд. № ауд.	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

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.

При сварке под флюсом сварочная дуга горит под слоем сыпучего вещества. Высота слоя флюса на основном металле от 20 до 80 мм. Схема установки и процесс автоматической сварки горизонтального стыкового шва электродной проволокой под слоем флюса показаны на рисунке 3.3.

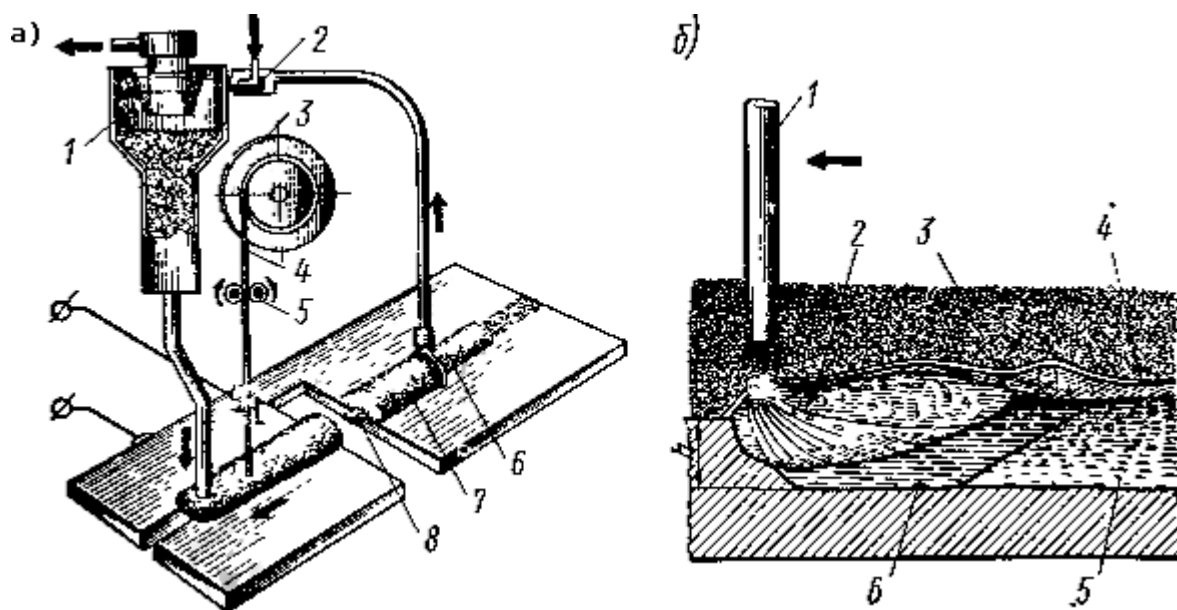


Рисунок 3.3 – Автоматическая дуговая сварка под флюсом: а) – Схема установки: 1 – бункер, 2 – флюсоотсасывающее устройство; 3 – кассета, 4 – электродная головка; 5 – подающий механизм сварочной головки; 6 – шлаковая корка; 7 – флюс; 8 – сварной шов; б) – Процесс сварки; 1 – электрод, 2 – газовый пузырь; 3 – флюс; 4 – слой шлака; 5 – металл шва; 6 – ванна жидкого металла; h – глубина провара

Под автоматом располагают изделие, подготовленное под сварку. Ток от источника питания (обычно переменный) подводят к свариваемому изделию и к сварочной головке. При сварке на подготовленные кромки изделия впереди электрода насыпается флюс из бункера. Дуга возбуждается между свариваемым изделием и электродной проволокой. Для этой цели применяют несколько способов. Наиболее часто дугу возбуждают посредством закорачивания электрода на изделие. При этом закороченный конец проволоки засыпают слоем флюса,

подаваемого из бункера. При горении дуги образуется жидкая металлическая сварочная ванна, закрытая сверху расплавленным шлаком и оставшимся нерасплавленным флюсом. Дуга горит под слоем флюса и, следовательно, без доступа воздуха. Нерасплавившийся флюс отсасывается шлангом в бункер. Шов имеет ровную мелкочешуйчатую поверхность серебристого цвета; сверху он покрыт коркой шлака, легко удаляемой с поверхности шва.

Рассмотрим разновидность автоматической сварки – сварку на флюсовой подушке представленной на рисунке 3.4. Её сущность заключается в том, что под свариваемые кромки изделия 1 подводят флюсовую подушку 2 – слой флюса толщиной от 30 до 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 от 0,05 до 0,06 МПа для тонких и от 0,2 до 0,25 МПа для толстых кромок. Флюсовая подушка не допускает подтекания расплавленного металла и способствует хорошему формированию металла шва.

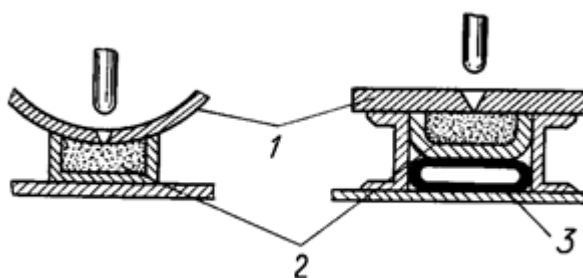


Рисунок 3.4 – Флюсовая подушка

Свариваемые листы собираются с зазором от 2 до 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

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

быть: для листов от 4 до 6 мм – от 0,5 до 1 атмосфер; для листов до 50 мм – от 2 до 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 – от 6 до 7 мм; 40 мм – от 8 до 9 мм; 50 мм – от 10 до 11 мм.

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

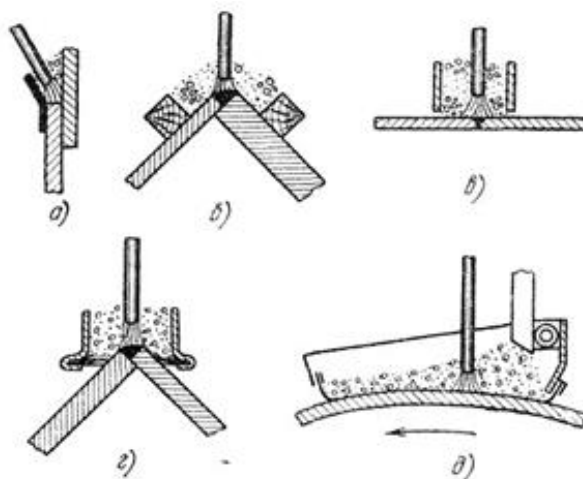


Рисунок 3.5 – Флюсоудерживающие устройства: а) – бумажный ограничитель флюса, б) – ограничитель с деревянными брусками, в) – подвижные щеки для прямых швов, г) – то же, для угловых швов, д) – то же, для кольцевых швов

Для выполнения всех остальных соединений, рассматриваемых в данном проекте, принимаем механизированную аргонодуговую сварку как рекомендуемую по ГОСТ 14771-76 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

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

электродом 1 и основным металлом 2 и горит в среде защитного газа 3. Для заполнения разделки в дугу подается присадочная проволока 4.

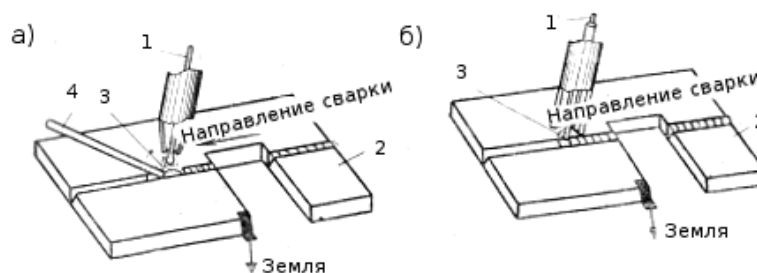


Рисунок 3.6 – Схема процесса сварки в среде защитных газов: а) – неплавящимся электродом; б) – плавящимся электродом

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.

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 аргонодуговая сварка.

3.5 Выбор сварочных материалов

Сварочные материалы для автоматической сварки под флюсом должны иметь сертификат качества (сертификат соответствия) и быть аттестованы в соответствии с требованиями РД 03-614-03 [24].

Для сварки стали 12X18H10T, применяемой в конструкции проектируемого емкостного аппарата, следует использовать проволоки сплошного сечения следующих типов по ГОСТ 2246-70 для обеспечения стойкости к межкристаллитной коррозии: Св-07X19H10Б, Св-05X20H9ФБС. Химический состав наплавленного металла шва и его механические свойства для этих

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

проволок при нормальной температуре приведены в таблицах 3.6 и 3.7 соответственно.

Таблица 3.6 – Химический состав наплавленного металла, % [15]

Марка проволоки	C	Si	Mn	Ni	Cr	Nb	S	P	V
Св-07Х19Н10Б	0,05... 0,09	0,55... 0,7	1,5... 2,0	9,0... 10,5	18,5... 20,5	1,2... 1,5	0,020	0,030	-
Св-05Х20Н9ФБС	0,55... 0,07	0,90... 0,150	1,0... 2,0	8,0... 10,0	19,0... 21,0	1,0... 1,4	0,020	0,030	0,9... 1,3

Таблица 3.7 – Механические свойства наплавленного металла шва при нормальной температуре [15]

Марка проволоки	Временное сопротивление	Предел текучести	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
	МПа			
Св-07Х19Н10Б	630	440	35	70
Св-05Х20Н9ФБС	640	440	33	60

Согласно ПБ 03-584-03, механические свойства металла шва или должны быть не ниже требований, указанных в таблице 3.8.

Легировать шов можно через флюс или проволоку, химический состав которой приведен в таблице 3.6. Легирование через проволоку более предпочтительно, так как обеспечивает повышенную стабильность состава металла шва.

Флюсы для электродуговой сварки высоколегированных сталей указаны в таблице 3.9.

Временное сопротивление разрыву легированной и высоколегированной проволоки должно соответствовать нормам, указанным в таблице 3.10.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Таблица 3.8 – Механические свойства металла шва и наплавленного металла [15]

Наименование сталей	Временное сопротивление разрыву	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)
	при температуре 20 °С		
Углеродные, марганцовистые и марганцево-кремнистые	Не ниже нижнего значения временного сопротивления разрыву основного материала, указанного в соответствующих стандартах	18	50 (5,0)
Низколегированные хромистые и хромомолибденовые		16	
Среднелегированные хромистые, хромомолибденовые и хромованадиево-вольфрамовые		14	
Высоколегированные с особыми свойствами		По стандарту или техническим условиям на сварочный материал, а при отсутствии в них данной характеристики - не менее 18	70 (7,0)

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, плен, закатов, раковин, забоин, окалины, ржавчины, масла и других загрязнений. На поверхности проволоки допускаются риски (в том числе затянутые), царапины, местная рябизна и отдельные вмятины. Глубина указанных пороков не должна превышать предельного отклонения по диаметру проволоки.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

45

Таблица 3.9 – Флюсы для электродуговой сварки высоколегированных сталей [17]

Марка флюса	Назначение
АНФ-14; АНФ-16; 48-ОФ-10; К-8	Автоматическая электродуговая сварка аустенитно-ферритными швами
АН-26	Автоматическая электродуговая сварка сталей с небольшим запасом аустенитности аустенитно-ферритными швами
АНФ-5 ФЦК	Автоматическая электродуговая сварка сталей с большим запасом аустенитности чисто аустенитными швами
48-ОФ-6	Автоматическая электродуговая и электрошлаковая сварка сталей с большим запасом аустенитности чисто аустенитными швами
АНФ-1;АНФ-6; АНФ-7; АН-29; АН-292	Электрошлаковая сварка сталей с большим запасом аустенитности чисто аустенитными швами

Таблица 3.10 – Временное сопротивление разрыву легированной и высоколегированной проволоки [15]

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление разрыву проволоки, МПа, предназначенной для сварки (наплавки)
0,3...0,5	882...1372 (90...140)
0,8...1,5	882...1323 (90...135)
1,6	882...1274 (90...130)
2,0	784...1176 (80...120)
Св. 2,0	686...1029 (70...105)

Перед использованием флюсы должны подвергаться прокатке в соответствии с режимами прокатки флюсов, приведенными в таблице 3.11.

