

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 87 с., 16рис., 33 табл., 34 использованных источников, 1 прил. и графическую часть, состоящую из 6 листов формата А1.

ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА, СТАЛЬ, СВАРКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СОЕДИНЕНИЕ, ПРОВОЛОКА, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Предметом разработки является сварная конструкция шиберной задвижки ПТ19005–1000.

Объектом разработки является технология сборки и сварки корпуса шиберной задвижки ПТ19005–1000.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование элементов конструкции и технологии сварки корпуса шиберной задвижки ПТ19005–1000 в соответствии с нормативно-технической документацией.

К задачам выпускной квалификационной работы относятся:

- анализ объекта производства;
- расчёт и проектирование сварной конструкции изделия;
- разработка технологии сборки и сварки элементов конструкции изделия с выбором сварочных материалов, оборудования и средств технологического оснащения.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.153МО3070.ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка технологии сборки и сварки корпуса шиберной задвижки Ду1000 из стали 20ГЛ			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Садов Е.Н.								2	87	
Провер.		Чугунов С.Н.						Каф. СЛПуМ 153МО41				
Т. Контр.		Чугунов С.Н.										
Н. Контр.		Харин А.В.										
Утверд.		Розен А.Е.										

Содержание

Введение.....	4
1 Литературно–патентный обзор.....	8
2 Анализ объекта производства.....	12
2.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия.....	12
2.2 Технические требования и характеристики.....	14
2.3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции.....	15
3 Расчет и проектирование элементов конструкции изделия.....	21
3.1 Расчет сварных соединений на прочность.....	21
4 Разработка технологии сборки и сварки изделия.....	28
4.1 Процесс сборки и сварки	28
4.2 Выбор способа получения заготовок	29
4.3 Выбор и обоснование способов сварки	32
4.4 Выбор сварочных материалов.....	36
4.5 Расчет параметров режимов сварки.....	41
4.6 Выбор сварочного оборудования.....	65
5 Контроль качества сварных соединений.....	69
5.1 Дефекты сварных соединений и причины их возникновения.....	69
5.2 Выбор методов контроля.....	73
6 Проектирование средств технологического оснащения.....	77
Заключение.....	82
Список используемых источников.....	83
Приложение А.....	88

Введение

Сварочная техника и технология занимают одно из ведущих мест в современном производстве. Сварка является одним из основных технологических процессов в машиностроении и строительстве. Основным видом сварки является дуговая сварка.

Основоположниками дуговой сварки являются русские ученые и инженеры – Петров В.В. (1761 – 1834), Бенардос Н.Н. (1842 – 1905), Славянов Н.Г. (1854 – 1897). Выдающийся вклад в разработку теоретических основ сварки внесли советские ученые: В.П. Вологдин, В.П. Никитин, К.К. Хренов, О.Е. Патон, Г.А. Николаев, Н.О. Окерблом, Н.Н. Рыколин, К.В. Любавский, Б.Е. Патон.

Современная цивилизация многим обязана процессу сварки. Без сварочных элементов мы не получили бы транспорта, огромных строений, технологических конструкций, мобильных телефонов и пр. Несмотря на то, что этот физический процесс применяется много столетий, он не останавливает своего прогресса. Учёные многих стран продолжают исследовать и совершенствовать сварочные механизмы, применять новые приёмы и производить революционные открытия в этой сфере.

Все разработки в данной области направлены на то, чтобы улучшить основные показатели процесса с наименьшими затратами: снижение коррозии и коробления металлов во время эксплуатации; повышение скорости выполнения сварочного процесса; облегчение зачистки мест соединения или обеспечение отсутствия такой необходимости; облегчённое и упрощенное управление процессом; способность соединения самых тонких листов металла различных марок.

Новые технологии позволяют добиться более совершенного результата с использованием минимальных ресурсов. Разработки, появляющиеся ежегодно, делают возможным сварку тех материалов, которые раньше оставались за границами данной технологии:

– Гибридная лазерная технология. Гибридный лазер используют для по-

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

лучения качественных швов при соединении тугоплавких сортов стали при совмещении с диоксидом углерода. Это позволяет получить идеальные сварные швы при точном управлении мощности лазерного излучения от 1,5 до 4,0 кВт. Особенностью, присущей гибридной лазерной технологии, является высочайшая скорость плавящегося электрода и выполняемых работ – от 40 до 450 м/час [1].

– Двухдуговая сварка. Такая методика была разработана для крупногабаритных конструкций, в изготовлении которых задействованы толстые листы закаливающейся стали. Способ основан на том, что при двухдуговом воздействии одномоментно применяются проволоки двух разных типов, имеющие в составе легирующие (сверхпрочные) компоненты. Диаметр таких электродов 5 мм. Для обеспечения устойчивого горения дуги при двухдуговой сварке необходим керамический флюс, созданный на основе керамики марки АНК–51А. Именно с керамическим флюсом данный способ показывает самый высокий результат и формирование идеальной сварной поверхности.

– Двухкомпонентная методика. Двухкомпонентная технология является модифицированным вариантом литейного способа. Она разрешила достичь результатов, которые раньше считались взаимоисключающими: обеспечить высочайшую пластичность шовного соединения, не ухудшив при этом износоустойчивость металла в месте сварного шва.

– Орбитальная аргонодуговая технология. Такая методика является высокоспецифичной и применяется для объектов со сложным конструктивным контуром. Впервые она была разработана 50 лет назад, но её значительно усовершенствовали, применив вольфрамовый электрод. Главным преимуществом орбитальной аргонодуговой вольфрамовой сварки является то, что расход активирующего флюса при таком методе рекордно низкий: на 1 м сварного шва расходуется всего 10 г флюса. Это делает возможным проводить процесс при пониженном токе, что уменьшает не только объём, но и вес сварочной ванны. При этом качество соединения регулируется в режиме реального времени посредством корректировки давления дуги. Такой методикой успешно пользуются при

необходимости соединить жаропрочные, высокопрочные сплавы, углеродистые стали, титан, медь и никель.

– Технология *CMT (Cold Metal Transfer)*. Эта методика основана на холодном переносе металлов. Когда говорят о холодном переносе, в виду не имеют реально низкую температуру, просто она значительно ниже, чем при классических вариантах. Главное отличие заключается в том, что заготовки и зона будущего шва не прогреваются до максимальных значений, поэтому тепловложение в области обработки в разы уменьшается. Из-за того, что металл точно не перегревается, не происходит сильная деформация. Работа электрода основана на контролируемом коротком замыкании, которое прекращается быстрым отодвиганием проволоки из зоны действия разряда и быстрого повторного его возвращения (до 70 раз в секунду). Применение *CMT* – сварки осуществляется через автоматизированные системы, которые дают очень однородные и качественные швы на местах соединения оцинкованных или стальных листов с алюминиевыми сплавами. В данном случае сварка ведётся короткозамкнутой дугой с систематическими прерываниями. В результате такой системы шов атакуется горячими и холодными импульсами, что позволяет снизить давление в районе вхождения дуги. По такому же принципу снижается разбрызгивание при переносе металлов. Таким образом, при помощи *CMT* – сварки был достигнут стандарт, который ранее считался только теоретическим. Это стало возможным из-за контроля короткого замыкания и полного отсутствия разброса брызг, что резко снижает необходимость послесварочной механической обработки.

– Технология компьютерного моделирования. Самое современное направление в сварочных технологиях по праву отводится компьютерному моделированию. Оно одинаково целесообразно для выполнения соединений самых мелких деталей со сложными контурами и для масштабных работ, где необходимо управление огромными площадями и множеством сварочных аппаратов. Если раньше объёмные работы выполнялись при использовании многих аппаратов или целым сварочным комплексом, то компьютерное моделирование позволяет иметь одну функциональную единицу с разветвлённой периферией, ос-

						Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нащённой множеством горелок и насадок. Полная автоматизация позволяет внедрять принципиально новые способы сварочных работ, которые недоступны для большинства сварщиков. Сами сварщики в таком случае функционально превращаются в операторов, задающих компьютеру все необходимые параметры, на основании которых программа задаёт оптимальные значения и контролирует процесс. Такой подход значительно повышает результат выполняемой работы [2].

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Литературно-патентный обзор

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается технология сборки и сварки корпуса шиберной задвижки ПТ19005 – 1000.

Задвижка относится к трубопроводной арматуре и предназначена для перекрытия потока жидкой или газообразной среды. Относится к группе сосудов и аппаратов, работающих в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности. Такое оборудование является потенциально технически опасным объектом, сварка которого регламентирована нормами Ростехнадзора.

Поиск научных и технических решений, направленных на исследование конструкции и технологических решений при изготовлении корпуса задвижки шиберной ПТ19005 – 1000. Исследование технического уровня и тенденций развития технологии изготовления задвижки.

Для определения технического уровня используемых в промышленности способов изготовления трубопроводной арматуры необходимо проведение литературно-патентного обзора.

Литературно-патентный обзор проводится с целью выяснения современного состояния научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рассматриваемой области. Данный литературно-патентный обзор будет включать в себя патентный поиск и анализ отобранной патентной информации.

Патентный поиск – это оценка технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты, а также уровня компетентности фирмы или частного лица в данной области [3].

Цель патентного поиска – определение технического уровня и тенденций развития в области технологии сварки трубопроводной арматуры, поиск патентной и научно-технической информации.

Регламент поиска это план, состоящий из определения вида поиска, его глубины (ретроспективности) и широты (перечня стран, которыми ограничивается объем поиска). В регламент также входит выбор источников информации,

						Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

по которым будет вестись поиск аналогов объекта, а также индекс международной патентной классификации (МПК).

Источники информации выбирают исходя из установленных глубины и широты поиска, учитывая при этом реальную доступность этих источников.

Выбранные элементы регламента поиска приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Регламент поиска

Предмет поиска	Индекс МПК	Широта поиска	Глубина поиска	Источники информации
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	B23K 9/173	Россия	25 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Способы электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода				

В результате поиска для последующего анализа были отобраны описания изобретений и способов, применимых для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода. Результаты поиска приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты поиска

Предмет поиска	Номер документа, индекс МПК	Авторы, номер заявки, дата публикации	Название изобретения
1	2	3	4
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	<i>RU 2564657 C1; B23K 9/16</i>	Геллер С.В. № 4140802/27; 30.07.1994	«Горелка для дуговой сварки в защитных газах» [4].
	<i>RU 2104134 C1; B23K 9/133</i>	Солодский С.А., Ильященко Д.П. Брунова Н.А. №2016107529,07.09.2017	«Механизм для импульсной подачи сварочной проволоки» [5].

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	RU 2220037 C2; B23K 9/173	Роптанов Н.А., Ошкин А.И., Фролов В.А., Шушурин В.А.; № 2002102525/02; 27.12.2003	«Токопроводящий наконечник для дуговой сварки плавящимся электродом и способ его изготовления» [6].
Способы электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	RU 2023556 C1; B23K 9/16	Сидоров В.П. № 2018106218/02; 05.07.2019	«Способ двухдуговой автоматической сварки» [7].
	RU 2598746 C1; B23K 9/04	Сидоров В.П., Зюбин Д.В., Борисов Н.А., № 20151117415/02; 20.10.2016	«Способ механизированной наплавки дугой косвенного действия»[8].
	RU 2509717 C2; B23K 9/16	Кузнецов М.А., Крампит Н.Ю., Зернин Е.А. № 2015127154/02; 15.03.2017	«Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов»[9].
	RU 2548542 C2 B23K 9/16 B23K 9/09	Сидоров В.П., № 2017104685/02; 02.03.2018	«Способ сварки комбинацией дуг» [10].
	RU 2574902 C1; B23K 9/16	Сидоров В.П., № 2016141210/02; 21.12.2017	«Способ дуговой механизированной двухэлектродной сварки» [11].

Анализ патентных документов показал, что идёт активное развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода. Наблюдается тенденция усовершенствования сварочного оборудования, способов сварки, механи-

зации и автоматизации сварочного производства. Применение более совершенных технологий обеспечивает замену ручного труда работой машин и механизмов, что положительно сказывается на качестве изготавливаемых сварных конструкций, в том числе трубопроводной арматуры.

Таким образом, поставленные цели и задачи были выполнены, найдена и проанализирована патентная и научно-техническая информация, определён технический уровень и тенденции развития в области технологии сварки трубопроводной арматуры.

2 Анализ объекта производства

2.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия

Задвижки стальные шиберные относятся к группе сосудов и аппаратов, работающих в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности. Они предназначены для перекрытия потока транспортируемой среды на магистральных нефтепродуктопроводах, в технологических схемах перекачивающих станций и резервуарных парков в районах с сейсмичностью до 10 баллов включительно по шкале *MKS* – 64, и обеспечивающие их безопасную эксплуатацию.