И для автоматической, и для механизированной сварки принимаем сварочную проволоку Св-05Х20Н9ФБС; защитные материалы – флюс АН-26С и аргон в качестве защитного газа.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ	Лист
						46

Таблица 3.11 – Режимы прокалки флюсов [17]

Флюсы	Режим повторной прокалки 1), 2) (перед использованием)		
	Температура, °С		Продолжительность
	Номинальное значение	Предельное отклонение	
АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АНЦ-1	350	±50	1,0
АН-42, АН42М, ФЦ-22, АН 26С ⁴⁾	650	±20	4,0
ФЦ-11	375	±20	4,0
ФЦ-16	620	±20	4,0

Аргон – негорючий и невзрывоопасный газ. Он не образует взрывчатых смесей с воздухом. Будучи тяжелее воздуха, аргон обеспечивает хорошую газовую защиту сварочной ванны. Аргон газообразный чистый поставляется согласно ГОСТ 10157-2016 [18] трех марок: А, Б и В приведены в таблице 3.12. Содержание влаги для газообразного аргона всех трех марок не должно превышать 0,03 г/м³.

Аргон марки В рекомендуется для сварки и плавки хромоникелевых коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов, легированных сталей различных марок и чистого алюминия. Следовательно, принимаем аргон марки В.

Прихватки выполняем механизированной аргонодуговой сваркой, марка проволоки – Св-05Х20Н9ФБС, её диаметр – 2 мм.

Таблица 3.12 – Состав аргона различных марок [18]

Наименование показателя	Марка		
	А	Б	В
1. Объемная доля аргона, %, не менее	99,99	99,96	99,90
2. Объемная доля кислорода, %, не более	0,003	0,005	0,005
3. Объемная доля азота, %, не более	0,01	0,04	0,10
4. Объемная доля водяных паров, %, не более	0,03	0,03	0,03

3.6 Расчёт 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.

Расчет режима сварки начинают с того, что задают требуемую глубину провара при сварке с первой стороны, которая устанавливается равной [13]:

$$h = \frac{S}{2} \pm (1...3) \quad (3.6)$$

где S – толщина металла, мм.

Тогда:

$$h = \frac{10}{2} \pm (1...3) = (2...8) \text{ мм.}$$

Принимаем толщину провара $h = 6$ мм.

Силу сварочного тока, необходимую для получения заданной глубины проплавления основного металла, рассчитывают по формуле [13]:

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

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

Допустимы значения $I_{CB} = 560...600$ А. Принимаем $I_{CB} = 560...600$ А.

Диаметр сварочной проволоки рассчитывают по формуле [13]:

$$d_{эл} = 2 \sqrt{\frac{I_{CB}}{j \cdot \pi}}, \text{ мм} \quad (3.8)$$

где I_{CB} – сила сварочного тока, А;

π – 3,14;

j – плотность тока, приближенные значения которой приведены в таблице 3.13.

Тогда:

$$d_{эл} = 2 \sqrt{\frac{(550...600)}{(45...90) \cdot \pi}} = (2,79...4,11) \text{ мм.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 48
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

Допустимы значения $d_{эл} = 4...5$ мм. Следовательно, принимаем диаметр сварочной проволоки $d_{эл} = 4$ мм.

Таблица 3.13 – Допускаемая плотность тока в электродной проволоке при автоматической сварке стыковых швов [13]

Диаметр электродной 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

Определяем коэффициент наплавки α_H , который при сварке постоянным током обратной полярности [13]:

$$\alpha_H = 11,6 \pm 0,4 \text{ г/А ч.} \quad (3.9)$$

Принимаем коэффициент наплавки $\alpha_H = 12$ г/А ч.

Скорость сварки электродной проволокой диаметром 4 мм рассчитываем по формуле [13]:

$$v_{CB} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{I_{CB}}; \quad (3.10)$$

$$v_{CB} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{(560...600)} = 26,7...35,7 \text{ м/ч.}$$

Допустимо значение $v_{CB} = 35$ м/ч. Принимаем скорость сварки $v_{CB} = 35$ м/ч.

Оптимальное напряжение дуги может быть определено по формуле [13]:

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} I_{CB} \pm 1. \quad (3.11)$$

Тогда

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3^{0,5}} \cdot (550...600) \pm 1 = (34,9...38,3) \text{ В.}$$

Допустимым является напряжение на дуге $U_D = 34...36$ В. Принимаем напряжение дуги $U_D = 35$ В.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ	Лист
						49

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.п.р.}$ определяем по формуле [13]:

$$v_{п.п.р.} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \rho} \quad (3.12)$$

где $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность наплавленного металла шва.

Тогда:

$$v_{п.п.р.} = \frac{4 \cdot 12 \cdot (550...600)}{\pi \cdot 4^2 \cdot 7,8} = 67,4...73,5 \text{ м/ч.}$$

Допустимо значение $v_{п.п.р.} = 55,5 \text{ м/ч.}$ Следовательно, принимаем $v_{п.п.р.} = 55,5 \text{ м/ч.}$

Погонная энергия при сварке определяется по формуле [13]:

$$q_{п} = \frac{I_{CB} \cdot U_{д} \cdot \eta}{v_{CB}} \quad (3.13)$$

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

Тогда:

$$q_{п} = \frac{(560...600) \cdot 35 \cdot 0,9}{35 \cdot \frac{100}{3600}} \approx 18792 \text{ Дж/см}^2.$$

Из ОСТ 26.260.3-2001 [21] принимаем величину вылета проволоки

$l_{э} = 40...50 \text{ мм.}$

Определяем коэффициент формы провара [13]:

$$\psi_{п.р} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{CB}} \quad (3.14)$$

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

$$\psi_{п.р} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot (550...600)) \frac{4 \cdot 35}{(550...600)} = 2,8...3,2.$$

Для автоматической сварки $\psi_{п.р}$ должен находиться в пределах от 1 до 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 [13]:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ						50

$$F_H = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{3600 \cdot \rho \cdot V_{св}}; \quad (3.15)$$

$$F_H = \frac{12 \cdot (550 \dots 600)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 35 \cdot \frac{100}{3600}} \approx 0,25 \text{ см}^2 = 25 \text{ мм}^2.$$

Далее определим основные размеры шва: фактическую глубину проплавления h (3.16), ширину шва e (3.17) и высоту валика g (3.18) [13]:

$$h = 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{II}}}; \quad (3.16)$$

$$h = 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{18792}{(2,8 \dots 3,2)}} \approx 6 \text{ мм};$$

$$e = \psi_{II} \cdot h; \quad (3.17)$$

$$e = (2,8 \dots 3,2) \cdot 6 = 16,8 \dots 19,2 \text{ мм};$$

$$g = \frac{F_H}{0,73 \cdot e}; \quad (3.18)$$

$$g = \frac{25}{0,73 \cdot (16,8 \dots 19,2)} = 1,78 \dots 2,03 \text{ мм}.$$

Так как фактическая глубина провара равна требуемой, то режим сварки обратной стороны шва принимаем равным рассчитанному.

2) Сварные соединения №3 и №4 – механизированная сварка в среде защитного газа – аргона.

При толщине металла $S = 10$ мм диаметр сварочной проволоки $d_{эл} = 2$ мм.

Напряжение на дуге (U_0), силу тока ($I_{св}$), скорость сварки ($V_{св}$) определяют по номограмме, представленной на рисунке 3.7.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ				
					Лист				
					51				

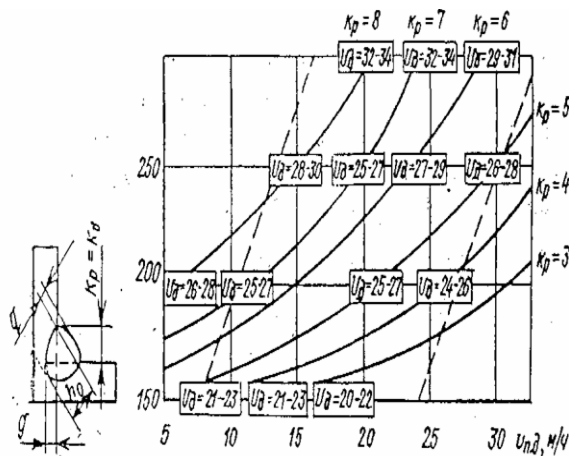


Рисунок 3.7 – Номограмма для определения режимов полуавтоматической сварки в среде углекислого газа угловых швов [19]

Получаем: напряжение на дуге U_d от 22 до 26 В при допустимом значении U_d от 22 до 25 В; сила сварочного тока $I_{св}$ от 300 до 320 А при допустимом значении $I_{св}$ от 290 до 380 А; скорость сварки $v_{св}$ от 29 до 31 м/ч (не нормируется).

Принимаем напряжение на дуге $U_d = 25$ В; сила сварочного тока $I_{св} = 300...320$ А; скорость сварки $v_{св} = 29...31$ м/ч.

Расход защитного газа выбирается по таблице 3.14.

Принимаем расход аргона $q_r = 12...17$ л/мин, как рекомендуемое по ОСТ 26.260.3-2001 [21].

Погонная энергия при сварке:

$$q_{II} = \frac{(300...320) \cdot 25 \cdot 0,9}{30 \cdot \frac{100}{3600}} \approx 8370 \text{ Дж/см}^2.$$

Расчёт вылета электрода производится по формуле:

$$l_э = 10 \cdot d_э. \quad (3.19)$$

Тогда:

$$l_э = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм.}$$

Принимаем вылет электродной проволоки $l_э = 20...26$ мм.

Таблица 3.14 – Расход защитного газа в зависимости от толщины свариваемого углового соединения [19]

Толщина металла, мм	Расход защитного газа, л/мин
0,8...4,0	9...10
5,0...10,0	12...18
11,0...16,0	18...20
17,0...20,0	20...22
21,0...28,0	22...24

Определяем скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.}$:

$$v_{п.пр.} = \frac{4 \cdot 12 \cdot (300...320)}{\pi \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 44,9...48,9 \text{ м/ч.}$$

Принимаем скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.} = 46,9 \text{ м/ч.}$

Определяем коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot (300...320)) \frac{2 \cdot 25}{(300...320)} = 2,3...2,5.$$

Для механизированной сварки $\psi_{пр}$ должен находиться в пределах от 1 до 4.

Как мы видим, форма провара в нашем случае оптимальна.

Определяем площадь наплавленного металла за данный проход [13]:

$$F_H = \frac{K^2}{2} \cdot K_y \quad (3.20)$$

где $K = 6 \text{ мм}$ – катет углового шва, зависящий от толщины более толстого из свариваемых элементов и способа сварки;

$K_y = 1,4...1,6$ – коэффициент усиления.

Принимаем $K_y = 1,5$.

Тогда:

$$F_H = \frac{6^2}{2} \cdot 1,5 = 27 \text{ мм}^2.$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

53

3) Сварное соединение №5 – механизированная сварка в среде защитного газа – аргона.

При толщине металла $S = 10$ мм диаметр сварочной проволоки $d_{эл} = 2$ мм. Сварку ведём на постоянном токе обратной полярности.

Допустимые значения параметров при сварке нахлесточных швов в среде защитных газов: напряжение на дуге $U_d = 21...35$ В; сила сварочного тока $I_{св} = 200...500$ А; скорость сварки $v_{св} = 30...45$ м/ч; $l_э = 10...20$ мм; $q_Г = 12...20$ л/мин.

Как мы видим, параметры режима сварки для соединений 3 и 5 при той же толщине металла входят в эти диапазоны, следовательно, принимаем их: напряжение на дуге $U_d = 25$ В; сила сварочного тока $I_{св} = 300...320$ А; скорость сварки $v_{св} = 30$ м/ч; расход защитного газа $q_Г = 12...17$ л/мин; вылет электродной проволоки $l_э = 20...26$ мм; скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.} = 46,9$ м/ч.

Параметры режимов прихваток.

Для всех соединений принимаем такие же режимы прихваток, как и при аргонодуговой сварке: напряжение на дуге $U_d = 25$ В; сила сварочного тока $I_{св} = 300...320$ А; скорость сварки $v_{св} = 30$ м/ч; расход защитного газа $q_Г = 12...17$ л/мин; вылет электродной проволоки $l_э = 20...26$ мм; скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.} = 46,9$ м/ч.

Результаты проведённого анализа используем для разработки технологического процесса сварки проектируемого емкостного аппарата.

3.7 Выбор сварочного оборудования

Прихватку и сварку при изготовлении изделий могут выполнять сварщики, прошедшие аттестацию на право выполнения сварочных работ в соответствии с требованиями ПБ-03-273-99 и РД 03-495-02 [23].