Проектируемая задвижка предназначена для эксплуатации в условиях макроклиматических районов в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [12] с холодным климатом ХЛ (средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха равна или выше минус 60 °С, максимумов – равна или ниже плюс 40 °С).

Категория размещения задвижек 1 по ГОСТ 15150 – 69 [12].

Задвижки изготавливаются в исполнении по сейсмостойкости – не сейсмостойкое исполнение (C0) для районов с сейсмичностью до 6 баллов включительно по шкале *MKS* – 64.

Для наглядности расположения основных конструктивных элементов и принципа действия задвижки приведем модель задвижки с выполненным разрезом на рисунке 2.1.

В отличие от существующих аналогов задвижка обеспечивает герметичность затвора как входной, так и выходной сторонами.

При этом конструкция изделия предусматривает разгрузку внутренней полости задвижки при не прогнозируемом росте давления в ней выше давления рабочей среды трубопровода на вход задвижки.

Управление задвижками осуществляется с помощью маховика, редуктора или электропривода.

						Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Затвор задвижки перемещается перпендикулярно оси трубопровода, опускается на уплотнительные кольца корпуса и перекрывает поток рабочей среды.

Перемещение затвора происходит при помощи шпинделя.

Полнопроходное сечение корпуса задвижки обеспечивает наименьший коэффициент гидравлического сопротивления.

На крышке изделия имеется пробка, с помощью которой осуществляется сброс давления из внутренней полости и создается дополнительное уплотнение затвора задвижек путем подачи внутрь давления.

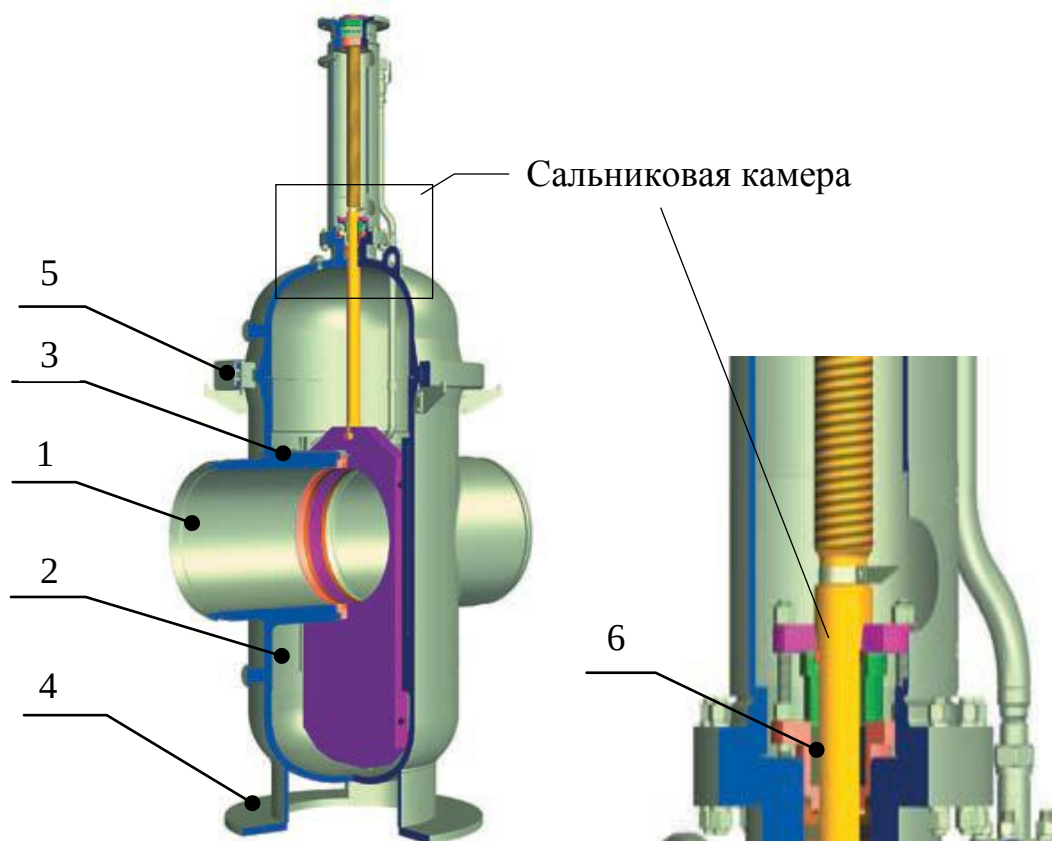


Рисунок 2.1 – Модель задвижки с выполненным разрезом: 1 – внутренняя полость, через которую проходит рабочая среда, 2 – шибер, 3 – уплотнительная система, 4 – опора, 5 – соединение корпуса с крышкой, 6 – кольца сальникового узла

В конструкции применяется упругий затвор, способный самоустанавливаться к уплотнительным кольцам корпуса, что обеспечивает большую стабильность показателей герметичности задвижек.

Уплотнение в затворе обеспечивается по схеме «металл – металл».

Герметичность задвижек по отношению к внешней среде в соединении «корпус – крышка» обеспечивается плоской прокладкой, по шпинделю – сальниковым узлом.

Кольца сальникового узла выполнены из терморасширенного графита, который снижает фрикционный износ шпинделя, в несколько раз увеличивает период между обслуживанием данного узла.

2.2 Технические требования и характеристики

Общие технические требования к проектируемому изделию определяются в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [13, 14].

Задвижка служит в качестве запорного устройства на трубопроводах транспортирующих жидкие и газообразные среды под избыточным давлением $P_N = 10,0$ МПа.

Задвижка относится к классу восстанавливаемых изделий.

Направление рабочей среды – любое.

Максимальный перепад давлений на задвижке в закрытом положении $1,1 P_N$ – составит $\Delta P = 11,0$ МПа, пробное давление $P_{пр} = 1,5 P_N$ – составит $P_{пр} = 15$ МПа.

Прочность основных деталей задвижек должна быть подтверждена расчетом и испытаниями при пробном давлении $P_{пр}$.

Типы, размер присоединительных и уплотнительных поверхностей фланцев, конструкция и размеры фланцев проектируются с требованиями нормативно-технической документации [15].

Установочное положение задвижек – выше $DN 300$ – вертикальное, с отклонением от вертикальной оси до 4° в вертикальной плоскости, проходящей

						Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

через ось трубопровода, а также с отклонением от вертикальной оси до 4° в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси трубопровода.

Присоединение к трубопроводу – сварное.

Изделие изготавливается в соответствии с правилами Ростехнадзора.

Класс герметичности задвижки по ГОСТ 9544 – 2015 [16].

В конструкции задвижки должна быть предусмотрена возможность автоматического сброса давления из корпусной полости в патрубок при разнице давлений в корпусе и патрубках не более $0,3 P_N$.

Корпусные детали задвижек, работающие под давлением, и катушки должны изготавливаться из низкоуглеродистых или низколегированных сталей, обеспечивающих качественную сварку патрубков (катушек) задвижек с трубопроводом в полевых условиях.

Полный срок службы не менее 30 лет. Полный ресурс 3000 циклов.

Арматура должна быть прочной, плотной и герметичной относительно внешней среды по подвижным и неподвижным соединениям. Арматура не должна терять герметичность по отношению к внешней среде при отказе отключающих устройств привода в любом положении запирающего (ЗЭл) или регулирующего (РЭл) элемента [13].

Арматура должна быть работоспособна в течение всего срока службы при нормальных скоростях рабочей среды во входном патрубке арматуры (если иное не указано в ТУ).

2.3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции

Корпусные детали задвижек, работающие под давлением, и катушки должны изготавливаться из низкоуглеродистых или низколегированных сталей, обеспечивающих качественную сварку патрубков (катушек) задвижек с трубопроводом в полевых условиях [13].

Материалы основных деталей задвижек и материалы уплотнений должны быть стойкими по отношению к рабочей среде и внешним воздействиям. Ско-

						Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рость коррозии материала корпуса и сварных швов должна быть не более 0,1 мм/год при воздействии рабочей среды и внешних факторов [13]. На основании технических требований и характеристик, указанных в задании согласно [17,18] для изготовления основных элементов конструкции шибберной задвижки выбраны материалы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Основные элементы конструкции и применяемые материалы

Наименование	Обозначение чертежа	Материал	Стандарт на материал
Крестовина	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ2	Сталь 20ГЛ	ГОСТ 21357-87
Фланец	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ3	Сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89
Опора	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ1	Сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89
Кольцо	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ1	Сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89
Днище	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ4	Сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89
Цапфа	ПГУ.15.03.01.153МО3070.ТЧ1	Сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89

Сталь 20ГЛ – сталь для отливок обыкновенная по ГОСТ 21357 – 87 [19].

Химический состав стали 20ГЛ приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Химический состав стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87

Элемент	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Медь	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,17...0,25	1,10...1,40	0,30...0,50	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,020	не более 0,020

Рекомендуемые режимы термической обработки отливок приведены в таблице 2.3. Механические свойства стали и твердость отливок после их окончательной термической обработки должны быть не менее указанных в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Рекомендуемые режимы термической обработки отливок из стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87

Рекомендуемый режим термической обработки	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, φ , %	Ударная вязкость, Дж/см ²	
					KCV ₋₆₀	KCU ₋₆₀
Нормализация при 920... 940 °С	300,0	500,0	20,0	35,0	20,0	30,0
Закалка с 920...940 °С в воде, отпуск при 600...620 °С	400,0	550,0	15,0	30,0	20,0	30,0

Эквивалент углерода углеродистых марок стали и низколегированной стали только с кремнемарганцевой системой легирования (17ГС, 17Г1С, 09Г2С) должен соответствовать условию $C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,43$ и определяется по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6}, \quad (2.1)$$

где $C_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалент углерода;

C – содержание углерода, %;

Mn – содержание марганца, %.

Согласно приведенной формуле эквивалент углерода для стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87 составит 0,4. По свариваемости сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87 относят к третьей группе удовлетворительно сваривающихся сталей, склонных в обычных условиях сварки к образованию холодных трещин. Свариваемость сталей этой группы обеспечивается при использовании специальных технологических мероприятий, заключающихся в их предварительной термообработке и подогреве. Кроме того, большинство изделий из этой группы сталей подвергают термообработке после сварки. Для деталей и отливок из проката или поковок, не имеющих особо жестких контуров и жестких узлов, допускается заварка в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск).

Без предварительного подогрева такие стали можно сваривать в случаях, когда соединения не имеют жестких контуров, толщина металла не более 14 мм, температура окружающей среды не ниже плюс 5 °С и свариваемые соединения имеют вспомогательный характер. Во всех остальных случаях обязателен предварительный подогрев до температуры 150 °С. Термообработка данной группы сталей назначается по режиму, указанному для конкретной стали в таблице 2.4.

Рекомендуемые способы сварки для стали 20ГЛ: АФ, МП, РД.

Сталь 09Г2С по ГОСТ 19281– 89 [20]– сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций.

Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89 приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь
Содержание, %	не более 0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30

Примечания:

а) Массовая доля фосфора в стали должна быть не более 0,035 %, серы – не более – 0,040 %.

б) Массовые доли азота в стали не более 0,012 %, мышьяка – не более 0,08 %. При выплавке стали из керченских руд массовая доля мышьяка – не более 0,15 %, при этом массовая доля фосфора – не более 0,030 %.

в) Допускается добавка алюминия и титана из расчета получения массовой доли в прокате алюминия – не более 0,05 %, титана – не более 0,03 %.

При расчетах на прочность сосудов и аппаратов из стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89 могут быть использованы минимальные и приведенные значения пределов прочности и текучести, полученные в результате обобщения и анализа данных испытаний механических свойств большого числа плавок различного химического состава. Приведенные значения прочности соответствуют минимально возможным характеристикам прочности при повышенной темпе-

ратуре при условии поставки стали с нижним пределом прочности по ГОСТ 19281 – 89.

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89 в таблице 2.5 и 2.6.

Таблица 2.5 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89

Сечение, мм	Предел прочности, σ_b , МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение, δ , %	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ²	Ударная вязкость после механического старения, КСУ Дж/см ²
до 10	490,0	345,0	21,0	64,0 39,0 ¹ 34,0 ²	29,0
10...20	470,0	325,0	21,0	59,0 34,0 ¹ 29,0 ²	29,0
20...32	430,0	295,0	21,0	59,0 34,0 ¹ 29,0 ²	29,0
32...160	430,0	265,0	21,0	59,0 34,0 ¹ 29,0 ²	29,0

Примечания: 1 – КСУ при минус 40 °С; 2 – КСУ при минус 70 °С.

Таблица 2.6 – Характеристики прочности стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89 для расчета аппаратуры

Характеристики	Значения	Температура, °С								
		20	100	200	250	300	350	400	450	475
Предел прочности, σ_b , МПа	минимальные	415,0	410,0	415,0	417,0	416,0	441,0	418,0	371,0	340,0
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	минимальные	280,0	260,0	221,0	215,0	218,0	203,0	202,0	182,0	177,0
	приведенные	—	250,0	213,0	207,0	210,0	195,0	195,0	175,0	172,0

Оценку свариваемости стали производят по значению эквивалента углерода по формуле 2.1.

Согласно расчету эквивалент углерода составляет от 0,14 до 0,16. Сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89 обладает хорошей свариваемостью и не склонна к закалке и образованию горячих трещин при сварке. Особых ограничений по способам сварки нет.

						Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Расчёт и проектирование элементов конструкции изделия

3.1 Расчет сварных соединений на прочность

Проектируемый корпус задвижки шиберной представлен на рисунке 3.1 и состоит из фланца – 1, крестовины – 2, днища – 3, кольца – 4, опоры – 5, цапфы – 6.

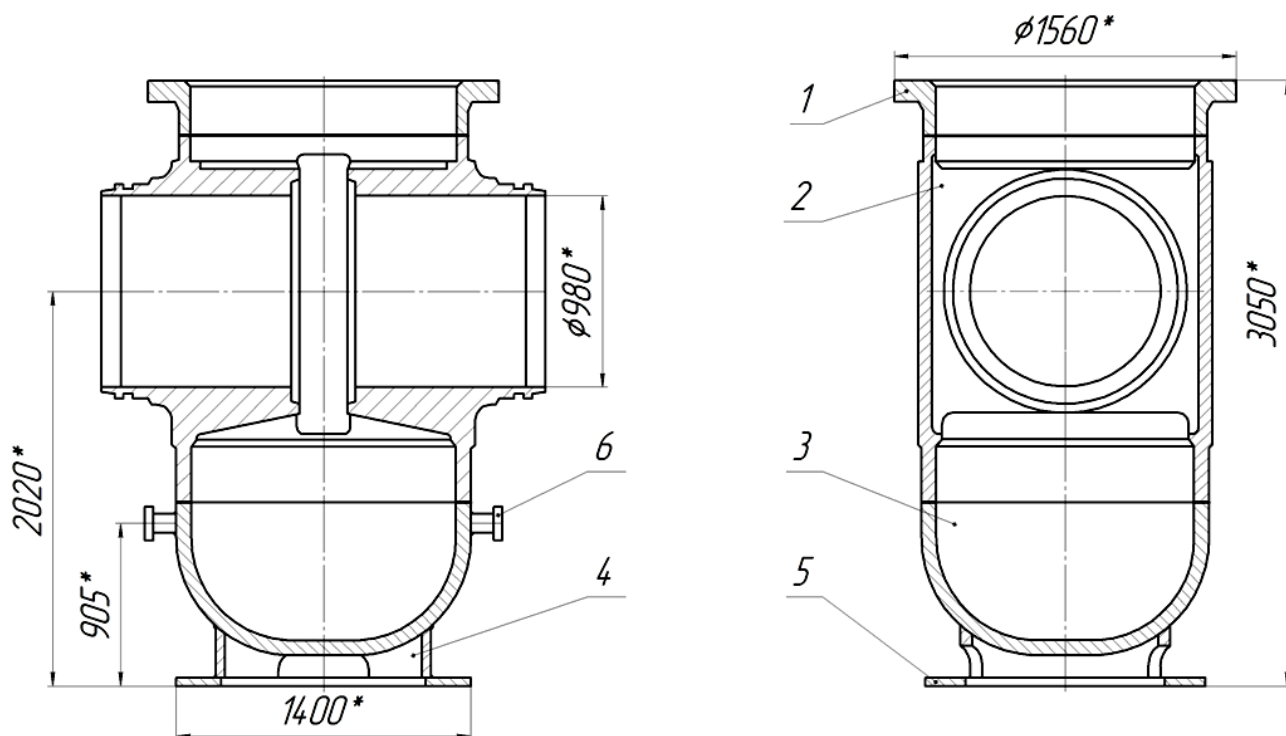


Рисунок 2.1–Корпус шиберной задвижки: 1 – фланец, 2 – крестовина, 3 – днище, 4 – кольцо, 5 – опора, 6 – цапфа

При проектировании, сборке и последующей сварке корпуса задвижки в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [13] учитываются требования СТ ЦКБА 025 – 2006.

Согласно сборочному чертежу и базовому технологическому процессу в конструкции имеются сварные швы.

Выбор толщин стенок корпуса проводят инженерным методом с учетом номинального давления. Расчет выполняют в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [13, 21].

Согласно указанным ГОСТ 19281 – 89, ГОСТ 21357 – 87 допускаемое напряжение $[\sigma]$, для стали 09Г2С для рабочей температуры среды $[\sigma]=183$ МПа,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист

21

для стали 20ГЛ $[\sigma]=147$ МПа расчет ведем по наименьшему допускаемому напряжению.

Расчет шва №1. Основной металл крестовины – сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87, фланца сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89. Способ сварки – автоматическая под слоем флюса. Толщина металла – 50 мм. Тип соединения – стыковое (С26), тип шва – стыковой, тип шва по количеству проходов – много-проходный односторонний.

Параметры шва №1 [17] представлены на рисунке 3.2.

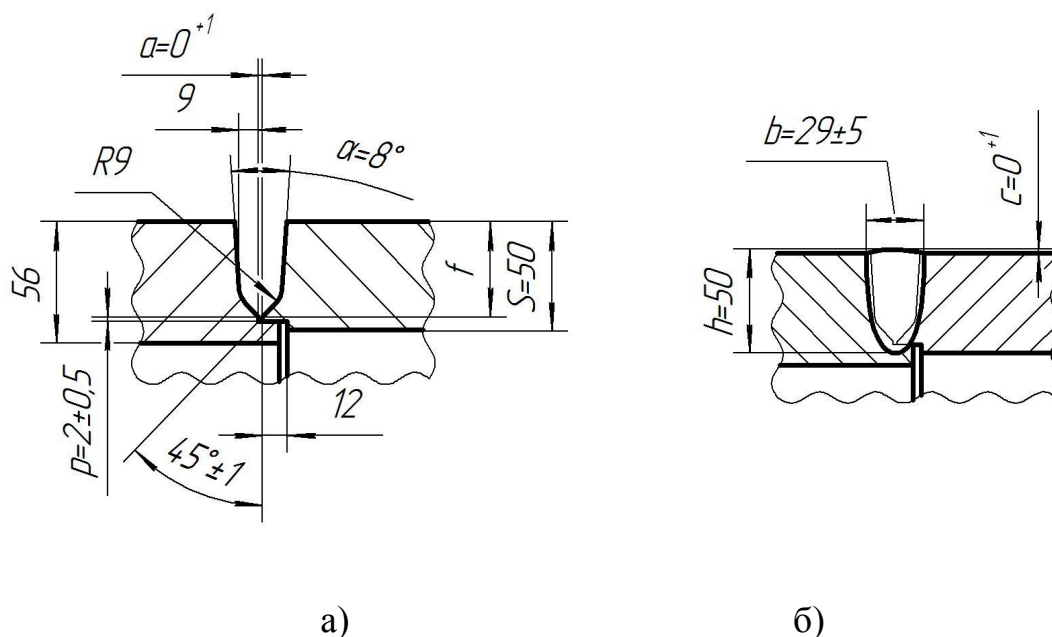


Рисунок 3.2 – Размеры конструктивных элементов и выполненного шва № 1: а) подготовленные кромки свариваемых деталей; б) выполненный сварной шов

Проверяем на прочность кольцевой шов приварки фланца к крестовине. Должно выполняться условие:

$$\sigma_{\text{шва}} \leq [\sigma],$$

где $\sigma_{\text{шва}}$ – напряжение шва, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

Напряжение шва определяем по формуле.

$$\sigma_{\text{шва}} = \frac{p \cdot S}{\delta_{\text{ш}} \cdot \pi \cdot D} \quad (3.1)$$

где p – расчетное давление, МПа;

S – площадь сечения, мм²;

D – внутренний диаметр днища, мм;

$\delta_{ш}$ – толщина шва, мм.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.2)$$

$$S = \frac{3,14 \cdot 1240^2}{4} = 1207016 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{шва} = \frac{10 \cdot 1207016}{50 \cdot 3,14 \cdot 1240} = 62 \text{ МПа}$$

62 МПа < 147 МПа, следовательно, сварной шов № 1 отвечает условию прочности.

Расчет сварного шва №2. Основной металл крестовины – сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87; днища – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89. Способ сварки – автоматическая сварка под слоем флюса. Тип соединения – стыковое, тип шва – стыковой, тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний.

Определяем толщину стенки днища.

$$S_1 \geq S_{1p} + C, \quad (3.3)$$

где S_1 – толщина стенки днища, мм;

S_{1p} – расчетная минимальная толщина стенки днища, мм;

C – прибавка к расчетной толщине сечения компенсирующий минусовой допуск пластической деформации.

Расчетная минимальная толщина стенки днища определяется по формуле

$$S_{1p} = \frac{pR}{2\varphi[\sigma] - 0,5p}, \quad (3.4)$$

где p – расчетное давление, МПа;

R – радиус днища, мм;

φ – коэффициент прочности сварного шва;

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

p – расчетное давление, МПа.

Принимаем $\varphi = 0,7$ [34].

$$S_{1p} = \frac{10 \cdot 620}{2 \cdot 0,7 \cdot 147 - 0,5 \cdot 10} = 30,8 \text{ мм}$$

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Принимаем $C = 1$ мм [34].

$$S_1 \geq 31,8$$

Рассчитаем допускаемое внутреннее избыточное давление по формуле.

$$[p] = \frac{2(S_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5(S_1 - C)}, \quad (3.5)$$

где S_1 – толщина стенки днища, мм;

C – прибавка к расчетной толщине сечения компенсирующий минусовой допуск пластической деформации;

φ – коэффициент прочности сварного шва;

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

R – радиус днища, мм.

$$[p] = \frac{2(31,8 - 1) \cdot 0,7 \cdot 147}{620 + 0,5(31,8 - 1)} = 9,9 \text{ МПа}$$

Учитывая возможность коррозии стенок задвижки в процессе эксплуатации, а также агрессивную среду, в которой работает задвижка, рабочее давление и размеры конструктивных элементов разделки, принимаем толщину стенки равную 50 мм.

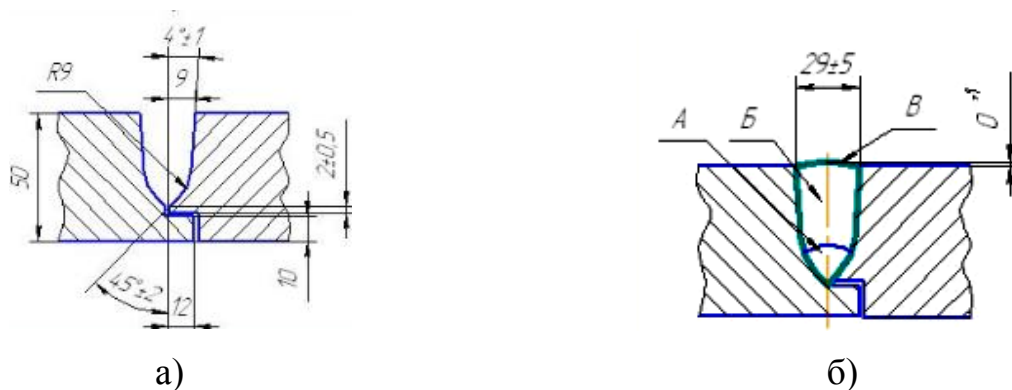


Рисунок 3.3 – Размеры конструктивных элементов и выполненного шва № 2: а) подготовленные кромки свариваемых деталей; б) выполненный сварной шов

Проведем проверочные расчеты. Должно выполняться условие:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq [\sigma],$$

где $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентное напряжение шва, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

Определяем эквивалентные напряжение:

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{p \cdot D \sqrt{3}}{\delta \cdot 4}, \quad (3.6)$$

где p – расчетное давление, МПа;

D – наружный диаметр, мм;

δ – толщина стенки днища, мм;

Наружный диаметр определяем по формуле:

$$D = D_{\text{вн}} + 2\delta, \quad (3.7)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр, мм;

δ – толщина стенки днища, мм.

$$D = 1210 + 50 \cdot 2 = 1310 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{10 \cdot 1310 \sqrt{3}}{50 \cdot 4} = 88,3 \text{ МПа}$$

88,3 МПа < 147 МПа, следовательно, условие выполняется.

Проверочный расчет сварного соединения.

Проверяем на прочность кольцевой шов приварки днища к крестовине по формуле 3.1.