Выполнение прихваток и сварка должны выполняться на аттестованном в соответствии с РД 03-614-03 [24] сварочном оборудовании, предназначенном для способов сварки РД (для прихваток), АФф и МАДП.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

54

Сварочные источники *LAF* имеют отличные сварочные характеристики во всем диапазоне токов и напряжений. Обладает высоким КПД и силовым фактором. Особенно хороши характеристики первичного и повторного зажигания дуги. Источники обеспечивают стабильную дугу, как на высоких, так и на малых величинах напряжения. Плавное регулирование напряжения дуги позволяет четко управлять сварочными параметрами. Выпрямители *LAF* обеспечивают стабильность дуги при очень малых величинах напряжений. Это значит, что они так же идеально подходят для сварки в среде защитных газов. В таблице 3.15 приведены технические характеристики сварочного выпрямителя *LAF 1001*.

Таблица 3.15 – Технические характеристики *LAF 1001*

Наименование	Характеристика
Напряжение сети, В/Гц	400/50...60
Макс. Сварочный ток при ПВ 100%, А	800/44
Диапазон регулирования, А/В	40/22 ...1000/45
Напряжение холостого хода, В	52
КПД при максимальном токе	0,84
Класс защиты	IP 23
Габариты Д×Ш×В, мм	646×552×1090
Масса, кг	330

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 принимаем полуавтомат комплектный ПроМИГ-560. Он создан специально для промышленных применений, обладает

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

высоким качеством сварки в широком диапазоне токов, легким зажиганием и устойчивым горением дуги, обширным спектром решаемых задач.

ПроМИГ-560 – это комплект для сварки *MMA, MIG/MAG, TIG*, позволяющий производить механизированную сварку в различных пространственных положениях и в широком диапазоне токов.

Полуавтомат ПроМИГ-560 обладает следующими преимуществами:

а) Универсальность. Возможность работы во всех основных режимах сварки на постоянном токе – *MMA, MIG/MAG, TIG* (комбинированная ВАХ для режима *MIG/MAG*, падающая – для *MMA, TIG*). Причем в режиме полуавтоматической сварки можно использовать любой вид проволоки (сплошную, газозащитную и самозащитную порошковую), любой вид защитного газа. Широкий диапазон сварочного тока (до 500 А). Все это делает ПроМИГ-560 действительно универсальным оборудованием для обширного спектра применений;

б) Надежность. Благодаря термозащите от перегрузок и расположению электронных компонентов в защищенном от пыли месте, ПроМИГ-560 подходит для надежной работы в жестких промышленных условиях;

в) Высокое качество сварки. Легкое зажигание и устойчивое горение дуги, низкое разбрызгивание. Стабильность выходных сварочных характеристик при колебаниях напряжения питающей сети -10%/+ 5% от номинального. Эти особенности ПроМИГ-560 обеспечивают высококачественную сварку во всех пространственных положениях;

г) Удобство работы. Отображение на цифровом дисплее силы тока и напряжения во время сварки, среднего значения силы тока и напряжения после завершения процесса сварки. Дистанционное регулирование сварочных параметров с помощью пульта;

д) Низкое разбрызгивание. Разрыв перемычки между проволокой и сварочной ванной происходит при значительно сниженном токе дуги от 70 до 80 А. Размер капель электродного металла одинаков, процесс стабилен и легко

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

57

управляется. Таким образом, обеспечивается снижение разбрызгивания до 3% и менее при сварке короткой дугой.

Стандартная комплектация ПроМИГ-560: выпрямитель сварочный ВДУ-511, подающий механизм ПДГО-601.

Технические характеристики подающего механизма ПДГО-601 и выпрямителя сварочного ВДУ-511 приведены в таблицах 3.16 и 3.17 соответственно.

Таблица 3.16 – Технические характеристики ПДГО-601

Параметр	Значение
Номинальный сварочный ток, А	600
Количество роликов, шт	4
Диаметр стальной проволоки, мм	1,2...2,0
Диаметр порошковой проволоки, мм	1,6...3,2
Вместимость сварочной кассеты, кг	15
Масса, кг	20
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	640×240×420

Таблица 3.17 – Технические характеристики ВДУ-511

Параметр	Значение
Напряжение питающей сети, В (50 Гц)	3×380
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	500 (60%), 400(100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50...500
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16,5...39
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Регулирование сварочного тока	плавное
Масса, кг, не более	240
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм, не более	845×520×795

Для автоматической сварки принимаем Сварочный трактор марки А2 Multitrac с блоком управления РЕК и источником питания LAF 1001 для

<div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>58</div>
	<div>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</div>					

автоматической сварки под флюсом. Его технические характеристики указаны в таблице 3.18.

Сварочный трактор с блоком управления *РЕК* используется для сварки под флюсом и для сварки в среде защитных газов. Сварка под флюсом может производиться как одной, так и двумя проволоками (расщепленной дугой). Механизм подачи с устройством спрямления, обеспечивает стабильную и равномерную подачу проволоки, уменьшает износ контактных частей и повышает стабильность сварочных процессов.

В состав данного сварочного трактора входит флюсоотсос. Это позволяет автоматизировать сбор неиспользованного флюса и уменьшить пылеобразование по сравнению с ручным сбором флюса металлической щёткой.

Для удержания флюсовой подушки принимаем подвижные щёки для сварки прямых швов (сварное соединение №1); подвижные флюсовые подушки из транспортной резиновой ленты, применяемые для сварки цилиндрических сосудов (сварное соединение №2).

Ручные суппорта перемещения сварочной головы в вертикальном и горизонтальном положениях, вкуче с возможностью поворота основной стойки дают возможность простого и быстрого позиционирования сварочной головы относительно стыка. Компактная конструкция позволяет легко переносить *A2 Multitrac* с одного изделия на другое. Точное перемещение трактора обеспечивается полным приводом. Компоненты имеют прочную конструкцию и позволяю эксплуатировать его в самых тяжелых условиях. Электронная система управления с цифровым дисплеем позволяет программировать и управлять всеми сварочными параметрами.

Блок управления сварочным процессом *A2/A6 РЕК* может применяться для автоматической сварки под флюсом или *MIG/MAG* – сварки головками и тракторами *A2/A6*. Блок управления приспособлен для работы совместно со сварочными источниками *LAF TAF*. Тесная связь блока управления со сварочными источниками обеспечивает очень высокую стабильность сварочных процессов. Дисплей блока управления демонстрирует установленные сварочные

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № аудл.	Взам. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

параметры и выдает сообщения об ошибках, если эти параметры выходят за рамки допустимых значений. Работа блока может вестись в ручном и автоматическом режиме.

Таблица 3.18 – Технические характеристики сварочного трактора A2 Multitrac

Параметр	Значение
Диаметр проволоки, мм	1,6...4,0
Макс. ток (ПВ 100 %), А	800
Скорость перемещения, м/мин	0,1...1,7
Габариты (Д×Ш×В), мм	450×489×937
Масса, кг	47

Основные особенности блока управления: меню на русском языке; выбор процессов: под флюсом, в среде защитных газов, электрошлаковая наплавка; предустановка параметров сварки; память на 255 программ сварки; выбор поддержки постоянного сварочного тока или скорости подачи проволоки; отображение тепловложения на дисплее; слот *USB* для восстановления системы или загрузки параметров сварки.

Для механизированной сварки принимаем: газобаллонное оборудование – баллоны с аргоном объёмом 40 литров; двухступенчатый газовый редуктор *Ap-40*, в состав которого входят манометр, расходомер и газовый смеситель. Его технические характеристики приведены в таблице 3.19.

Есть 2 режима работы сварочного оборудования: продолжительный и повторно-кратковременный.

Продолжительный режим – режим работы электротехнического устройства (в том числе сварочного) при неизменной нагрузке, продолжающийся не менее

<div>Инв. № подл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>60</div>
	Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

чем это необходимо для достижения устройством установившейся температуры при неизменной температуре охлаждающей среды.

На продолжительный режим работы рассчитано, как правило, сварочное оборудование для автоматической сварки.

Таблица 3.19 – Технические характеристики газового редуктора *Ar-40*

Параметр	Значение
Газ, для которого предназначен газовый редуктор	Аргон
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:	
наибольшее	4,6
наименьшее	1
Расход газа, л/мин	5...40
Габариты (Д×Ш×В), мм	255×235×190
Масса, кг	3,8

Повторно-кратковременный режим – режим работы электротехнического устройства (в том числе сварочного), при котором работа с неизменной нагрузкой, продолжающаяся менее чем это необходимо для достижения устройством установившейся температуры при неизменной температуре окружающей среды, чередуется с отключениями, во время которых оно не успевает охладиться до температуры охлаждающей среды.

Повторно-кратковременный номинальный режим работы характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью включения (ПВ). Это отношение времени работы под нагрузкой или охлаждения за определенный промежуток времени, при определенной температуре окружающей среды (соотношение времени работы под нагрузкой и отдыха от перегрева). Принятое значение общего времени по Евростандарту составляет 5 минут при 40 градусах Цельсия, других странах и России – 10 минут и при 20 градусах Цельсия. Оптимальное значение ПВ – около 60 процентов, т.е. 6 минут работы и 4 минуты

<div>Инд. № подл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инд. №</div> <div>Инд. № аудл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инд. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>61</div>
	Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

перерыва. Увеличение времени работы под нагрузкой приведет к срабатыванию тепловой защиты блока управления.

При повторно-кратковременном режиме работы во время паузы электротехническое устройство отключается от питающей сети.

Повторно-кратковременный режим работы используется во всех сварочных полуавтоматах и частично в сварочных автоматах, преимущественно с ПВ – 60 процентов, так как установлено, что производительность сварщика (ручная, полуавтоматическая сварка) в среднем, при нормальной его загрузке сварочными работами, равна 60% от общего его времени работы.

В нашем случае у сварочного трактора *A2 Multitrac* режим работы продолжительный, а у полуавтомата ПроМИГ-560 – повторно-кратковременный с ПВ = 60% при цикле сварки 5 минут. Последнее обстоятельство почти не влияет на технологию сварки, так как в проектируемой ёмкости отсутствуют сварные соединения, выполняемые механизированной аргонодуговой сваркой, такой длины, чтобы их выполнение заняло более 3 минут – рабочего цикла сварочного полуавтомата.

3.8 Техника и технология сборки и сварки изделия

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.

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 3.8.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № аудл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					62

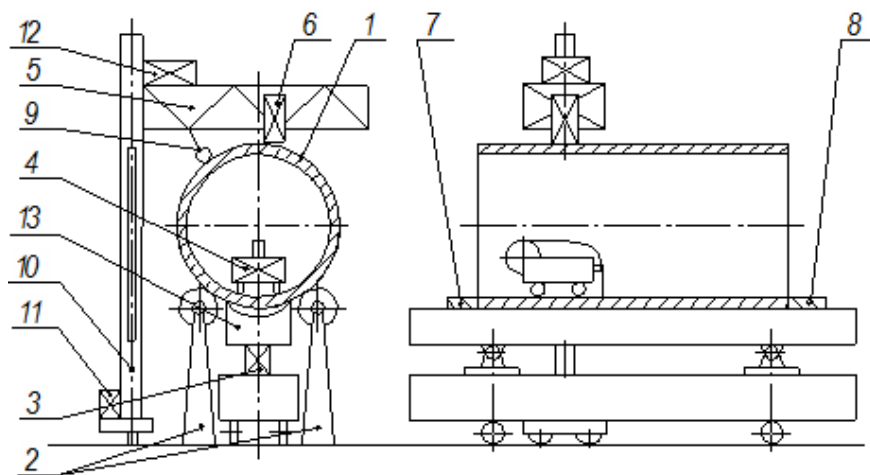


Рисунок 3.8 – Установка для сварки продольных и кольцевых стыков аппарата: 1 – обечайка; 2 – роликовый стенд; 3 – пневмоцилиндр флюсовой подушки; 4 – сварочный трактор; 5 – консольная балка (велобалкон); 6 – сварочный автомат; 7 – входная планка; 8 – выводная планка; 9 – концевой выключатель; 10 – велосипедная тележка; 11 – привод велосипедной тележки; 12 – привод велобалкона; 13 – флюсовый поджим.