Должно выполняться условие $\sigma_{\text{шва}} \leq [\sigma]$.

$$S = \frac{3,14 \cdot 1240^2}{4} = 1207016 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{шва}} = \frac{10 \cdot 1207016}{40 \cdot 3,14 \cdot 1240} = 77,5 \text{ МПа}$$

77,5 МПа < 147 МПа следовательно, сварной шов №2 отвечает условию прочности.

Расчет сварного шва № 5. Основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89. Исходя из конструктивных соображений назначаем толщину металла $S = 50$ мм, катет шва – $K = K_1 = 20+3$ мм. Способ сварки – ручная дуговая сварка, тип соединения – угловое, тип шва – угловой, тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний.

Параметры шва №5 представлены на рисунке 3.4 и 3.5.

						Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

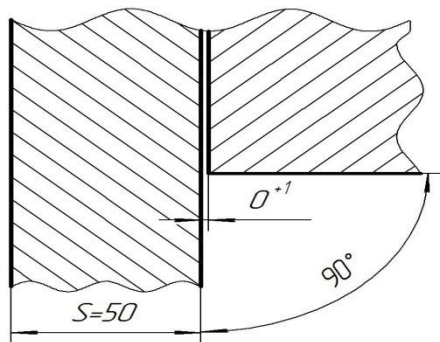


Рисунок 3.4 – Эскиз соединения

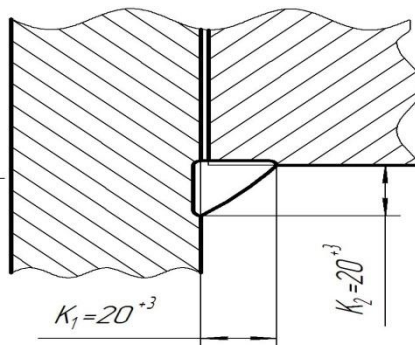


Рисунок 3.5 – Эскиз шва

Проверяем на прочность кольцевой шов приварки цапфы к корпусу.

Должно выполняться условие:

$$\sigma_{\text{шва}} \leq [\sigma],$$

где $\sigma_{\text{шва}}$ – напряжение шва, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

$$\sigma_{\text{шва}} = \frac{M \cdot 1000}{W_c}, \quad (3.8)$$

где M – изгибающий момент, Нм;

W_c – момент сопротивления сечения сварного шва, мм³;

Изгибающий момент определяем по формуле.

$$M = P \cdot l; \quad (3.9)$$

где P – усилие действующее на одну цапфу, Н;

l – длина действия изгибающего момента равная диаметру цапфы, м.

Усилие, действующее на одну цапфу определяем по формуле.

$$P = \frac{G}{2}; \quad (3.10)$$

где P – усилие действующее на одну цапфу, Н;

G – вес задвижки, Н.

Момент сопротивления сечения сварного шва определим по формуле.

$$W_c = 0,1 \cdot d^3 (1 - c^4); \quad (3.11)$$

где W_c – момент сопротивления сечения сварного шва, Нм

d – диаметр наружного сечения сварного шва, мм;

c – коэффициент отношения диаметров сечения сварного шва.

Коэффициент отношения диаметров сечения сварного шва определяем по формуле.

$$c = \frac{d_1}{d}; \quad (3.12)$$

где d – диаметр наружного сечения сварного шва, мм;

d_1 – диаметр внутреннего сечения сварного шва, мм.

Произведем расчеты.

$$P = \frac{72750}{2} = 36375 \text{ Н}$$

$$M = 36375 \cdot 0,08 = 2910 \text{ Нм}$$

$$W_c = 0,1 \cdot 80^3 \cdot (1 - 0,75^4) = 35000 \text{ Нм}$$

$$\sigma_{\text{шва}} = \frac{2910 \cdot 1000}{35000} = 83,14 \text{ МПа}$$

83,14 МПа < 183 МПа, следовательно, условие прочности выполняется.

Из приведенных расчетов следует, что наиболее нагруженные швы №1, №2, №5, отвечают условию прочности. Геометрические размеры и механические свойства выбранного материала удовлетворяют условию прочности.

4 Разработка технологии сборки и сварки изделия

4.1 Процесс сборки и сварки

Под технологическим процессом согласно требованиям нормативно-технической документации [22] в машиностроении подразумевается часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда.

При изготовлении сварных узлов машиностроительных конструкций характерным является то, что производство их часто отличается сложностью и многообразием цеховых маршрутов. Это связано с наличием большого числа разнообразных технологических процессов, применяемых при изготовлении деталей того или иного изделия. Поэтому вопросам разработки технологических процессов необходимо уделять самое серьезное внимание в период запуска в производство.

Технологический процесс изготовления корпуса шиберной задвижки можно представить следующим образом:

а) заготовительные операции (формообразование и механическая обработка):

- 1) раскрой металла;
- 2) резка по разметке;
- 3) зачистка заготовок под штамповку от брызг металла;
- 4) контроль размеров заготовок под штамповку;
- 5) объемная горячая штамповка элементов корпуса регулирующего клапана;
- 6) контроль размеров элементов корпуса регулирующего клапана;
- 7) механическая обработка элементов корпуса регулирующего клапана;
- 8) визуально-измерительный контроль (ВИК) кромок.

б) сборка и сварка элементов корпуса шиберной задвижки;

в) контроль качества сварных соединений:

						Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1) ВИК;
- 2) капиллярный контроль;
- 3) радиографический контроль (РГК);
- 4) ультразвуковой контроль (УЗК);
- 5) гидравлические испытания.

4.2 Выбор способа получения заготовок

Литые, кованные и штампованные заготовки обычно поступают на сварку в виде, не требующем дополнительных операций. По другому обстоит дело с деталями из проката. После подбора металла по размерам и маркам стали необходимо выполнить следующие операции: правку, разметку, резку, обработку кромок, гибку и очистку под сварку.

Для резки металла и получения заготовки круглой формы назначена установка автоматизированного плазменного раскроя плазменный станок Автом – 3 с источником питания плазменной резки *Kjellberg–HiFocus 440i neo*. Технические характеристики установки автоматизированного плазменного раскроя Автом – 3 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики установки автоматизированного плазменного раскроя Автом – 3

Параметр	Значение
Тип конструкции	портальная
Материал станка	алюминий, конструктивный профиль, конструкционная сталь
Пределы раскроя по осям X; Y, мм	4000,0; 18000,0
Предел перемещения резака по оси Z, мм	150,0
Толщина обработки при плазменной резке, мм	возможности источника тока
Привод по осям X, Y и Z	зубчатая рейка и шестерня, ШВП
Привод поперечной балки, ось Y	двухсторонний
Скорость холостого хода по осям, мм/мин	0...6000,0
Тип направляющих	высокоточные рельсовые

Продолжение таблицы 4.1

Параметр	Значение
Минимальные габаритные размеры, мм	3250,0×1650,0×600,0
Максимальные габаритные размеры, мм	6250,0×1850,0×900,0
Минимальная масса, кг	800,0
Максимальная масса, кг	1500,0

Технические характеристики источника питания (ИП) для плазменной резки *Kjellberg–HiFocus 440i neo* приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики ИП

Параметр	Значение
Ток резки при 100 % ОДВ, А	360,0
Режим маркировки, А	5,0...50,0
Напряжение питания, В	400,0
Максимальная подключаемая нагрузка, кВт	127,0
Плазмообразующий газ	воздух, кислород, смесь азота с водородом, аргона с водородом
Газ для маркировки	аргон
Вихревой газ	воздух, азот, кислород
Прожиг, мм	0...55,0
Масса, кг	589,0
Габаритные размеры, мм	1030,0×680,0×1450,0

Выбранное оборудование для операции раскроя обеспечивает получение заготовок необходимой формы и размеров.

Цельноштампованные днища изготавливают методом горячей штамповки на гидравлическом прессе. Для штамповки полусфер назначен пресс П – 3236. Указанное оборудование предназначено для горячей и холодной штамповки деталей из листового и другого материала, а также гибки и отбортовки. Технические характеристики прессы приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3– Технические характеристики гидравлического пресса П – 3236

Параметр	Значение
Номинальное усилие, кН	4000,0
Ход ползуна, мм	1200,0
Расстояние между столом и ползуном, мм	1100,0
Мощность двигателя главного движения, кВт	73,0
Ширина и длина стола	2000,0×2400,0
Габаритные размеры станка, мм	5050,0×9180,0×5650,0
Масса, кг	72000,0

После прессования днища механическим путем удаляют окалину, проводят контроль толщины металла.

Для разделки кромок элементов корпуса шиберной задвижки выбран карусельно-токарный станок *TOS Powerturn 1250*, технические характеристики которого приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Технические характеристики карусельно-токарного станка *TOS Powerturn 1250*

Параметр	Значение
Максимальный диаметр изделия, мм	1400,0
Диаметр планшайбы, мм	1250,0
Максимальная высота изделия, мм	1800,0
Максимальная масса изделия, кг	8000,0
Число оборотов, мин ⁻¹	2,0...400,0
Мощность электродвигателя, кВт	40,0
Количество инструментов в магазине	150,0
Потребляемая мощность, кВт · А	100,0

Выбранное оборудование позволяет получить необходимые формы конструктивных элементов и разделку кромок соединяемых поверхностей конструкции.

4.3. Выбор и обоснование способов сварки

Задвижка шиберная типа ПТ 19005 – 1000 применяется в цепях технологических трубопроводов для перекрытия подачи жидкой фракции.

Корпус задвижки изготавливается из стали 20ГЛ по ГОСТ –21357 – 87.

В соответствии с заводской технологией изготовления сварка элементов конструкции задвижки: фланца и крестовины, крестовины и днища, кольца и опоры, кольца и днища, цапф и крестовины осуществляется с применением ручной дуговой сварки покрытым электродом. При этом сборочные операции осуществляются с использованием простейших универсальных приспособлений.

Анализ применяемой технологии сварки и используемой оснастки показывает, что подобная технология сварки в должной мере не обеспечивает стабильности и устойчивости хода процесса сборки и сварки с соблюдением требуемых параметров процесса в соответствии с техническими требованиями на изделие. При этом процессы ручной дуговой сварки, используемые по базовой технологии, не обеспечивают высокой производительности.

Анализ конструкции элементов изделия корпуса показывает, что их конструкция отвечает требованиям технологичности на стадии механической обработки и последующей сварки. При этом также соблюдаются требования для применения материала и энергосберегающих технологий заготовительного производства.

Виды разделок кромок, их конструктивные размеры, а также сварные швы выполнены в соответствии с требованиями [17], согласно которому назначают следующие виды сварки: автоматическая под слоем флюса, ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.

В выпускной работе предлагается вариант технологии сварки с применением механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесей, также автоматическая сварка под слоем флюса.

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При механизированной сварке плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесях в зону дуги через сопло непрерывно подается защитный газ. Теплотой дуги расплавляется основной металл и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует шов. На рисунке 4.1 показана схема сварки в защитных газах плавящимся электродом. В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные (углекислый газ, водород, кислород и азот) газы, а также их смеси по отношению к электроду можно подавать центрально или сбоку. Сбоку газ подают при больших скоростях сварки плавящимся электродом, когда при центральной защите ее надежность нарушается из-за сдувания газа неподвижным воздухом.

Сквозняки или ветер при сварке, сдувая струю защитного газа, могут резко ухудшить качество сварного шва или соединения.

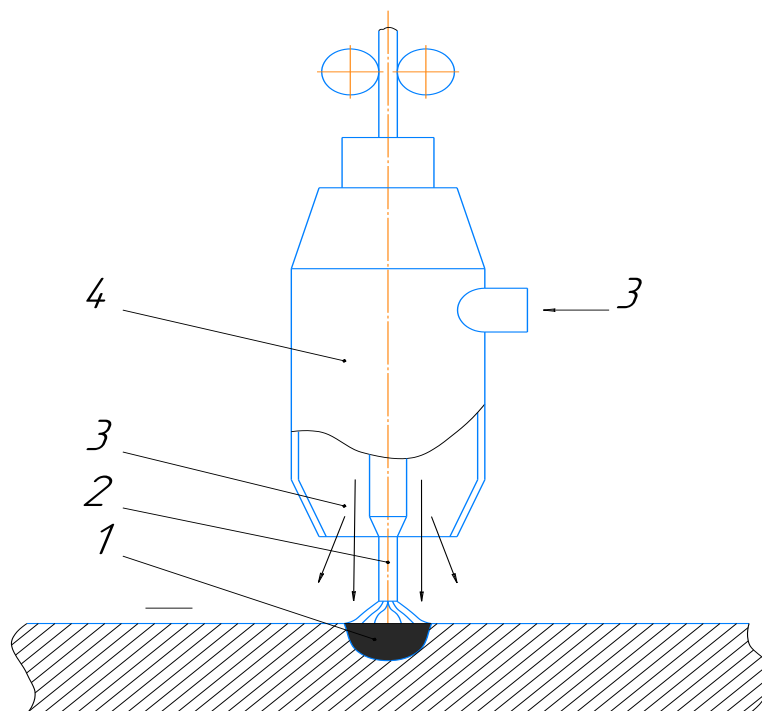


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема сварки плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесях: 1 – сварочная дуга, 2 – электродная проволока, 3 – защитный газ, 4 – газовое сопло

Теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги и форму швов.

Широкий диапазон используемых защитных газов обладающих значи-

тельно различающимися теплофизическими свойствами обуславливает большие технологические возможности этого способа.

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ: высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины; возможность сварки в различных пространственных положениях; возможность визуального наблюдения за формированием шва, что особенно важно при механизированной сварке; отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удаления шлака; высокая производительность и легкость механизации и автоматизации; низкая стоимость при использовании защитных газов. К недостаткам способа, по сравнению с автоматической сваркой под флюсом, относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации.

Автоматическую сварку под флюсом применяют в серийном и массовом производствах для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении на металле толщиной от 2 до 100 мм. Под флюсом сваривают металлы различных классов. Автоматическую сварку широко применяют при изготовлении котлов, резервуаров для хранения жидкостей и газов, корпусов судов, мостовых балок и других изделий. Она является одним из основных звеньев автоматической линии для изготовления сварных автомобильных колес и станов для производства сварных прямошовных и спиральных труб.

Для автоматической дуговой сварки под флюсом используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха. Подача и перемещение электродной проволоки, а также процессы зажигания дуги и заварки кратера в конце шва автоматизированы.

Равнопрочность соединения достигается за счет подбора соответствующих составов флюсов и электродных проволок, выбора режимов и техники сварки. При сварке данной конструкции используют флюс *Lincolnweld FX8500 EN 760. ASMESFA 5.17/23* и электродную проволоку марки *L-61 BSEN756 2004 ASMESFA 5.17 2005*. Легирование металла шва марганцем за счет проволоки и кремнием за счет провара основного металла при подборе соответствующего терми-

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ческого цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. С использованием указанных материалов достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин.

В процессе автоматической сварки под флюсом дуга горит между проволокой и основным металлом. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла со всех сторон плотно закрыты слоем флюса толщиной от 30 до 35 мм. Часть флюса расплавляется, в результате чего вокруг дуги образуется газовая полость, а на поверхности расплавленного металла – ванна жидкого шлака. Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла. Действие мощной дуги и весьма быстрое движение электрода вдоль заготовки обуславливают оттеснение расплавленного металла в сторону, противоположную направлению сварки согласно рисунку 4.2.

По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва, покрытого твердой шлаковой коркой. Проволоку подают в дугу и перемещают ее вдоль шва с помощью механизмов подачи и перемещения. Ток к электроду поступает через токопровод.

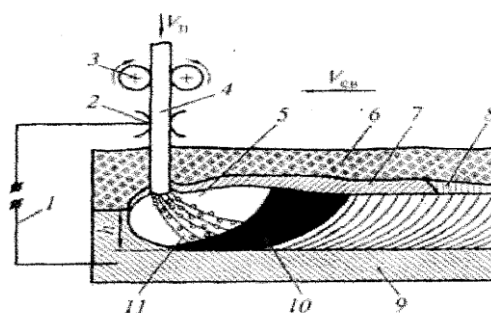


Рисунок 4.2 – Схема сварки под флюсом: 1 – источник сварочного тока, 2 – скользящий контакт (токопровод), 3 – подающий ролик, 4 – электродная проволока, 5 – газовый пузырь, 6 – флюс, 7 – расплавленный флюс, 8 – затвердевший шлак, 9 – свариваемый (основной) металл, 10 – сварочная ванна, 11 – сварочная дуга, $V_{св}$, $V_{п}$ – скорости сварки и подачи электродной проволоки, h – глубина проплавления основного металла.

Назначение сварочных автоматов – подача электродной проволоки в дугу и поддержание постоянного режима сварки в течение всего процесса.

Использование предлагаемых способов сварки по сравнению с заводской технологией обеспечивает ряд технологических преимуществ: снижение трудоемкости изготовления сварных соединений на стадии сборки и сварки, повышение производительности процесса сварки, стабильность получения сварных швов, заданного высокого качества, снижение квалификационных требований к сварщику, выполняющему данную работу, рациональный расход сварочных материалов. Такой переход и применение более производительного метода, механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесях, является возможным применительно к заводским условиям, поскольку для осуществления сварки требуется применение более распространенных видов сварочного оборудования и оснастки, имеющихся на предприятии.

Важным этапом сварочного производства является осуществление сборочных операций элементов свариваемых изделий в точном соответствии с техническими требованиями рабочего чертежа.

4.4 Выбор сварочных материалов

С помощью сварочных материалов реализуется процесс сварки и осуществляется сложная физико-химическая обработка расплавленных электродного и основного металлов, производимая в газовой и шлаковой фазах и завершающаяся в сварочной ванне, что приводит к образованию шва нужного химического состава с требуемыми свойствами.

Высокоосновные флюсы и шлаки, рафинируя металл шва и иногда модифицируя его структуру, повышают стойкость против горячих трещин. Механизированные способы сварки, обеспечивая равномерное проплавление основного металла по длине шва и постоянство термического цикла сварки, позволяют получить и более стабильные структуры на всей длине сварного соединения. При механизированных способах сварки тонкими электродными проволоками

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поперечные колебания электрода, изменяя схему кристаллизации металла шва, позволяют уменьшить его склонность к горячим трещинам.

В связи с выбранными ранее способами сварки необходимо использовать сварочную проволоку, флюсы и покрытые электроды.

Для обеспечения требуемых механических и химических свойств сварных швов необходимо использовать следующие сварочные материалы:

- электроды УОНИ – 13/55;
- сварочные проволоки: Св-08Г2С, L-61 BSEN 756 2004.ASMESFA 5.17 2005;
- флюсы: АН – 348А или LincolnweldFX 8500 EN 760. ASMESFA 5.17/23.

Сварочные электроды с основным покрытием УОНИИ – 13/55, предназначены для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу сварных швов предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Рекомендуются, в частности, для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур (минус 40°С). Стержень из проволоки Св – 08, Св – 08А по ГОСТ 2246 – 70 [23]. Диаметр выпускаемых электродов: 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 и 5,0 мм.

Механические свойства, химический состав и размеры электродов УОНИИ – 13/55 представлены в таблицах 4.5, 4.6, 4.7.

Таблица 4.5 – Механические свойства металла шва сварочных электродов УОНИИ – 13/55 по ГОСТ 9466 – 75 [24]

Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
490,0	не менее 20,0	не менее 127,0

Характеристика плавления электродов:

Производительность (для диаметра 4,0 мм) 1,4 кг/ч, коэффициент наплавки 9,5 г/(А ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 1,7 кг.

Таблица 4.6 – Химический состав наплавленного металла

Элемент	Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,08...0,110	0,80...1,20	0,20...0,30	не более 0,030	не более 0,035

Таблица 4.7 – Размеры электродов УОНИ – 13/55 и сила тока при сварке

Диаметр, мм	Длина, мм	Ток, А	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.
3,0	350,0	80,0...140,0	39
4,0	450,0	140,0...220,0	16
5,0	450,0	160,0...260,0	11

Металл шва характеризуется высокой стойкостью против образования кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода. Сварку следует производить короткой дугой методом опирания. Свариваемые кромки должны быть очищены от окалины, ржавчины и следов масла.

Применяются для сварки особо ответственных металлоконструкций, работающих под динамическими нагрузками в условиях отрицательных температур, сосудов, работающих под давлением, судостроительных металлоконструкций. Сварка металла большой толщины. Заварка дефектов литья.

Технологические особенности сварки электродами УОНИ – 13/55. Сварку производят короткой дугой по очищенным кромкам. Обязательна прокатка перед сваркой: от 150 до 180 °С; 0,5 ч.

При механизированной сварке плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесях применяют сварочную проволоку без покрытия, так называемую голую сварочную проволоку.

Поверхность сварочной проволоки должна быть чистой и гладкой, без окалины, ржавчины, масла и других загрязнений. По виду поверхности проволока подразделяется на омедненную и не омедненную. Омеднение проволоки улучшает электрический контакт между проволокой и токоподводящим устройством, а также снижает возможность ее коррозии. Для предотвращения загрязнения, проволоку упаковывают в водонепроницаемую бумагу. Обернутые в бумагу мотки, бухты или катушки проволоки упаковывают при диаметре проволоки от 0,3 до 0,8 мм в жесткую тару, выложенную слоем водонепроницаемой бумаги; при диаметре проволоки более 0,8 мм в полимерную или полиэтиленовую пленку или же тарную ткань.

Сварочную проволоку следует транспортировать в чистых крытых вагонах, контейнерах или автофургонах, предохраняющих ее от загрязнения и воздействия атмосферных осадков. Хранить ее необходимо в сухом, закрытом помещении в условиях, не допускающих ее коррозии, загрязнения и механических повреждений. В случае загрязнения сварочной проволоки ее очищают пескоструем, травлением или протягиванием через очистные устройства. Каждая партия проволоки снабжена сертификатом завода изготовителя, в котором указаны марка проволоки, результаты химического анализа и других испытаний, масса и номер партии и т.д.

Стальную сварочную проволоку изготавливают по ГОСТ 2246 – 70 [23] и по специальным техническим условиям. В зависимости от химического состава проволока разделяется на низкоуглеродистую, легированную и высоколегированную. Всего в ГОСТ 2246 – 70 включено 77 марок сварочной проволоки диаметром от 0,3 до 12 мм. Проволока диаметром 5 мм включительно предназначена для механизированных способов сварки, поставляется в мотках прямоугольного сечения, пригодных для непосредственного (без перемотки) использования в сварочных автоматах и полуавтоматах. Размеры мотков в зависимости от диаметра проволоки должны соответствовать нормативным документам. Эти проволоки применяют для различных видов сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Сварочную проволоку для механизированной сварки выбирают согласно СТ ЦКБА 025 – 2006. Для данного изделия выбирают проволоку марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246 – 70. Химический состав приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Химический состав проволоки марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246 – 70

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
Содержание, %	Не более 0,1	0,6...0,85	1,4 ... 1,7	Не более 0,2	Не более 0,25	Не более 0,025	Не более 0,03

Покрытая медью проволока *L-61 BSEN 756 2004.ASMESFA 5.17 2005* сплошного сечения используется для сварки сталей углеродистого и низколегированного типа. Химический состав представлен в таблице 4.9. Материал обладает уникальными сварочно-технологическими характеристиками. Также не исключается возможность использования с разного рода флюсами.

Таблица 4.9 –Химический состав проволоки марки *L-61 BSEN 756 2004.ASMESFA 5.17 2005*

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,1	0,250	1,0	не более 0,20	не более 0,250	не более 0,020	не более 0,030

Углекислый газ выпускают по ГОСТ 8050 – 85 [25] трех марок. Для сварки используют сварочный газ чистотой не менее 99,5 %. Хранят и транспортируют в жидком виде в стальных баллонах емкостью 40 л. Под давлением от 6,0 до 7,0 МПа. Баллоны окрашивают в черный цвет. Углекислый газ относится к окислительным. Поэтому его в основном применяют для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Назначение его состоит в защите расплавленного металла от азота воздуха.

Для защитных средств применяют также смеси аргона с гелием, водородом, азотом, углекислым газом и кислородом. В ряде случаев такие смеси обладают лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы.

Флюс АН – 348А по ГОСТ 9087 – 81 [26] предназначен для механизированной и автоматической дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей (таблица 4.9).

Высокремнистый высокомарганцовистый оксидный флюс с химической активностью A_{ϕ} от 0,7 до 0,75. При сварке – наплавке под флюсом интенсивно протекают кремне- и марганце восстановительные процессы. Содержание кислорода в металле шва в виде оксидных мелкодисперсных включений составляет 0,06 % (для однопроходных) и до 0,1 % (для многослойных). Особо интенсивно взаимодействие между флюсом и металлом при сварке проволокой ма-

лых диаметров (до 3 мм).

Концентрация серы и фосфора в металле швов в среднем составляет 0,04 % каждого. Не рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях Севера или при температуре ниже минус 30 °С.

Таблица 4.10 – Химический состав флюса АН – 348А по ГОСТ 9087 – 81

Соединение/ элемент	Оксид кремния	Оксид мар- ганца	Оксид каль- ция	Оксид маг- ния	Оксид алюми- ния	Сера	Фос- фор
Содержание, %	40,0...44,0	31,0...38,0	не более 12,0	не более 7,0	не более 6,0	не бо- лее 0,150	не более 0,120

LincolnweldFX 8500 EN 760.ASMESFA 5.17/23 – основной флюс, разработанный для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Дает отличные сварочные характеристики во всей гамме сварочных процедур. Обеспечивает отличные механические свойства: при требовании ударной вязкости минус 50 °С обеспечивает однородность механических свойств (этого удара) по всему шву; отличные характеристики *CTOD* – тест (раскрытие трещин).