Опишем технологию сборки и сварки ёмкости.

1) С технологической точки зрения, вначале целесообразно выполнить сварной шов №1. 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 – С29 ГОСТ 8713-79 [9];
- конструктивные параметры: $S=S_1=10,0$ мм; $e = e_1= 24$ мм; $b = 2 \pm 1,0$ мм; $g = g_1 = 2,5^{+1,0}_{-2,0}$ мм;
- протяжённость шва – 1600,0 мм.

Установку обечайки осуществляем на роликовых опорах с пневмоприводом. Установим требуемый зазор в стыке при помощи винтовых стяжек, представленных на рисунке 3.10. 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, не более допустимого, при помощи полуструбцин, расположенных в местах, где превышение кромок максимально. Максимально допустимое превышение кромок составляет 2,4 мм. Прихватку полуструбцин произведем на принятом режиме сварки. Схема сборки стыка представлена на рисунке 3.9.

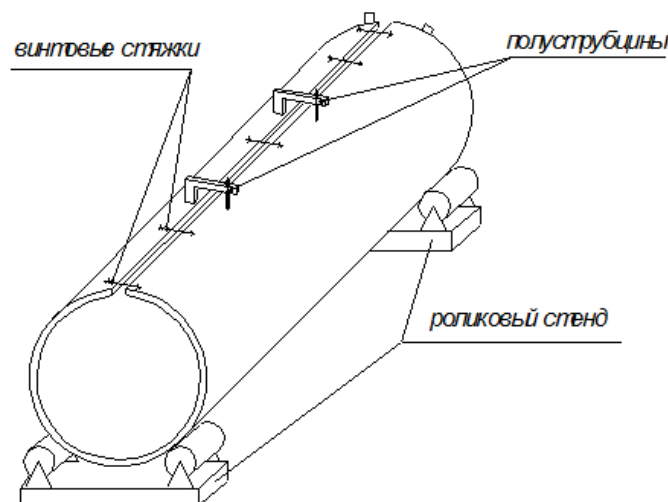


Рисунок 3.9 – Установка зазора и превышения кромок в стыке

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм щёткой с проволокой из нержавеющей стали и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток от 8 до 9, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки от 30,0 до 75,0 мм. Высота прихваток от 3,0 до 3,6 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. Для этого нужно перевернуть обечайку будущим сварным швом вниз и установить сварочный трактор внутри обечайки. Способ сварки первого слоя – на флюсовой подушке.

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

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

64

Диаметр сварочной проволоки $d_{\text{пр}}$, применяемой при сварке 1-го (корневого) слоя, составляет 4,0 мм.

Сила сварочного тока от 550 до 600 А.

Напряжение на дуге – 35 В.

Скорость сварки – 35 м/с.

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{\text{п.пр.}} = 55,5$ м/ч.

Величина вылета проволоки $l_{\text{э}} = 40...50$ 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.

Теперь обечайка переворачивается сварным швом вверх, и сварочный трактор устанавливается сверху. Способ сварки второго слоя – под флюсом.

2) Затем производится сварка шва №2. 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 – С29 ГОСТ 8713-79 [9];
- конструктивные параметры: $S=S_1=10,0$ мм; $e = e_1= 24$ мм; $b = 2 \pm 1,0$ мм; $g = g_1 = 2,5^{+1,0}_{-2,0}$ мм;
- диаметр, по которому выполняется сварка – 1600,0 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, представленной на рисунке 3.10.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

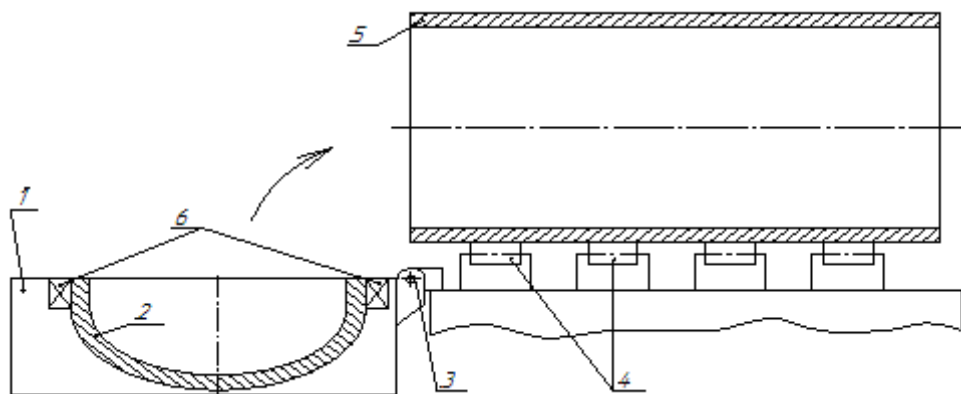


Рисунок 3.10 – Сборка эллиптического днища с корпусом: 1 – устройство или ложемент днища; 2 – днище, привариваемое к корпусу; 3 – поворотный механизм; 4 – роликовый стенд; 5 – корпус; 6 – пневмоцилиндры.

Установим днище на ложемент и зафиксируем его при помощи 12 пневмоцилиндров, которые захватывают и удерживают его. При сборке эллиптических днищ с корпусом согласно ОСТ 26.291-94 [25], 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 $b=2+1$ мм по ГОСТ 8713-79 для соединения С29.

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 щёткой с проволокой из нержавеющей стали и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток от 24 до 25, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки от 90,0 до 120,0 мм. Высота прихваток от 3,0 до 3,6 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).

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

66

Сварку выполняем за два прохода (в два слоя).

Перед началом сварки необходимо удалить конец окисленной сварочной проволоки и установить флюсоудерживающее устройство. Для этого нужно перевернуть обечайку отверстием для люка вниз и установить сварочный трактор внутри обечайки. Сварочный кабель при вращении обечайки в таком случае не будет ни на что наматываться, а по окончании сварки просто окажется с другой стороны роликовых опор. Способ сварки первого слоя – на флюсовой подушке.

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

Диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, применяемой при сварке 1-го (корневого) слоя, составляет 4,0 мм.

Сила сварочного тока от 550 до 600 А.

Напряжение на дуге – 35 В.

Скорость сварки – 35 м/с.

Скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.пр.} = 55,5$ м/ч.

Величина вылета проволоки $l_э = 40...50$ 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.

Сварочный трактор устанавливается сверху. Начальным положением обечайки является конечное положение после сварки внутреннего шва – отверстием для люка вниз. Способ сварки второго слоя – под флюсом.

3) Далее производим приварку переходной накладки – сварной шов № 5 с параметрами:

– тип шва – нахлесточный (НШ);

– тип соединения – нахлесточное (Н), выполняемое с вводными планками;

– тип соединения по НД – Н1 ГОСТ 14771-76 [11];

– конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 10$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $B = 8,0...40,0$ мм; $K = 10$ мм;

– протяжённость шва – 2020,0 мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					Лист
										67
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата						

Сборку деталей осуществляем роликовым стенде. Дополнительные приспособления не нужны. Переходная накладка устанавливается сверху на обечайке, повернутой отверстием для люка вниз. После этого необходимо зачистить соединяемые поверхности на расстояние 100 мм щёткой с проволокой из нержавеющей стали и обезжирить их техническим спиртом, затем защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток от 19 до 20, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки от 120,0 до 140,0 мм. Высота прихваток от 3,0 до 3,6 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 1 проход.

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

Диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, применяемой при сварке, составляет 2,0 мм.

Сила сварочного тока от 300 до 320 А.

Напряжение на дуге – 25 В.

Скорость сварки – 30 м/ч.

Расход защитного газа (аргона) от 12 до 17 л/мин.

Вылет электродной проволоки от 20 до 26 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 46,9 м/ч.

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

4) 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 ГОСТ 14771-76;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ	Лист
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

– конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 8,0$ мм; $b = 1 \pm 1,0$ мм; $c = 1 \pm 1,0$ мм; $e = 20 \pm 2,0$ мм; $g = 1 \pm 1,0$ мм; $\alpha = 50^\circ \pm 2^\circ$;

– диаметр, по которому выполняется сварка – 516,0 мм.

Сборку обечайки, стоящей на роликовых опорах отверстием для люка вверх, с люком осуществляем с помощью распорки, представленной на рисунке 3.11, закрепляющей люк относительно отверстия.

Для установки люка будем использовать схему с заглублением люка в корпус аппарата. С помощью распорки устанавливаем необходимую величину заглубления люка в корпус аппарата, затем в соответствии с требованиями ОСТ 26.291-94 выверяем позиционное отклонение оси люка (допускается не более ± 10 мм), отклонение по высоте (вылету) люка (не должно быть более ± 5 мм) и перпендикулярность оси люка относительно корпуса (при помощи угольника). Выставление зазора производим по шаблону.

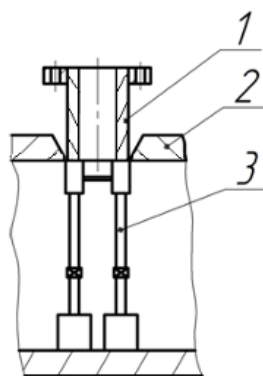


Рисунок 3.11 – Способ установки люка и штуцера в корпус аппарата: 1 – штуцер/люк; 2 – стенка ёмкости; 3 – распорка

После этого необходимо зачистить соединяемые поверхности на расстояние 100 мм щёткой с проволокой из нержавеющей стали и обезжирить их техническим спиртом, затем защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 2, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки от 30,0 до 75,0 мм. Высота прихваток от 3,0 до 3,6 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1).

Перед началом сварки необходимо продуть шланг.

Сварку выполняем за 1 проход.

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

Диаметр сварочной проволоки $d_{\text{пр}}$, применяемой при сварке, составляет 2,0 мм.

Сила сварочного тока от 300 до 320 А.

Напряжение на дуге – 25 В.

Скорость сварки – 30 м/ч.

Расход защитного газа (аргона) от 12 до 17 л/мин.

Вылет электродной проволоки от 20 до 26 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 46,9 м/ч.

5) Далее производим приварку штуцера – сварное соединение № 4 с параметрами:

– тип шва – угловой (УШ);

– тип соединения – угловое (У), выполняемое без вводных планок;

– тип соединения по НД – У4 ГОСТ 14771-76;

– конструктивные параметры: $S = 10,0$ мм; $S_1 = 3,0$ мм; $b = 0^{+1,0}$ мм; $n = 0^{+5,0}$ мм; $e = 8 \pm 2,0$ мм; $g = 1^{+1,5}$ мм;

– диаметр, по которому выполняется сварка – 70,0 мм.

Сборку обечайки, стоящей на роликовых опорах отверстием для люка вверх, со штуцером осуществляем с помощью распорки, закрепляющей штуцер относительно отверстия.

Для установки штуцера будем использовать схему с заглублением штуцера в корпус аппарата. С помощью распорки устанавливаем необходимую величину заглубления штуцера в корпус аппарата, представленного на рисунке 3.11, затем в соответствии с требованиями ОСТ 26.291-94 [25] выверяем позиционное отклонение оси штуцера (допускается не более ± 10 мм), отклонение по высоте (вылету) штуцера (не должно быть более ± 5 мм) и перпендикулярность оси

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.						Лист	
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					70

штуцера относительно корпуса (при помощи угольника). Выставление зазора производим по шаблону.

После этого необходимо зачистить соединяемые поверхности на расстояние 100 мм щёткой с проволокой из нержавеющей стали и обезжирить их техническим спиртом, затем защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток – 2, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки от 15,0 до 20,0 мм. Высота прихваток от 3,0 до 3,6 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 1 проход.

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

Диаметр сварочной проволоки $d_{пр}$, применяемой при сварке, составляет 2,0 мм.

Сила сварочного тока от 300 до 320 А.

Напряжение на дуге – 25 В.

Скорость сварки – 30 м/ч.

Расход защитного газа (аргона) от 12 до 17 л/мин.

Вылет электродной проволоки от 20 до 26 мм.

Скорость подачи сварочной проволоки – 46,9 м/ч.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист 71
						Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	

Раздел 4. Контроль качества сварных соединений

4.1 Дефекты сварных соединений

Дефекты сварных швов и соединений, выполненных сваркой плавлением, возникают из-за нарушения требований нормативных документов к подготовке, сборке и сварке соединяемых узлов, механической и термической обработке сварных швов и самой конструкции, к сварочным материалам.

Дефекты сварных соединений могут классифицироваться по различным признакам: форме, размеру, размещению в сварном шве, причинам образования, степени опасности и т.д. Наиболее известной является классификация дефектов, рекомендованная межгосударственным стандартом ГОСТ 30242-97 [26]. Согласно этому стандарту, дефекты сварных соединений подразделяются на шесть групп: 1) Трещины; 2) Полости, поры, свищи, усадочные раковины, кратеры; 3) Твердые включения; 4) Несплавления и непровары; 5) Нарушения формы шва – подрезы, усадочные канавки, превышения выпуклости, превышения проплава, наплавы, смещения, натеки, прожоги и др.; 6) Прочие дефекты.

Для данного типа конструкций характерны следующие виды дефектов: отклонения размеров сварных швов от заданных; непровары; наплавы; подрезы; поры и свищи; шлаковые включения и оксидные плёнки; горячие трещины. Рассмотрим их по порядку.

1) При выполнении сварных соединений любыми методами сварки плавлением сварные швы могут иметь неравномерные ширину и высоту, бугры, седловины, неравномерную высоту катетов в угловых швах, представленных на рисунке 4.1.

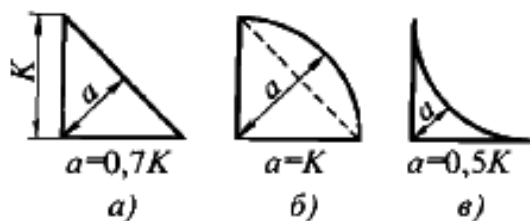


Рисунок 4.1 – Дефекты формы швов: а) – неравномерная ширина шва при ручной сварке; б) – то же, при автоматической сварке; в) – неравномерная выпуклость – бугры и седловины.

Неравномерная ширина швов образуется при неправильном движении электрода, зависящем от зрительно-двигательной координации (ЗДК) сварщика, а также в результате возникших отклонений от заданного зазора кромок при сборке. При автоматической сварке причиной образования этого дефекта является нарушение скорости подачи проволоки, скорости сварки и т.д.

Неравномерность выпуклости по длине шва, местные бугры и седловины при автоматической сварке встречаются редко и являются следствием неполадок в механизме автомата, регулирующем скорость сварки.

Способы предупреждения: чёткое соблюдение технологии сварки; работы должны выполняться сварщиками соответствующей квалификации.

Способы устранения: а) Исправление заниженных размеров сварных швов проводится путём дополнительной наплавки валиков на предварительно защищённую поверхность ранее выполненного шва; б) Исправление завышенных размеров сварных швов проводится путём местной подшлифовки или местной вырубке пневматическим зубилом с последующей зачисткой наждачным камнем для обеспечения плавных переходов швов к основному металлу.

2) Непроваром называют местное несплавление основного металла с наплав-ленным, а также несплавление между собой отдельных слоев шва при многослойной сварке из-за наличия тонкой прослойки – окислов, а иногда и грубой шлаковой прослойки внутри швов. Наряду с трещинами, непровары являются наиболее опасным дефектом сварных швов. Они возникают в самом шве и в околошовной зоне, располагаясь вдоль и поперек шва в виде несплошностей микро- и макроскопических размеров. Причинами непроваров являются: плохая очистка металла от окалины, ржавчины и грязи, малый зазор в стыке, излишнее притупление и малый угол скоса кромок, недостаточная величина тока или мощности горелки, большая скорость сварки, смещение электрода в сторону от оси шва.

При автоматической сварке под флюсом и электрошлаковой сварке непровары, представленные на рисунке 4.2, обычно образуются в начале процесса, когда основной металл еще недостаточно прогрет. Поэтому сварку

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инд. № дубл.	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

начинают на входных технологических планках, отрезаемых в дальнейшем. Иногда непровары по сечению шва возникают из-за вынужденных перерывов в процессе сварки.

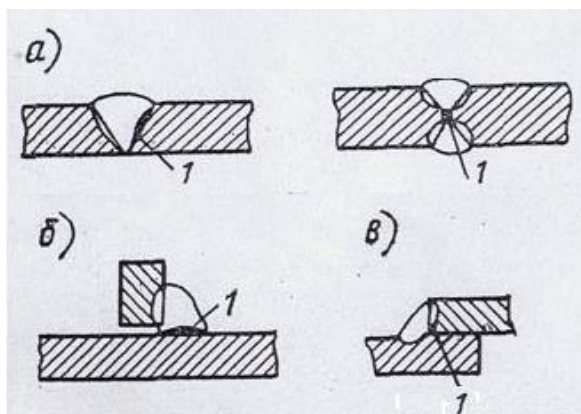


Рисунок 4.2 – Непровары в швах: а) – стыковых; б) – угловых; в) – нахлесточных; 1 – непровар

Способы предупреждения: правильный выбор режимов сварки; работы должны выполняться сварщиками соответствующей квалификации; хорошая очистка металла от окалины, ржавчины и грязи; уменьшение скорости сварки; применение вводных и выводных планок; механизированные и автоматизированные виды сварки.

Способы устранения: удаление дефектного участка до здорового металла с последующей заваркой.

3) Наплывы образуются в результате стекания расплавленного металла электрода на нерасплавленный основной металл или ранее выполненный валик без сплавления с ним, представленные на рисунке 4.3. Наплывы могут быть местными, в виде отдельных зон, а также значительными по длине.

Наплывы возникают из-за: чрезмерной силы тока при длинной дуге и большой скорости сварки; неверного смещения электродной проволоки при сварке кольцевых швов под флюсом.

Способы предупреждения: правильный выбор режимов сварки; уменьшение скорости сварки.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

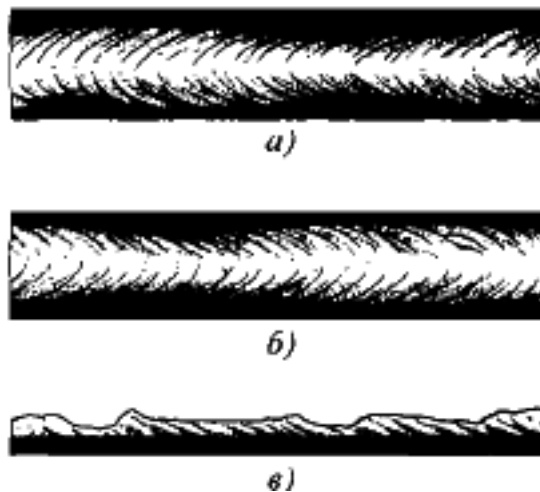


Рисунок 4.3 – Наплывы в швах: а) – горизонтальном; б) – нахлесточного соединения; в) – таврового; г) – стыкового соединения или при наплавке валиков

Способы устранения: наплывы и натёки сварных швов в местах перехода к основному металлу должны исправляться опиловкой, вышлифовкой или местной подрубкой с последующей зачисткой наждачным камнем для получения плавного перехода от шва к основному металлу.

4) Подрезы представляют собой углубления (канавки) в основном металле, идущие по краям шва, представленные на рисунке 4.4. Глубина подреза может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Причинами, по которым образуются эти дефекты сварных соединений, являются: значительной силы ток и повышенное напряжение дуги; неудобное пространственное положение при сварке; небрежность сварщика.

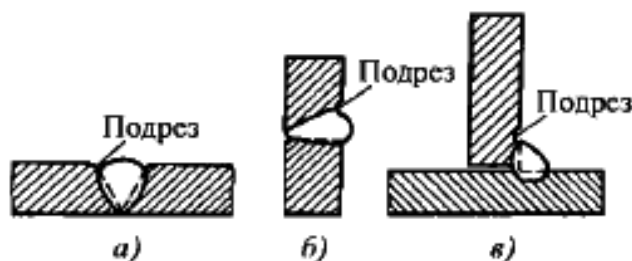


Рисунок 4.4 – Подрезы: а) – в стыковом шве; б) – в горизонтальном шве, расположенном на вертикальной плоскости; в) – в угловом шве таврового соединения

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Подрезы в шве уменьшают рабочую толщину металла, вызывают местную концентрацию напряжений от рабочих нагрузок и могут быть причиной разрушения швов в процессе эксплуатации. Подрезы в стыковых и угловых швах, расположенные поперек действующих на них сил, приводят к резкому снижению вибрационной прочности; даже достаточно крупные подрезы, проходящие вдоль действующей силы, отражаются на прочности в значительно меньшей степени, чем подрезы, расположенные поперек. При сварке угловыми швами подрезы возникают в основном из-за смещения электрода в сторону вертикальной стенки, что вызывает значительный разогрев, плавление и стекание ее металла на горизонтальную полку. В результате на вертикальной стенке появляются подрезы, а на горизонтальной полке – наплывы.

Способы предупреждения: правильный выбор режимов сварки; работы должны выполняться сварщиками соответствующей квалификации.

Способы устранения: исправление швов с подрезами и углублениями между валиками производится путём наплавки валика в углубление. Перед заваркой участков с подрезами и углублениями между валиками производится зачистка металла шва и основного металла, прилегающего к нему.

5) Поры, представленные на рисунке 4.5, в виде полости округлой формы, заполненной газом, образуются вследствие: загрязненности кромок свариваемого металла, использования влажного флюса, отсыревших электродов, недостаточной защите шва при сварке в углекислом газе, увеличенной скорости, завышенной длине дуги. При сварке в углекислом газе, а в некоторых случаях и под флюсом на больших токах, образуются сквозные поры, так называемые свищи, представленные на рисунке 4.6. Свищи – продолговатые трубчатые полости, вызванные выделением газа.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

76

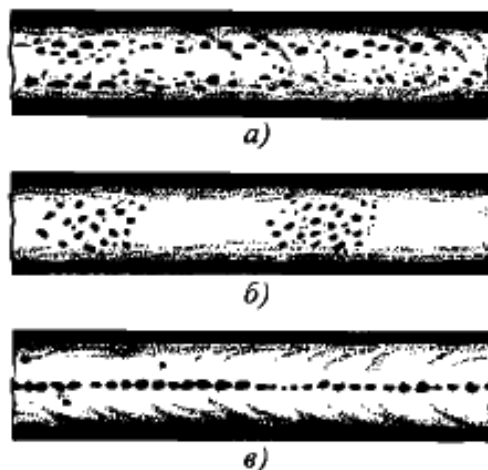


Рисунок 4.5 – Характер пористости в наплавленном металле шва: а) – равномерная пористость; б) – скопления пор; в) – цепочки пор

Размеры внутренних пор колеблются от 0,1 до 3 мм в диаметре, а иногда и больше. Поры, выходящие на поверхность шва, могут быть и больше. Свищи при сварке под флюсом или в углекислом газе на больших токах могут иметь диаметр от 6 до 8 мм. Длина так называемых «червеобразных» пор – до нескольких сантиметров.

Равномерная пористость, представленная на рисунке 4.5, обычно возникает при постоянно действующих факторах: загрязненности основного металла по свариваемым поверхностям (ржавчина, масло и т.п.), непостоянной толщине покрытия электродов и т.д. Скопление пор наблюдается при местных загрязнениях, а также при нарушении сплошности покрытия электрода, сварке в начале шва, обрыве дуги или случайных изменениях ее длины.

Цепочки пор образуются в условиях, когда газообразные продукты проникают в металл по оси шва на всем его протяжении (при сварке по ржавчине, подсосе воздуха через зазор между кромками, подварке корня шва некачественными электродами). Одиночные поры возникают за счет действия случайных факторов (колебания напряжения в сети и т.д.). Наиболее вероятно возникновение пор при сварке алюминиевых и титановых сплавов, в меньшей степени – при сварке сталей.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № ауд.	Взам. инд. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

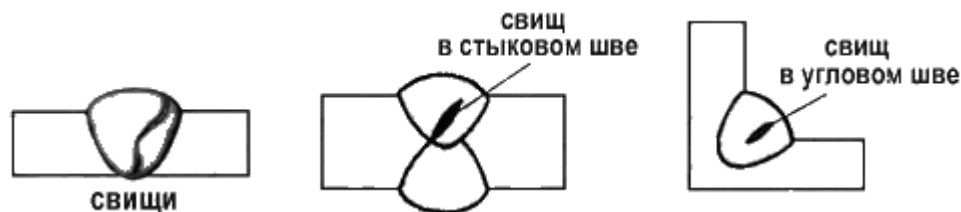


Рисунок 4.6 – Свищи

Способы предупреждения: правильный выбор режимов сварки; работы должны выполняться сварщиками соответствующей квалификации; хорошая очистка металла от окалины, ржавчины и грязи; уменьшение скорости сварки; применение вводных и выводных планок; механизированные и автоматизированные виды сварки.