4.5 Расчет параметров режимов сварки

В таблице 4.11 приведен перечень сварных швов, способы сварки и сварочные материалы.

Таблица 4.11 – Перечень сварных швов, способы сварки и сварочные материалы

№ сварного шва	Соединяемые элементы	Способ сварки (прихватки)	Оборудование для сварки (прихватки)	Материалы для сварки (прихватки)	Сварочные флюсы и защитные газы
1	Крестовина с фланцем	АФ (РД)	А – 1416 (ВД – 506 Д)	L-61 BS EN 756:2004 ASME SFA 5.17:2005 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Флюс <i>Lincoln weld FX 8500</i> EN760 ASME SFA 5.17/23
2	Крестовина с днищем	АФ (РД)	А – 1416 (ВД – 506 Д)	L-61 BS EN 756:2004 ASME SFA 5.17:2005 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Флюс <i>Lincoln weld FX 8500</i> EN760 ASME SFA 5.17/23
3	Днище с кольцом	МП (РД)	ПроМИГ-560 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Двуокись углерода ГОСТ 8050-85
4	Кольцо с опорой	МП (РД)	ПроМИГ-560 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Двуокись углерода ГОСТ 8050-85
5	Днище с цапфой	РД (РД)	ВД-506 Д (ВД – 506 Д)	УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	–

Произведем расчет режимов сварки указанных в таблице сварных швов.

Расчет режимов сварки шва №1

Исходные данные:

– основной металл – сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87; сталь 09Г2С по-

ГОСТ 19281 – 89;

- толщина металла – 50 мм;
- сварочный флюс – флюс *Lincolnweld FX 8500 EN 760 ASME SFA 5.17/23*;
- сварочная проволока – *L-61 BS EN 756; 2004; ASME SFA 5.17; 2005*;
- способ сварки – автоматическая сварка под слоем флюса;
- тип соединения – стыковое;
- тип шва – стыковой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 4.3 и рисунке 4.4.

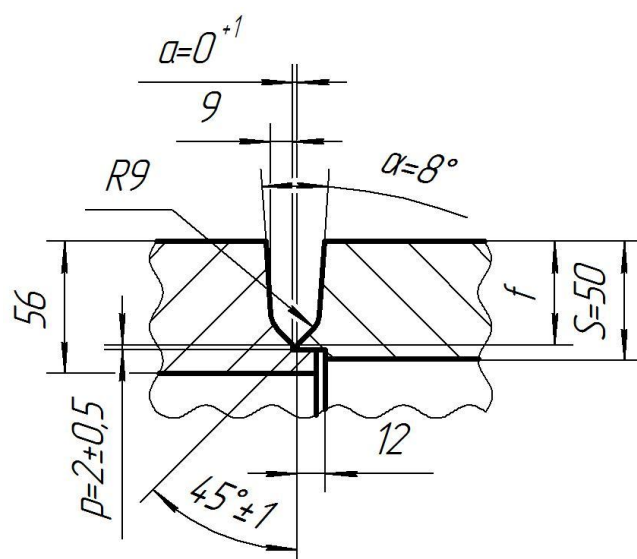


Рисунок 4.3 – Эскиз соединения

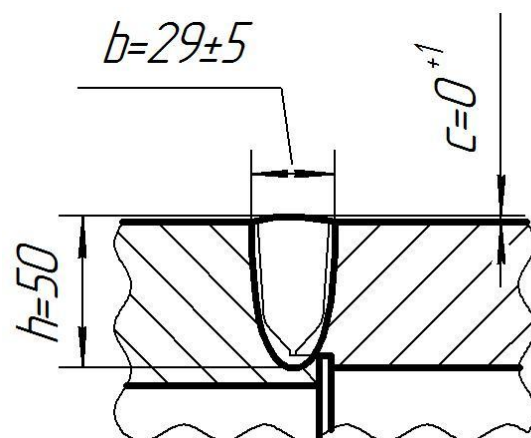


Рисунок 4.4 – Эскиз шва

Прихватки под автоматическую сварку согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 разрешается выполнять ручной дуговой сваркой. Расстояние между прихватками от 100 до 150 мм. При кольцевом шве диаметром 1340 мм; назначаем количество прихваток от 10 до 12 штук. Длина каждой прихватки от 80 до 100 мм.

Диаметр электрода $d_{эл}$ для прихватки выбираем исходя из толщины металла в корневом участке разделки кромок (рисунок 4.3) равной 12 мм. Выбираем электрод диаметром 5 мм.

Выбор типа и марки электрода для прихватки.

						Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исходя из механических свойств стали 20ГЛ по ГОСТ 9467 – 80, предел прочности σ_b которой составляет от 50 до 550 МПа, может быть выбран тип электродов Э50А. Типу электродов Э50А относятся электроды марки УОНИ – 13/55.

Сила сварочного тока для прихватки определяется по формуле.

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} \text{ мм}, \quad (4.1)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

K – эмпирический коэффициент, равный от 35 до 60 для электрода диаметром 5 мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

$$I_{св} = 35...60 \cdot 5 = 175...300 \text{ А}.$$

Принимаем силу тока для прихваток $I_{св} = 240 \text{ А}$.

1. Расчет режима сварки корневого шва.

Устанавливаем требуемую глубину провара притупления при сварке со стороны разделки, исходя из условия.

$$h_0 = S - f \text{ мм}, \quad (4.2)$$

где h_0 – глубина провара, мм;

S – толщина свариваемого металла, мм;

f – глубина разделки, мм.

Тогда

$$h_0 = 50 - 45 = 5 \text{ мм}.$$

Определяем величину сварочного тока по эмпирической формуле.

$$I_{св} = (80...100) \cdot h_0 \text{ А}, \quad (4.3)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

h_0 – глубина провара, мм.

$$I_{св} = (80...100) \cdot 5 = 400...500 \text{ А}.$$

Для расчетов принимаем $I_{св} = 450 \text{ А}$.

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле.

						Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} \text{ мм}, \quad (4.4)$$

где $d_{эл}$ – диаметр электрода, мм;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Допускаемая плотность тока при автоматической сварке зависит от диаметра электрода, и определяется по таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Допустимая плотность тока для электродов

Диаметр электрода, мм	1	2	3	4	5
Допускаемая плотность тока, А/мм ²	90,0...400,0	65,0...200,0	45,0...90,0	35,0...60,0	30,0...50,0

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{450}{55}} = 3,23 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_{эл} = 3,2 \text{ мм}$.

Определяем скорость сварки по формуле.

Для проволоки диаметром 3,2 мм

$$V_{св} = \frac{(12...16) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ м/ч}, \quad (4.5)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А.

$$V_{св} = \frac{(12...16) \cdot 10^3}{450} = 26...35 \text{ м/ч}.$$

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

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле.

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \text{ В}, \quad (4.6)$$

где $U_{д}$ – напряжение дуги, В;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3,2^{0,5}} \cdot 450 \pm 1 = 31,5...33,5 \text{ В}.$$

						Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Принимаем $U_d = 32$ В.

Определяем коэффициент формы провара по формуле.

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (4.7)$$

где ψ_{np} – коэффициент формы провара;

K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности и определяется по таблице 4.13.

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм;

U_d – напряжение дуги, В;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А.

Значение коэффициента K' определяем исходя из условий:

- род тока постоянный;
- полярность тока обратная;
- плотность тока $j < 120$ А/мм².

Таблица 4.13 – Значение коэффициента K'

Род тока	Полярность	Плотность тока j , А/мм ²	Величина коэффициента K'
Переменный	—	меньше 120,0	1,0
		больше или равна 120,0	
Постоянный	Обратная	меньше 120,0	$0,367 \cdot j^{0,1925}$
	Прямая		$2,820 \cdot j^{0,1925}$
	Обратная	больше или равна 120,0	0,920
	Прямая		1,120

Коэффициент плотности тока определяется по формуле

$$j = \frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d_{эл}^2} \text{ А/мм}^2, \quad (4.8)$$

где j – коэффициент плотности тока, А/мм².

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

$$j = \frac{450 \cdot 4}{3,14 \cdot 3,2^2} = 60 \text{ А/мм}^2.$$

Тогда

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 60^{0,1925} = 0,807$$

$$\psi_{np} = 0,807 \cdot (19 - 0,01 \cdot 450) \cdot \frac{3,2 \cdot 32}{450} = 2,66.$$

Определяем величину погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_d}{V_{св}} \text{ Дж/см}, \quad (4.9)$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

U_d – напряжение дуги, В;

η_d – эффективный КПД дуги;

$V_{св}$ – скорость сварки (перемещения дуги), см/с.

$$q_n = \frac{450 \cdot 32 \cdot 0,9}{0,72} = 18000 \text{ Дж/см}.$$

2. Определяем основные размеры шва для бескосного стыкового соединения с нулевым зазором.

Фактическая глубина провара:

$$h_\phi = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \text{ см}, \quad (4.10)$$

где h_ϕ – фактическая глубина провара, см;

q_n – погонная энергия, Дж/см;

ψ_{np} – коэффициент формы провара.

$$h_\phi = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{18000}{2,66}} = 0,62 \text{ см}.$$

Ширина шва определяется по формуле.

$$b = \psi_{np} \cdot h_\phi \text{ мм}, \quad (4.11)$$

где b – ширина шва, мм;

ψ_{np} – коэффициент формы провара;

h_ϕ – фактическая глубина провара, см.

$$b = 2,66 \cdot 6,2 = 16,5 \text{ мм}.$$

						Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Высота валика определяется по формуле.

$$c = \frac{F_n}{0,73 \cdot b} \text{ мм}, \quad (4.12)$$

где c – высота валика, мм;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм²;

0,73 – коэффициент полноты валика (μ_b) при автоматической и полуавтоматической сварке;

b – ширина шва, мм.

$$F_n = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{св}} \text{ мм}^2, \quad (4.12)$$

где F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм²;

α_n – коэффициент наплавки;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

γ – плотность стали, г/см³;

$V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

Коэффициент наплавки, определяется по формуле.

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\psi}{100}\right) \text{ г/А} \cdot \text{с}, \quad (4.13)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·с;

α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

ψ – потери электродного металла, %. Принимаем $\psi = 10\%$;

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по формуле.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с}, \quad (4.14)$$

где α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

						Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{450}{3,2} \right) \cdot 10^{-4} = 0,00392 \text{ г/А} \cdot \text{с}.$$

Тогда

$$\alpha_n = 0,00392 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 35,2 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с или } 12,7 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Тогда

$$c = \frac{12,7 \cdot 450}{3600 \cdot 7,8 \cdot 7,2 \cdot 0,73 \cdot 16,5} = 0,234 \text{ см}.$$

Принимаем для расчетов $c = 2,3 \text{ мм}$.

Определяем высоту шва по формуле.

$$H = h_\phi + c \text{ мм}, \quad (4.15)$$

где H – высота шва, мм;

h_ϕ – фактическая глубина провара, мм;

c – высота валика, мм.

Тогда

$$H = h_\phi + c = 6,2 + 2,3 = 8,5 \text{ мм}.$$

Определяем высоту заполнения разделки с учетом зазора в стыке.

$$f = \sqrt{\frac{F_n - H \cdot a}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}} \text{ мм}, \quad (4.16)$$

где f – высота заполнения разделки, мм;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги, мм²;

H – высота шва, мм;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол разделки кромок, °.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги определяем по формуле (4.12).

$$F_n = \frac{12,7 \cdot 450}{3600 \cdot 7,8 \cdot 7,2} = 0,28 \text{ см}^2 = 28 \text{ мм}^2.$$

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тогда

$$f = \sqrt{\frac{28 - 8,5 \cdot 1,0}{\operatorname{tg} 45^\circ}} = 4,4 \text{ мм.}$$

Определяем глубину провара притупления по формуле.

$$h_0 = H - f \text{ мм,} \quad (4.17)$$

где h_0 – высота заполнения разделки, мм;

H – высота шва, мм;

f – высота заполнения разделки, мм.

Тогда

$$h_0 = 8,5 - 4,4 = 4,1 \text{ мм.}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле.

$$V_{\text{п.пр.}} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2 \cdot \gamma} \text{ м/ч,} \quad (4.18)$$

где $V_{\text{п.пр.}}$ – скорость подачи проволоки, м/ч;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·с;

$I_{\text{св}}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электрода, мм;

γ – плотность стали, г/см³.