Способы устранения: удаление дефектного участка до здорового металла с последующей заваркой.

6) Шлаковые включения в металле сварного шва, представленные на рисунке 4.7 – это небольшие объёмы, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, оксидами). Вероятность образования шлаковых включений в значительной мере определяется маркой сварочного электрода. При сварке электродами с тонким покрытием вероятность образования шлаковых включений очень велика. При сварке высококачественными электродами, дающими много шлака, расплавленный металл дольше находится в жидком состоянии, и неметаллические включения успевают всплыть на его поверхность, в результате чего шов засоряется шлаковыми включениями незначительно.



Рисунок 4.7 – Шлаковые включения по подрезу кромки в многослойном шве

Шлаковые включения можно разделить на макроскопические и микроскопические. Макроскопические имеют сферическую и продолговатую формы в виде вытянутых «хвостов».

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Эти включения образуются в шве из-за плохой очистки свариваемых кромок от окалины и других загрязнений и чаще всего вследствие внутренних подрезов и плохой зачистки от шлака поверхности первых слоёв многослойных швов перед заваркой. Кроме того, они возникают при сварке длинной дугой, неправильном наклоне электрода, недостаточной величине сварочного тока или мощности горелки, завышенной скорости сварки.

Микроскопические шлаковые включения появляются в результате образования в процессе плавления некоторых химических соединений, остающихся в шве при кристаллизации. Шлаковые включения, так же как и газовые поры, ослабляют сечение шва, уменьшают его прочность и являются зонами концентрации напряжений.

Оксидные пленки могут возникать при всех видах сварки. Причины их образования такие же, как и шлаковых включений: это загрязненность поверхностей свариваемых элементов; плохая зачистка от шлака поверхности слоев шва при многослойной сварке; низкое качество электродного покрытия, флюса; недостаточная квалификация сварщика и т.п.

Способы предупреждения: правильный выбор режимов сварки; работы должны выполняться сварщиками соответствующей квалификации; хорошая очистка металла от окалины, ржавчины и грязи; уменьшение скорости сварки; проведение испытаний сварочных материалов; их прокатка и просушка перед сваркой.

Способы устранения: удаление дефектного участка до здорового металла с последующей заваркой.

7) Трещины – частичное местное разрушение сварного соединения в виде разрыва, представлены на рисунке 4.8. Образованию трещин в данной конструкции могут способствовать следующие факторы: слишком глубокие и узкие швы при автоматической сварке под флюсом; наличие в сварных соединениях других дефектов, являющихся концентраторами напряжений, под действием которых в области дефектов начинают развиваться трещины.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инд. № ауд.	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

79

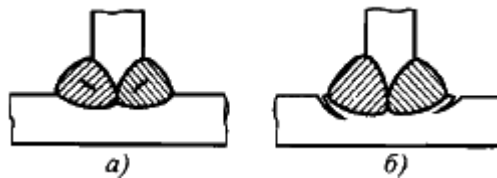


Рисунок 4.8 – Трещины в сварных соединениях и швах: а) – в наплавленном металле; б) – в зонах сплавления и термического влияния

Горячие трещины появляются в процессе кристаллизации металла шва при температуре от 1100 до 1300 градусов Цельсия. Их образование вызывается наличием полужидких прослоек между кристаллами наплавленного металла шва в конце его затвердевания и действием в нем растягивающих усадочных напряжений. Повышенное содержание в металле шва углерода, кремния, водорода и никеля также способствует образованию горячих трещин. Они обычно расположены внутри шва и их трудно выявить.

Способы предупреждения: автоматическую сварку под флюсом производить на пониженных скоростях с минимальным числом проходов; кратеры швов должны быть тщательно заплавлены до получения выпуклого мениска или вышлифованы, выводить кратеры на основной металл запрещается; в случае вынужденного обрыва дуги до ее повторного возбуждения необходимо убедиться в отсутствии горячей кратерной трещины, при наличии трещины кратер удалить механическим способом; сварщики, допущенные к сварке сталей с полностью аустенитной структурой, должны быть обучены приемам борьбы с горячими трещинами; при проектировании сварных конструкций сталей с полностью аустенитной структурой необходимо во всех возможных случаях заменять угловые и тавровые соединения стыковыми; применять комбинированный способ сварки соединений большой толщины, при котором внутренние и внешние, не соприкасающиеся с агрессивной средой, слои шва выполняются электродами, обеспечивающими меньшую коррозионную стойкость, но повышенную стойкость металла шва против горячих трещин (в т.ч. и за счет наличия ферритной фазы); при этом толщина слоя, обращенного к

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

коррозионной среде, равноценного по коррозионной стойкости основному металлу, должна быть не менее 3 мм.

Способы устранения: удаление дефектного участка до здорового металла с последующей заваркой.

4.2 Выбор методов контроля качества

Согласно ГОСТ Р 52630-2012, сосуды (сборочные единицы и детали), материалы и комплектующие изделия должны быть приняты отделом технического контроля предприятия-изготовителя и проверены на соответствие требованиям НД.

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

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

Испытания сосудов следует проводить на испытательном оборудовании, аттестованном в установленном порядке, укомплектованном средствами защиты и приборами, имеющем эксплуатационную документацию и паспорт.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

81

Испытания сосудов должен проводить обученный и аттестованный персонал по утвержденной технологии в соответствии с программами и методиками (технологическим процессом) на испытания.

Геометрические размеры и форму поверхностей следует измерять с помощью средств, обеспечивающих погрешность не более 30 % установленного допуска на изготовление.

Габаритные размеры сосудов следует определять путем суммирования размеров входящих в них сборочных единиц и деталей.

Контроль качества поверхностей на отсутствие плен, закатов, расслоений, грубых рисок, трещин, снижающих качество и ухудшающих товарный вид, следует проводить путем визуального осмотра.

Браковочный признак устанавливают на основании требований соответствующего стандарта или проектной документации.

Обязательная проверка наличия, содержания, мест расположения клейм на сварных швах и маркировки на готовом сосуде (самостоятельно поставляемых сборочных единицах и деталях) должна осуществляться визуальным осмотром.

Контроль качества сварных соединений следует проводить следующими методами:

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

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Окончательный контроль качества сварных соединений сосудов, подвергаемых термической обработке, следует проводить после термической обработки.

Контроль комплектности, консервации, окраски, упаковки необходимо проводить путем сопоставления объема и качества выполненных работ с требованиями настоящего стандарта и технических условий.

Предприятие – изготовитель негабаритных сосудов, транспортируемых частями, должно провести контрольную сборку.

Допускается вместо сборки проводить контрольную проверку размеров стыкуемых частей при условии, что предприятие-изготовитель гарантирует собираемость сосуда.

В процессе изготовления сборочных единиц и деталей необходимо проверять на соответствие требованиям стандартов (технических условий) и проекта:

- состояние и качество свариваемых сборочных единиц и деталей и сварочных материалов;
- качество подготовки кромок и сборки под сварку;
- соблюдение технологического процесса сварки и термической обработки.

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

Обязательному визуальному контролю и измерению подлежат все сварные швы в соответствии с ГОСТ 30242-97 для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва. Механическим испытаниям следует подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосуда. Механические испытания необходимо проводить на контрольных стыковых сварных соединениях на 2 или 3 образцах в зависимости от типа испытания.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Испытание сварного соединения на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить для сосудов (сборочных единиц, деталей), изготовленных из сталей аустенитного класса, по требованию технических условий или проекта.

Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить по ГОСТ 6032-2003 [27]. Метод испытания должен быть указан в работе.

Металл шва и зона термического влияния должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.

При получении неудовлетворительных результатов допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Допускается не подвергать металлографическим исследованиям стыковые сварные соединения из нержавеющей стали.

Стилоскопирование сварных швов следует проводить для установления марочного соответствия примененных сварочных материалов требованиям проекта и инструкций по сварке или настоящего стандарта.

При стилоскопировании следует руководствоваться РД 26.260.15-2001 [28].

Стилоскопированию сосудов группы 5а должны подвергаться 25% от общего количества сварных швов.

При получении неудовлетворительных результатов допускается повторное стилоскопирование того же сварного соединения на удвоенном количестве точек.

Дефектные сварные швы, выявленные при контроле, должны быть удалены, швы вновь сварены и подвергнуты стилоскопированию.

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений следует применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический, ультразвуковой.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

84

Ультразвуковую дефектоскопию сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 14782-86 [29] и НД.

Радиографический контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 7512-82 [30] и НД.

Цветной или магнитопорошковой дефектоскопии следует подвергать сварные швы, не доступные для осуществления контроля радиографическим или ультразвуковым методом, а также сварные швы сталей, склонных к образованию трещин при сварке.

Цветную дефектоскопию сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 18442-80 [31] и НД.

Объем контроля и класс чувствительности определяют в соответствии с требованиями НД или требованиями проекта.

Для механических и коррозионных испытаний, а также металлографических исследований вырезают образцы из контрольных сварных соединений.

Если проведена производственная аттестация технологии сварки, то разрешается не выполнять механические испытания контрольных сварных соединений.

Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления. Гидравлическое испытание следует проводить на предприятии-изготовителе. Гидравлическое испытание сосудов, транспортируемых частями и собираемых на месте монтажа, допускается проводить после их изготовления на месте установки.

Гидравлическое испытание сосудов следует проводить с крепежом и прокладками, предусмотренными в технической документации.

Контроль в процессе сварки осуществляется производственным мастером и специалистом лаборатории неразрушающего контроля и должен обеспечивать выявление и своевременное устранение обнаруженных дефектов, а также принятие профилактических мер с целью исключения условий для возникновения повторных дефектов.

Контроль качества сварных соединений емкостного аппарата должен осуществляться следующими методами:

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

85

- операционным контролем;
- визуальным и измерительным контролем;
- ультразвуковым или радиографическим контролем (иногда применяются оба метода контроля вместе);
- механическими испытаниями.

Заключение о качестве сварных соединений выдает лаборатория неразрушающего и разрушающего контроля.

Операционный контроль. Контроль должен проводиться в соответствии с РД 34 10.126-94 [32]. Операционный контроль предусматривает проверку соблюдения требований нормативно-технической, производственно-технологической и рабочей конструкторской документации изделий и узлов при выполнении работ по подготовке деталей (сборочных единиц, оборудования) и их сборке под сварку, подогреву, сварке, термической обработке и исправлению дефектов в сварных соединениях и основном металле.

Результаты операционного контроля должны быть зафиксированы в отчетной документации (карта операционного контроля, журнал сварочных работ, журнал работ по термообработке и исправлению дефектов и др.).

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения проектируемого емкостного аппарата.

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

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

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

86

поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта – с помощью мерительных инструментов.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Ультразвуковая и радиографическая дефектоскопия.

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат ультразвуковой или радиографической дефектоскопии в объеме, определяемым ПБ 03-584-03. Ультразвуковой контроль должен проводиться в соответствии с требованиями по ГОСТ 14782-86. Радиографический контроль должен проводиться в соответствии с ГОСТ 7512-82.

В сварных соединениях не допускаются следующие внутренние дефекты:

- трещины всех видов и направлений, в том числе микротрещины;
- свищи;
- непровары (несплавления), расположенные в сечении сварного соединения;
- поры, шлаковые и вольфрамовые включения, выходящие за пределы норм, установленных нормативно-техническими документами.

Механические испытания.

В соответствии с применяемыми в проектируемом емкостном аппарате типами сварных соединений разрушающий контроль путем механических испытаний сварных соединений проводят для стыковых сварных соединений (швы 1, 2 и 4) в целях проверки соответствия прочностных и пластических свойств различных участков сварного соединения требованиям нормативно-технической документации.

Они выполняются по ГОСТ 6996-66 [33] и включают испытания на растяжение, на изгиб или сплющивание, на ударный изгиб.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № ауд.	Взам. инд. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Лит.	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Контроль механических свойств сварных соединений должен производиться на образцах, изготовленных из контрольных сварных соединений.