Тогда

$$V_{\text{п.пр.}} = \frac{4 \cdot 12,7 \cdot 450}{3,14 \cdot 3,2^2 \cdot 7,8} = 91,1 \text{ м/ч.}$$

Принимаем $V_{\text{п.пр.}} = 91 \text{ м/ч.}$

3. Расчет режима сварки последующих проходов.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла за данный проход можно принять

$$F_{\text{н.з.}} \leq 80 \dots 100 \text{ мм}^2.$$

Для расчета принимаем $F_{\text{н.з.}} = 80 \text{ мм}^2.$

$$d_{\text{эл}} = 3,2 \text{ мм.}$$

Тогда сила сварочного тока

$$I_{св} = j \cdot \left(\frac{d_{эл}}{1,13} \right)^2 \text{ А}, \quad (4.19)$$

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

j – плотность тока, А/мм²

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда

$$I_{св} = (45...90) \cdot \left(\frac{3,2}{1,13} \right)^2 = 360...721 \text{ А}$$

Принимаем $I_{св} = 510 \text{ А}$.

Определяем скорость сварки последующих проходов.

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100} \text{ м/ч}, \quad (4.20)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·с;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм²;

γ – плотность стали, г/см³.

Определяем коэффициент наплавки по формуле (4.13) для $d_{эл} = 3,2 \text{ мм}$ он равен

$$\alpha_n = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{510}{3,2} \right) \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 39,02 \cdot 10^{-4} \cdot \text{ г/А} \cdot \text{с} \text{ или } 14,04 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Тогда

$$V_{св} = \frac{14,04 \cdot 510}{0,8 \cdot 7,8 \cdot 100} = 11,5 \text{ м/ч}.$$

$V_{св} = 3,2 \text{ мм/с}$, что меньше нижнего предела допустимых скоростей для флюса *Lincolnweld FX 8500*. Необходимо ввести корректировку или по току, увеличив его, или по площади наплавки, уменьшив ее.

Принимаем $F_{н.з.} = 45 \text{ мм}^2$.

Тогда,

						Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{св} = \frac{14,04 \cdot 510}{0,45 \cdot 7,8 \cdot 100} = 20,4 \text{ м/ч.}$$

Принимаем $V_{св} = 20,0$ м/ч или $V_{св} = 5,6$ мм/с, что соответствует требованиям для флюса *Lincolnweld FX 8500*.

Определяем скорость подачи проволоки по формуле (4.18):

$$V_{н.пр.} = \frac{4 \cdot 14,04 \cdot 510}{3,14 \cdot 3,2^2 \cdot 7,8} = 114,2 \text{ м/ч.}$$

Принимаем $V_{н.пр.} = 114$ м/ч.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле (4.6).

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3,2^{0,5}} \cdot 510 \pm 1 = 35,2 \text{ В,}$$

Принимаем $U_{\delta} = 35$ В.

Определяем количество проходов разделки из условия ее заполнения (см. рисунок 4.3 и 4.4):

$$n_p = \frac{F_{н.м.} - F_1}{F_{н.з.}} + 1, \quad (4.21)$$

где n_p – количество проходов разделки;

$F_{н.м.}$ – площадь наплавленного металла, мм²;

F_1 – площадь сечения корневого прохода, мм²;

$F_{н.з.}$ – площадь наплавленного металла за данный проход, мм².

Площадь наплавленного металла определяется в данном случае суммой двух площадей фигур имеющих грани под углом 45° и 8° , плюс площадь зазора и валика (рисунок 4.4).

$$F_{н.м.} = (18 + a) \cdot 35 + 35^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot \operatorname{tg} 45^{\circ} + 11 + 0,73 \cdot b \cdot c \text{ мм}^2, \quad (4.22)$$

где $F_{н.м.}$ – площадь наплавленного металла, мм²;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол разделки кромок, $^{\circ}$;

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

b – ширина шва, мм;

c – высота валика, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = 18 + 2 \cdot 35 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4 \dots 6) \text{ мм}, \quad (4.23)$$

где b – ширина шва, мм;

α – угол разделки кромок, °.

Тогда,

$$b = 18 + 2 \cdot 35 \cdot \operatorname{tg} 4^\circ + 1 + 5 = 29 \text{ мм.}$$

Высоту валика определяем по формуле.

$$c = \frac{b}{7 \dots 10} \text{ мм}, \quad (4.24)$$

где c – высота валика, мм;

b – ширина шва, мм.

Тогда,

$$c = \frac{29}{10} = 2,9 \text{ мм.}$$

Ширина шва и высота валика соответствуют требованиям СТ ЦКБА 025 – 2006 для соединения С26.

Тогда,

$$F_{н.м.} = (18 + 1) \cdot 35 + 35^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ + 11 + 0,73 \cdot 29 \cdot 2,9 = 904,05 \text{ мм}^2.$$

Определяем количество проходов разделки по формуле (4.21)

$$n_p = \frac{904 - 28}{45} + 1 = 20,4.$$

Принимаем $n = 21$.

Всего количество проходов с учетом корневого шва по формуле

$$\sum n = n + n_{\text{корн}} \quad (4.25)$$

где $\sum n$ – общее количество проходов;

n – принятое количество проходов разделки;

$n_{\text{корн}}$ – корневой проход.

Тогда,

						Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sum n = n + n_{\text{корн}} = 21 + 1 = 22$$

Определенные расчетом параметры режима сварки ($I_{\text{св}}$, $d_{\text{эл}}$, $U_{\text{д}}$, $V_{\text{п.пр.}}$, $V_{\text{св}}$) обеспечивают получение размеров швов в соответствии с требованиями СТ ЦКБА 025 – 2006, соответствуют технической характеристике выбранного сварочного оборудования и материалов.

Расчет режимов сварки шва №2. Сварной шов № 2 имеет форму разделки кромок аналогичную сварному шву №1 за исключением параметра $f = 32$ мм, (рисунок 3.3). Следовательно, сварка ведется на тех же режимах что и шов №1, за исключением числа проходов, расчет количества которых произведен ниже.

$$F_{\text{н.м.}} = (18 + a) \cdot 29 + 29^2 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot \text{tg} 45^\circ + 11 + 0,73 \cdot b \cdot c \text{ мм}^2, \quad (4.26)$$

где $F_{\text{н.м.}}$ – площадь наплавленного металла, мм²;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол разделки кромок, °;

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

b – ширина шва, мм;

c – высота валика, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = 18 + 2 \cdot 29 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4...6) \text{ мм}, \quad (4.27)$$

где b – ширина шва, мм;

α – угол разделки кромок, °.

Тогда,

$$b = 18 + 2 \cdot 29 \cdot \text{tg} 4^\circ + 1 + 5 = 28 \text{ мм}.$$

Высоту валика определяем по формуле (4.24).

$$c = \frac{28}{10} = 2,8 \text{ мм}.$$

Ширина шва и высота валика соответствуют требованиям СТ ЦКБА 025 – 2006 для соединения С26.

Тогда,

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$F_{н.м.} = 19 \cdot 29 + 29^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ + 11 + 0,73 \cdot 28 \cdot 2,8 = 759,03 \text{ мм}^2.$$

$$n_p = \frac{759 - 28}{45} + 1 = 17,2.$$

Принимаем $n = 18$.

Всего количество проходов с учетом корневого шва определяем по формуле (4.25)

$$\sum n = 18 + 1 = 19$$

Расчет режимов сварки шва №4

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 89;
- толщина металла – $S=30$ мм; $S_1=36$ мм (рисунок 4.5);
- катет шва – $K = K_1 = 20 \pm 5$ мм (рисунок 3.6);
- защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85;
- сварочная проволока – Св-08Г2С по ГОСТ 2246 – 70;
- способ сварки – механизированная, плавящимся электродом в среде активного газа и смесях;
- тип соединения – тавровое;
- тип шва – угловой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 4.5 и рисунке 4.6.

						Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

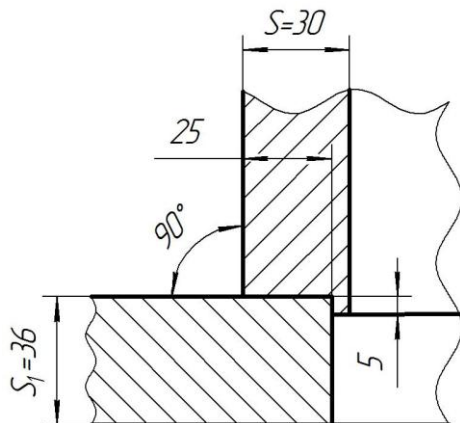


Рисунок 4.5 – Эскиз соединения

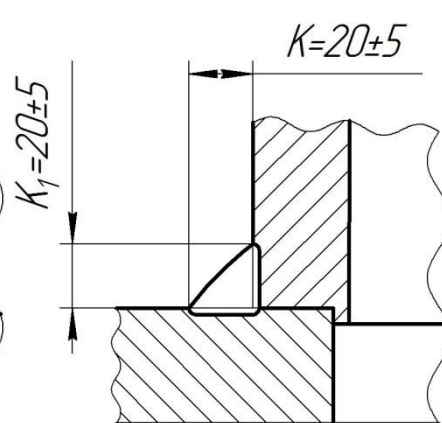


Рисунок 4.6 – Эскиз шва

1. Выбор диаметра электродной проволоки.

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа, применяем проволоку диаметром 1,6 мм.

2. Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра электрода по таблице 4.14.

Таблица 4.14 - Допускаемая величина сварочного тока при сварке в среде углекислого газа в зависимости от диаметра проволоки

$d_{эл}$, мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
$I_{св}$, А	25...70	50...130	70...180	100...240	150...400	200...500	300...700
Расстояние от изделия, мм	5...15	5...15	6...18	8...18	15...25	15...25	20...40

Для $d_{эл} = 1,6$ мм оптимальное значение $I_{св} = 150...400$ А для расчета принимаем $I_{св} = 300$ А.

3. Расчет скорости сварки.

Учитывая то, что при полуавтоматической сварке в среде углекислого газа, также как и при ручной сварке, за один проход могут выполняться угловые швы катетом не более 8 мм, скорость сварки определяем по формуле для многопроходного шва:

– для проволоки диаметром 1,6 мм

$$V_{св} = \frac{(5...8) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ м/ч}, \quad (4.28)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

Тогда,

$$V_{св} = \frac{(5...8) \cdot 10^3}{300} = 16,6...26,6 \text{ м/ч.}$$

Принимаем $V_{св} = 18 \text{ м/ч} = 0,5 \text{ см/с.}$

3.1 Определяем площадь наплавки по заданному катету шва

$$F_n = \frac{K^2}{2} \cdot K_y \text{ мм}, \quad (4.29)$$

где F_n – площадь наплавки по заданному катету шва, мм²;

K_y – коэффициент усиления, для $K = 8 \text{ мм}$, $K_y = 1,25$.

Тогда

$$F_n = \frac{8^2}{2} \cdot 1,25 = 40 \text{ мм}^2 = 0,4 \text{ см}^2.$$

3.2 Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по формуле (4.14).

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{300}{1,6} \right) \cdot 10^{-4} = 49,55 \cdot 10^{-4} \text{ г/А·час.}$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле (4.13).

$$\alpha_n = 49,55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 16,05 \text{ г/А·час.}$$

Для расчета принимаем $\alpha_n = 16 \text{ г/А·час.}$

4. Определяем напряжение дуги по формуле (4.6) .

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 300 \pm 1 = 31...33$$

Для расчетов принимаем $U_d = 32 \text{ В.}$

5. Определяем коэффициент формы провара по формуле (4.7).

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 300) \cdot \frac{1,6 \cdot 32}{300} = 2,5$$

6. Определяем величину погонной энергии по формуле (4.9).

						Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{св}} = \frac{300 \cdot 32 \cdot 0,8}{0,5} = 15360 \text{ Дж/см.}$$

7. Расчет размеров швов.

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бесскосного соединения по формуле

$$h_{\phi} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \text{ см.} \quad (4.30)$$

где h_{ϕ} – фактическая глубина провара, см;

q_n – погонная энергия, Дж/см;

ψ_{np} – коэффициент формы провара.

Тогда,

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{15360}{2,5}} = 0,63 \text{ см.}$$

Определяем ширину шва для стыкового бесскосного соединения по формуле (4.11).

$$b = 2,5 \cdot 6,3 = 15,7 \text{ мм.}$$

Определяем высоту шва для стыкового бесскосного соединения по формуле (4.12)

$$c = \frac{40}{0,73 \cdot 15,7} = 3,4 \text{ мм.}$$

Определяем общую высоту шва по формуле (4.15)

$$H = h + c \text{ мм.}$$

$$H = 6,3 + 3,4 = 9,7 \text{ мм.}$$

Определяем глубину проплавления полки (рисунок 4.7) при сварке углового шва по формуле.

$$h_0 = H - g \text{ см.} \quad (4.31)$$

где h_0 – глубина проплавления полки, мм;

H – высота шва, мм;

g – высота заполнения, мм.