Контрольные сварные соединения должны воспроизводить одно из стыковых сварных соединений ёмкости, определяющих её прочность.

Контрольные сварные соединения должны быть идентичны контролируемым производственным сварным соединениям (по марке стали, толщине листа или размерам труб, форме разделки кромок, способу сварки, сварочным материалам, положению шва, режимам и т.п.) и выполнены тем же сварщиком и на том же сварочном оборудовании одновременно с производственным соединением.

Гидравлические испытания.

Контроль на герметичность способом гидравлическим с люминесцентным индикаторным покрытием или люминесцентно-гидравлическим допускается совмещать с гидравлическим испытанием.

Качество сварного соединения следует считать удовлетворительным, если в результате применения любого соответствующего заданному классу герметичности метода не будет обнаружено течи (утечек).

Сварные соединения считают не прошедшими испытания, если уровень их механических свойств ниже, чем у основного металла.

Учитывая всё вышесказанное, назначаем следующие методы контроля:

1) Для сварного соединения №1: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический, ультразвуковой, стилоскопирование – по 25% сварного шва; на растяжение и статический изгиб – по 2 образца; гидравлический, контроль МКК;

2) Для сварного соединения №2: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический, ультразвуковой, стилоскопирование – по 25% сварного шва; гидравлический, контроль МКК;

3) Для сварного соединения №3: визуальный, измерительный – по 100% сварного шва; радиографический, ультразвуковой, стилоскопирование – по 25% сварного шва; гидравлический, контроль МКК;

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

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

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № ауд.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
										89
					Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Раздел 5. Выбор 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, представленную на рисунке 5.1.

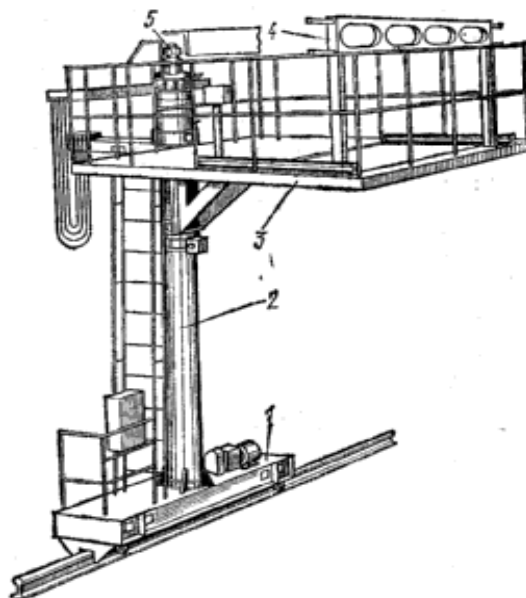


Рисунок 5.1 – Велосипедная тележка с балконом: 1 – самоходная платформа; 2 – стойка; 3 – балкон; 4 – направляющая для сварочного аппарата; 5 – верхний ролик

Все сварные соединения, кроме №1 и №4, 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 не приводной 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 роlikового вращателя М61071

Наименование параметров	Значения
Крутящий момент на оси вращения приводных роlikов, Н*м, не менее	2000
Наибольшая грузоподъемность, кг	20000
Наружный диаметр роlikов, мм	400
Диаметр свариваемых изделий, мм.	
наибольший	4000
наименьший	400
Угловой люфт приводного ролика, градусы, не более (не более 3 мм на радиус 200 мм)	0,8
Скорость вращения приводных роlikов, об/мин	
наименьшая, не более	0,075
наибольшая, не менее	2,5
что при роlike О400 мм соответствует скорости вращения изделия, м/с	
наименьшей	0,0016
наибольшей (маршевой)	0,0523
Наибольшее отклонение сварочной скорости	4%
Количество приводных секций, шт.	1
Количество неприводных секций, шт.	1
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	
Приводной	3350×695×560
Неприводной	2684×530×560
Масса, кг	1310
Род тока питающей сети	переменный трёхфазный
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	380
Установленная мощность, кВт, не более	3,0
Степень защиты шкафа управления	JP-32

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Неприводная 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 тележку 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 сварочному аппарату, что снизит качество шва. Во избежание этого иногда крепление

Инд. № подл.	Подп. и дата
Изм. инд. №	
Инд. № ауд.	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

92

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...4800
Расстояние между осями стойки и электрода, мм	2240...2440
Наибольшая длина швов, мм	2500
Скорость перемещения тележки, м/мин: маршевая	10
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	4500×3900×7000
Масса, кг	5300

Проведем расчет скорости вращения обечайки.

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки:

$$v_{CB} = 35 \text{ м/ч} = 0,58 \text{ м/мин.}$$

Формула, связывающая линейное и вращательное движение [4]:

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

где ω – угловая скорость вращения обечайки;

R – радиус обечайки, м.

Тогда формула скорости вращения обечайки на роликовом стенде будет выглядеть следующим образом [4]:

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

$$\omega = \frac{0,58}{0,8} = 0,725 \text{ об/мин.}$$

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 от 0,075 до 2,5 об/мин.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ	Лист
						93

Заключение

В соответствии с исходными данными – чертежом конструкции, техническими требованиями к сварной конструкции – проведена работа по разработке сборки и сварки корпуса аппарата емкостного; для обеспечения равнопрочности сварных швов с основным материалом подобраны соответствующие сварочные материалы, выбраны способы получения неразъемного соединения и оборудование, необходимое для сварки конструкции; рассчитаны режимы сварки, приведены сведения о методах контроля сварных соединений.

Для увеличения производительности и улучшения условий труда, а также повышения качества сварных швов, произведена замена ручной дуговой сварки штучера, люка, переходной накладки и опор на механизированную сварку в среде аргона.

Разработанная технология сборки и сварки изделия позволяет обеспечить следующие технические показатели:

- стабильность производства;
- высокое качество сварных швов;
- увеличение производительности;
- обеспечение надежности и безопасности в работе.

Предлагаемая технология сборки и сварки обеспечивает экономическую эффективность при ее внедрении в производство.

Инв. № подл.	Подп. и дата															
	Взам. инв. №															
	Инв. № дудл.															
	Подп. и дата															
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <table border="1" style="width: 40%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Лит</td> <td style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Изм.</td> <td style="text-align: center; font-size: 0.8em;">№ докум.</td> <td style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Подп.</td> <td style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Дата</td> </tr> </table> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</p> </div> <div style="width: 10%; text-align: center; font-size: 0.8em;"> <p>Лист</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0;">94</p> </div> </div>												Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата												

Список использованных источников

1. **Виноградов В. С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении** [Текст]: учеб. для вузов – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с., ил.

2. **ФИПС – Федеральный институт промышленной собственности** [Электронный ресурс]: Федеральное государственное бюджетное учреждение: [сайт]. URL: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources

3. **Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных** [Текст]: зарегистрированы постановлением Госгортехнадзора России от 10.06.03 № 81. ПБ 03-584-03 // «Российская газета», 2003. – 50 с.

4. **Инженерно–технологические основы подготовки сварочного производства. Учебное пособие** [Текст]: под редакцией доктора технических наук, профессора А. Е. Розена. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 276 с.

5. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ Р 52630-2012. – Введён 29.10.2012. – М.: Изд-во стандартов, 2012 – 121 с.

6. **Прокат листовой горячекатаный. Сортамент** [Текст]: ГОСТ 19903-2015. – Введён 01.09.2016. - М.: Изд-во стандартов, 2016 – 15 с.

7. **Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 7350-77. – Введён 01.01.1978. - М.: Изд-во стандартов, 1978 – 12 с.

8. **Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки** [Текст]: ГОСТ 380-2005. – Введён 09.12.2005. - М.: Изд-во стандартов, 2005 – 12 с.

9. **Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 8713-79. – Введён 01.01.1981. - М.: Изд-во стандартов, 1981 – 63 с.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p style="text-align: center;"><i>ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ</i></p>					Лист
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата						95

10. **Сосуды и аппараты сварные стальные. Соединения из разнородных сталей** [Текст]: РД РТМ 26-298-78. – Введён 05.07.2014. - М.: «Российская газета», 2014 – 41 с.

11. **Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 14771-76. – Введён 01.07.1977. - М.: Изд-во стандартов, 1977 – 54 с.

12. **Сварка и родственные процессы. Условные обозначения на чертежах. Сварные соединения** [Текст]: ГОСТ Р ИСО 2553-1992. – Введён 31.03.1992. - М.: Изд-во стандартов, 1992 – 49 с.

13. **Проектирование сварных конструкций. Элементы расчёта и технологии. Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»** [Текст]/ С. Г. Усатый, С. Н. Чугунов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 58 с.

14. **Металлообрабатывающее, металлорежущее и листо-обрабатывающее оборудование в НПФ «Дюкон»** [Электронный ресурс]: «Купить станок по металлу» [сайт]. URL: <http://metall.dukon.ru/>

15. **Проволока стальная сварочная. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 2246-70. – Введён 01.01.1973. - М.: Изд-во стандартов, 1973 – 20 с.

16. **Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов** [Текст]: РД 03-613-03. – Введён 09.06.2003. - М.: «Российская газета», 2003. – 20 с.

17. **Флюсы сварочные плавленые. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 9087-81. – Введён 01.01.1982. - М.: Изд-во стандартов, 1982 – 11 с.

18. **Аргон газообразный и жидкий. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 10157-2016. – Введён 01.07.2016. - М.: Изд-во стандартов, 2016 – 26 с.

19. **Расчет параметров режимов сварки: Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Технология**

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

электрической сварки плавлением» [Текст]/ Сироткин Ф.П. - Н.Новгород: ВГИПУ, 2007. - 55 с.

20. **Электросварка. Учебник для профессионально-технических училищ. Издание 4-ое, переработанное и дополненное** [Текст]/ Фоминых В. П., Яковлев А. П. – Москва, «Высшая школа», 1976. – 298 с.

21. **Сварка в химическом машиностроении. Основные положения** [Текст]: ОСТ 26.260.3-2001. – Введён 01.06.2002. - М.: «Российская газета», 2002. – 178 с.

22. **Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры** [Текст]: ГОСТ 6533-78. – Введён 01.01.1980. - М.: Изд-во стандартов, 1980. – 39 с.

23. **Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства** [текст]: РД 03-495-02. – Введён 25.06.2002. - М.: Росгортехнадзор России, 2002 – 274 с., ил.

24. **Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов** [Текст]: РД 03-614-03. – Введён 19.06.2003. - М.: Росгортехнадзор России, 2003 – 122 с.

25. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия** [Текст]: ОСТ 26.291-94. – Введён 28.04.1994. - М.: Росгортехнадзор России, 1994 – 205 с., ил.

26. **Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения** [Текст]: ГОСТ 30242-97. – Введён 01.01.2003. - М.: Изд-во стандартов, 2003 – 36 с., ил.

27. **Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии** [Текст]: ГОСТ 6032-2003. – Введён 01.01.2005. - М.: Изд-во стандартов, 2005 – 256 с., ил.

28. **Стилоскопирование основных и сварочных материалов и готовой продукции** [Текст]: РД 26.260.15-2001. – Введён 22.11.2002. - М.: Росгортехнадзор России, 2002 – 30 с.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

97

29. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые** [Текст]: ГОСТ 14782-86. – Введён 01.01.1988. - М.: Изд-во стандартов, 1988 – 134 с., ил.

30. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод** [Текст]: ГОСТ 7512-82. – Введён 01.01.1984. - М.: Изд-во стандартов, 1984 – 142 с., ил.

31. **Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 18442-80. – Введён 01.07.1981. - М.: Изд-во стандартов, 1981 – 128 с., ил.

32. **Инструкция по операционному контролю процессов сборки, сварки и термообработки** [Текст]: РД 34.10.126-94. – Введён 03.01.1995. - М.: Ростехнадзор России, 1995 – 86 с.

33. **Сварные соединения. Методы определения механических свойств** [Текст]: ГОСТ 6996-66. – Введён 01.01.1967. - М.: Изд-во стандартов, 1967 – 273 с., ил.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					Лист
														98
Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата										

Приложение А

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
										99
					Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№1 АФФ (12)/С29**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 8713-79, ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	АФф (12)
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1600 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок, 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.