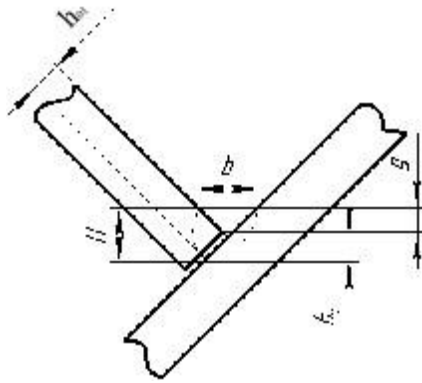


Рисунок 4.7 – Эскиз соединения: K – катет шва, b – ширина шва, H – высота шва, g – высота заполнения разделки.

Определяем высоту заполнения по формуле.

$$g = \sqrt{F_n}, \text{ мм} \quad (4.32)$$

где g – высота заполнения, мм;

F_n – площадь заполнения шва, мм^2 .

$$g = \sqrt{40} = 6,3 \text{ мм.}$$

Тогда,

$$h_0 = 9,7 - 6,3 = 3,4 \text{ мм.}$$

Определяем глубину проплавления стенки по формуле.

$$h_{01} = (0,8...1,0) \cdot h_0 \text{ мм,} \quad (4.33)$$

где h_{01} – глубина проплавления стенки, мм;

h_0 – глубина проплавления полки, мм.

$$h_{01} = (0,8...1,0) \cdot 3,4 = 2,72...3,4 \text{ мм.}$$

8. Определяем скорость подачи проволоки по формуле (4.18)

$$V_{n.n.} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 300}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 306 \text{ м/ч.}$$

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле.

$$\psi_{np} = \frac{b}{H} \leq 2,0, \quad (4.34)$$

где ψ_{np} – коэффициент формы провара;

b – ширина шва, мм;

H – высота шва, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (4.35)$$

где b – ширина шва, мм;

K – катет шва, мм.

Тогда,

$$b = \sqrt{2 \cdot 8^2} = 11,3 \text{ мм.}$$

$$\psi_{np} = \frac{11,3}{9,7} = 1,16 < 2,0.$$

Фактический коэффициент формы провара соответствует условию удовлетворительного формирования шва без подреза зоны сплавления, режим сварки выбран правильно.

Определяем расстояние от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендаций таблицы 3.18 для $d_{эл} = 1,6$ мм оно составляет от 15 до 25 мм.

Вылет электрода определяем по формуле.

$$l_э = 10 \cdot d_{эл}, \quad (4.36)$$

где $l_э$ – вылет электрода, мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда,

$$l_э = 10 \cdot 1,6 = 16,0 \text{ мм.}$$

9. Определяем количество проходов по формуле.

$$n = \frac{F_{н.м}}{F_н}, \quad (4.37)$$

где n – количество проходов;

$F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм²;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм².

Общая площадь наплавленного металла определяется по формуле.

$$F_{н.м} = \frac{K \cdot K_1}{2} \cdot K_y, \text{ мм}^2 \quad (4.38)$$

						Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм²;

K, K_1 – катет шва, мм;

K_y – коэффициент усиления, $K_y = 1,25$.

Тогда,

$$F_{н.м} = \frac{20 \cdot 20}{2} \cdot 1,25 = 250 \text{ мм}^2.$$

$$n = \frac{250}{40} = 6,25$$

Примем количество проходов $n = 6$.

Расчет режимов сварки шва №5

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – 89;
- толщина металла – $S=50$ мм (рисунок 4.8);
- катет шва – $K = K_1 = 20+3$ мм (рисунок 4.9);
- способ сварки –ручная дуговая сварка;
- тип соединения –тавровое;
- тип шва –угловой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 3.8 и рисунке 3.9.

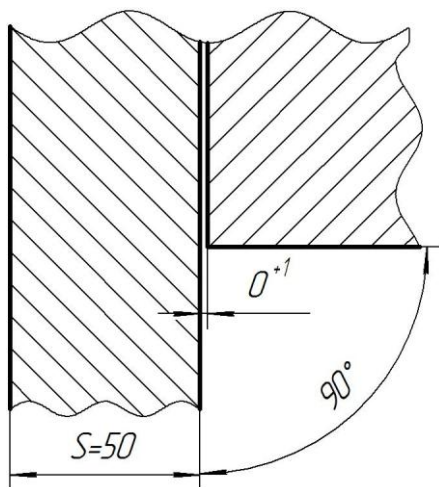


Рисунок 4.8 – Эскиз соединения

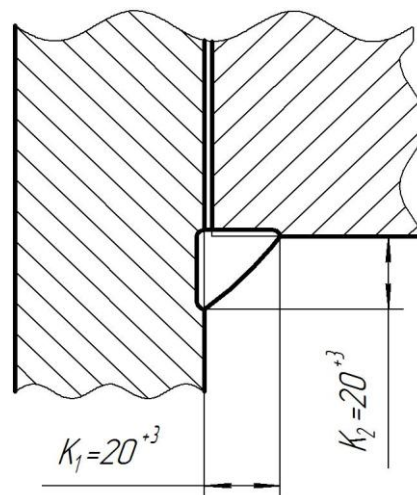


Рисунок 4.9 – Эскиз шва

1. Выбор типа и марки электрода.

Исходя из механических свойств стали 09Г2С по ГОСТ 9467 – 80, предел прочности σ_b которой составляет от 430 до 500 МПа, может быть выбран тип электродов Э50А.

Учитывая условия поставки стали 09Г2С по ГОСТ 9467 – 80 выбираем электроды Э50А, обеспечивающие минимальный предел прочности наплавленного металла $\sigma_b = 500$ МПа, что соответствует уровню предела прочности основного металла.

Типу электродов Э50А относятся электроды марки УОНИ – 13/55.

2. Выбор рода тока и полярности.

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

Исходя из свойств электродов с фтористокальциевым покрытием, к которым относятся электроды УОНИ – 13/55, выбираем для сварки постоянный ток. Сварка производится на обратной полярности.

3. Выбор диаметра электрода.

Согласно таблице 4.15 для толщины листа 50 мм рекомендуется:

- для сварки первого прохода $d_{эл} = 5$ мм;
- для сварки последующих проходов $d_{эл} = 5$ мм.

Таблица 4.15 – Практические рекомендации по выбору диаметра электрода

S, мм	$d_{эл}$, мм	Катет, мм	$d_{эл}$, мм
2,0	2,0	2,0...3,0	2,0
3,0	3,0	3,0...4,0	3,0
4,0	4,0	4,0...5,0	4,0
5,0...6,0	5,0	5,0...6,0	5,0
6,0 и >	5,0	6,0	5,0

Таким образом, выбираем: для сварки первого прохода $d_{эл} = 5$ мм, для сварки последующих проходов $d_{эл} = 5$ мм.

4. Определение величины сварочного тока

Сварочный ток определяется в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot J \text{ А}, \quad (4.39)$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, А;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

J – допускаемая плотность тока, А/мм².

Допускаемая плотность тока зависит от диаметра электрода и вида покрытия. Величина допускаемой плотности тока выбирается по данным таблицы 4.16

Таблица 4.16 – Значение допускаемой плотности тока в электроде при ручной дуговой сварке

Вид покрытия	$d_{эл}$, мм				
	2	3	4	5	6
Рудно-кислое, рутиловое	18,0...19,0	14,0...20,0	11,5...16,0	10,0...13,50	9,5...12,50
Фтористо-кальциевое	15,0...16,0	13,0...15,60	10,0...12,70	9,0...10,0	—

Тогда сварочный ток равен

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 196,2 \text{ А}$$

Для электродов с фтористокальциевым покрытием расчетная величина сварочного тока корректируется в соответствии с требованиями паспорта на данную марку электродов. Поэтому номинальная величина сварочного тока для электродов марки УОНИ – 13/55 будет:

– для $d_{эл} = 5$ мм $I_{св} = 200$ А.

5. Выбор величины напряжения на дуге.

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в сравнительно узких пределах и при проектировании технологических процессов сварки выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Оптимальное напряжение дуги U_d

Марка электрода	УОНИ-13/45	УОНИ-13/55	ЦЛ-9	ЦЛ-11	ЭА 400/10У	ОММ-5
U_d	22,0...26,0	22,0...26,0	22,0...26,0	22,0...26,0	22,0...26,0	20,0...26,0

Согласно таблицы 4.17 оптимальное напряжение на дуге для электродов марки УОНИ – 13/55 находится в пределах 22...26 В.

Для расчетов принимаем $U_d = 24$ в.

6. Определение длины дуги.

$$l_o = (0,5...1,2)d_{эл} \text{ мм}, \quad (4.40)$$

где l_o – длина дуги, мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Для $d_{эл} = 5$ мм

$$l_o = (0,5...1,2) \cdot 5 = 2,5...6 \text{ мм};$$

7. Определяем скорость сварки по формуле (4.18).

Коэффициент наплавки α_n выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электрода (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Значение коэффициента наплавки α_n для некоторых марок электродов

Марка электрода	УОНИ-13/45	УОНИ-13/55	ЦЛ-9	ЦЛ-11	ЭА 400/10У	ОММ-5	ГЛ-14	ОЗЛ-6
α_n	9,50	9,50	11,50	11,0	12,0	7,20	8,0	11,50

Примем $\alpha_n = 9,5$ г/А·ч.

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,40} = 0,17 \text{ см/с} = 6,0 \text{ м/ч}.$$

8. Определяем число проходов по формуле

$$n = \frac{F_{н.м.} - F_n}{F_n} + 1. \quad (4.41)$$

где n – число проходов;

$F_{н.м.}$ – общая площадь наплавки, мм²;

F_n – площадь первого прохода, мм²;

F_n – площадь последующего слоя (прохода), мм².

Общая площадь наплавки $F_{н.м.}$ при сварке нормально усиленного углового шва определяется по формуле.

$$F_{н.м.} = \frac{K^2}{2} \cdot K_y. \quad (4.41)$$

где $F_{н.м.}$ – площадь наплавки, мм²;

K – катет шва, мм;

K_y – коэффициент увеличения, учитывающий наличие зазоров и выпуклость шва (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Значение коэффициента увеличения K_y в зависимости от катета шва

K , мм	3,0...4,0	5,0...6,0	7,0...10,0	12,0...20,0	Более 20,0
K_y	1,50	1,350	1,250	1,150	1,10

$$F_{н.м.} = \frac{20^2}{2} \cdot 1,10 = 220 \text{ мм}^2.$$

Площадь поперечного сечения последующих слоев определяется по формуле

$$F_n = (8...12)d_{эл}, \text{ мм}^2, \quad (4.37)$$

где F_n – площадь последующего слоя (прохода), мм²;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда

$$F_n = (8...12) \cdot 5 = 40...60 \text{ мм}^2.$$

$$n = \frac{220 - 40}{40} + 1 = 5,5.$$

Примем количество проходов $n = 6$.

4.6 Выбор сварочного оборудования

В соответствии с СТ ЦКБА 025 – 2006 для сварки должны применяться сварочные установки постоянного тока, оборудование и измерительная аппара-

тура, позволяющие обеспечить заданные режимы сварки, надежность в работе и контроль режимов сварки в процессе работы.

Применительно к предлагаемому варианту изготовления корпуса с применением автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса предлагается использование сварочного автомата А – 1416. Это- подвесной самоходный автомат для электродуговой сварки плавящимся электродом длинномерных прямолинейных швов из низкоуглеродистой и легированной стали под слоем флюса. Автомат имеет блочно-модульную конструкцию и лазерную систему слежения за стыком. Современная конструкция с использованием компонентов европейских производителей *Festo, Camozzi, Lenze, Rexroth, Kabelschlepp*. Контроллер *Siemens*. Возможно управление с пульта, установленного на сварочной головке, и с пульта, установленного в шкафу управления. Позиционирование мундштука на стык с помощью специальных лучей датчиков слежения. Технические характеристики данного автомата А – 1416 представлены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Техническая характеристика автомата А – 1416

Технические характеристики	ВД – 506Д	ВДУ 1202 (1250)
1	2	3
Номинальное напряжение сети, В	380,0	380,0
Частота тока питающей сети, Гц	50,0	50,0
Номинальный сварочный ток, А	(при ПВ=60%) 560,0	(при ПВ=100%) 1000,0
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60,0...580,0	250,0...1250,0
Количество электродов, шт	1	1
Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	1,2...2,0 2,0...5,0	1,2...2,0 2,0...5,0
Технические характеристики	ВД – 506Д	ВДУ 1202 (1250)
Пределы ступенчатого регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	47,0...509,0	47,0...509,0

Продолжение таблицы 4.20

1	2	3
Вертикальное перемещение сварочной головки ход, мм	250,0	250,0
скорость, м/ч	29,4	29,4
Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	$\pm 25,0$ ручное