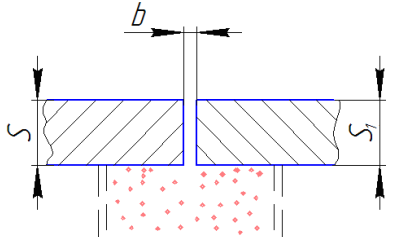
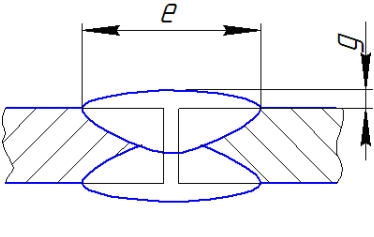
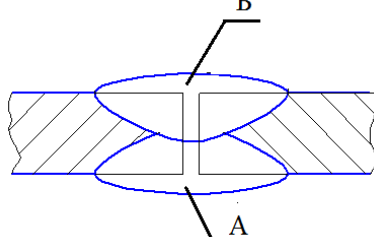
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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, притупление, мм b		Выпуклость, мм g		Диаметр проволоки, мм	Количество проходов
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.		
10,0	24,0	2	±1	2,5	+1,0 -2,0	4,0	2

Сварочное оборудование (тип): А10 совместно с АЗ.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихваткам: количество прихваток – 8 - 9, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 30,0 – 75,0 мм. Высота прихваток – 3,0 – 3,6 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: флюс АН-26С ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва: -

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

100

Параметры процесса сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Величина вылета проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
Шов №1	4,0	Постоянный, обратная	550...600	35	40...50	55,5	35
Шов №2	4,0	Постоянный, обратная	550...600	35	40...50	55,5	35

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. Каждый проход (валик) тщательно зачищать от шлака и брызг металла. Провести визуальный контроль.

Шов охлаждать после каждого прохода до температуры ниже 100° С.

4. Швы выполнять с минимальными выпуклостью и шириной.

5 Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – на флюсовой подушке.

6. Выбрать корень шва до чистого металла.

7. Сварить шов №2 до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – под слоем флюса.

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 03-06-03	ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012	100%
Измерительный	РД 03-606-03		100%
Радиографический	ГОСТ 7512-82		25%
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		25%
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		25%
На растяжение	ГОСТ 6996-66		2 образца
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66		2 образца
Гидравлический	РД 24.200.11-90		
На МКК	ГОСТ 6032-2003		2 образца

Разработчик: _____ / Сараев А.С. /

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

101

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Лит. Изм. № докум. Подп. Дата

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№2 АФФ (12)/С29**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 8713-79, ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	АФф (12)
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1600 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок, 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.

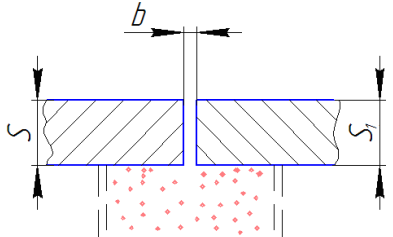
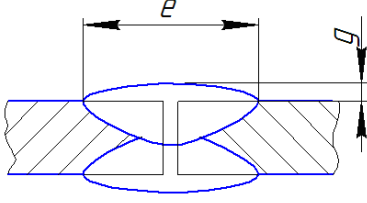
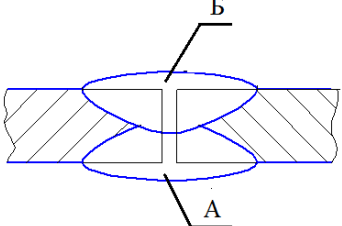
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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, притупление, мм b		Выпуклость, мм g		Диаметр проволоки, мм	Количество проходов
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.		
10,0	24,0	2	± 1	2,5	$+1,0$ $-2,0$	4,0	2

Сварочное оборудование (тип): А10 совместно с АЗ.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихваткам: Количество прихваток – 24 - 25, равномерно по диаметру. Протяженность каждой прихватки – 90,0 – 120,0 мм. Высота прихваток – 3,0 – 3,6 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: флюс АН-26С ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва: -

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

102

Параметры процесса сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Величина вылета проволоки, мм	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
Шов №1	4,0	Постоянный, обратная	550...600	35	40...50	55,5	35
Шов №2	4,0	Постоянный, обратная	550...600	35	40...50	55,5	35

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. Каждый проход (валик) тщательно зачищать от шлака и брызг металла. Провести визуальный контроль.

Шов охлаждать после каждого прохода до температуры ниже 100 °С.

4. Швы выполнять с минимальными выпуклостью и шириной.

5 Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – на флюсовой подушке.

6. Выбрать корень шва до чистого металла.

7. Сварить шов №2 до чертёжных размеров проволокой по чертежу. Способ сварки – под слоем флюса.

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	ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012	100%
Измерительный	РД 03-606-03		100%
Радиографический	ГОСТ 7512-82		25%
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		25%
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		25%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		
На МКК	ГОСТ 6032-2003		2 образца

Разработчик: _____ / Сараев А.С. /

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

103

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Лит. Изм. № докум. Подп. Дата

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

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76, ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	МАДП (131)
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм; 8,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	516 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.

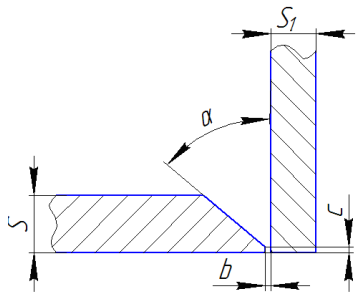
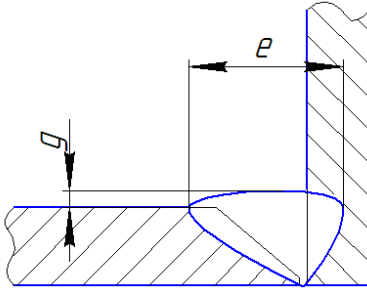
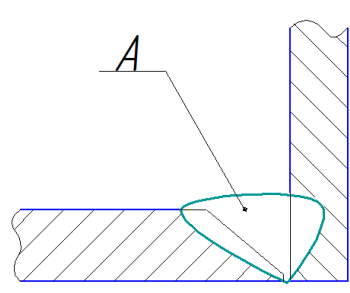
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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.
10,0; 8,0	1	1,0	±1,0	1,0	±1	20,0	±2	1,0	±1	50	±2

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с А3.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихватке: количество прихваток – 2, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки – 30,0 – 75,0 мм. Высота прихваток – 3,0 – 3,6 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: аргон марки В ГОСТ 10157-79.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

104

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
Шов №1	2,0	Постоянный, обратная	300...320	25	20...26	46,9	12...17	30

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 способом 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 отсутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путём и заварены вновь с последующим контролем.
- Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.
- Продуть шланг.
- Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.
- Шов тщательно зачистить от шлака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100° С.
- 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	ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012	100%
Измерительный	РД 03-606-03		100%
Радиографический	ГОСТ 7512-82		25%
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		25%
Стилоскопирование	РД 26.260.15-2001		25%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		
На МКК	ГОСТ 6032-2003		2 образца

Разработчик: _____ / Сараев А.С. /

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

105

Подп. и дата	Взам. инв. №
Инв. № дубл.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Дата

Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№4 МАДП (131)/У4**

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76, ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	МАДП (131)
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246-70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0 мм; 3,0 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	70 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Угловое, У4 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.

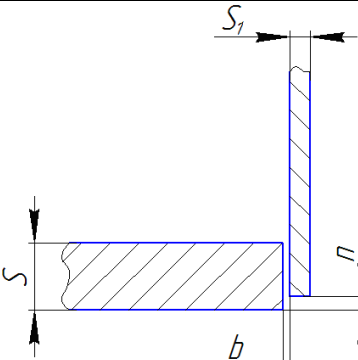
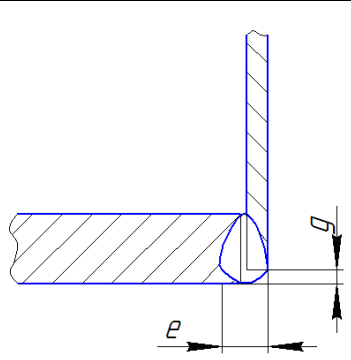
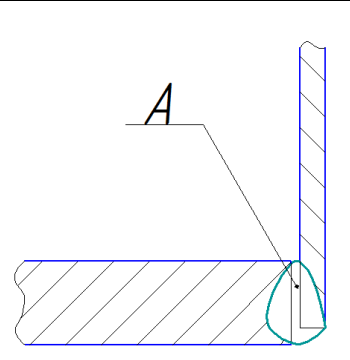
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S, мм	S ₁ , мм	N	b, мм		п, мм		е, мм		g, мм	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
10,0	3,0	1	0	+1,0	0	+5,0	8,0	+2	1,0	+1,5

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с А3.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихватке: количество прихваток – 2, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки – 15,0 – 20,0 мм. Высота прихваток – 3,0 – 3,6 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: аргон марки В ГОСТ 10157-79.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

106

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
Шов №1	2,0	Постоянный, обратная	300...320	25	20...26	46,9	12...17	30

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 способом 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 отсутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путём и заварены вновь с последующим контролем.
- Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.
- Продуть шланг.
- Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.
- Шов тщательно зачистить от шлака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100° С.
- 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	ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012	100%
Измерительный	РД 03-606-03		100%
Цветная дефектоскопия	ГОСТ 18442-80, ОСТ 26-5-99		100%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		
На МКК	ГОСТ 6032-2003		2 образца

Разработчик: _____ / Сараев А.С. /

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

107

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Лит. Изм. № докум. Подп. Дата

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

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 14771-76, ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012
2	Способ сварки	МАДП (131)
3	Основной материал (марки)	12Х18Н10Т
4	Основной материал (группа)	9 (М11)
5	Сварочные материалы	Проволока Св-05Х20Н9ФБС 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.

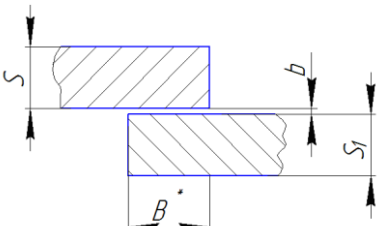
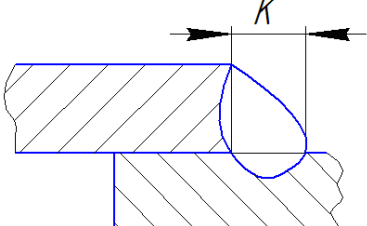
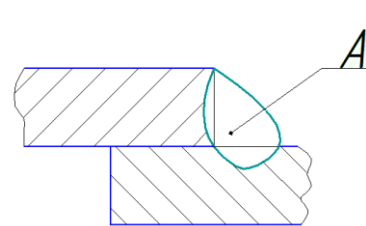
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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. откл.	Номин.	Пред. откл.
10,0	10,0	1	0	+1,0	8	+32,0	10,0	+1

Сварочное оборудование (тип): А7 совместно с А3.

Метод подготовки и очистки: механический.

Требования к прихватке: количество прихваток – 19 - 20, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки – 120,0 – 140,0 мм. Высота прихваток – 3,0 – 3,6 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва:

Газ/флюс: аргон марки В ГОСТ 10157-79.

Неплавящийся электрод (тип, размер): -

Детали формирования корня шва:

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

108

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
Шов №1	2,0	Постоянный, обратная	300...320	25	20...26	46,9	12...17	30

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 способом 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 отсутствия дефектов в прихватках. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путём и заварены вновь с последующим контролем.
- Шов выполнить с минимальными выпуклостью и шириной.
- Продуть шланг.
- Шов №1 сварить до чертёжных размеров проволокой по чертежу.
- Шов тщательно зачистить от шлака и брызг металла. Шов охладить до температуры ниже 100° С.
- 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	ПБ 03-584-03, ГОСТ Р 52630-2012	100%
Измерительный	РД 03-606-03		100%
Цветная дефектоскопия	ГОСТ 18442-80, ОСТ 26-5-99		100%

Разработчик: _____ / Сараев А.С. /

ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ

Лист

109

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Лит. Изм. № докум. Подп. Дата

Приложение Б

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подл. и дата						
Лист	Изм.	№ докум.	Подл.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.13М0114.ПЗ					Лист
										110

Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
Изм.									
Лист									
№ докум.									
Подп.									
Дата									
XXXX-XXXX-XXXXX									
Лист		111							

Инв. № подл.	Подл. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подл. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

XXX-XXX-XXXX

Лист регистрации изменений

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата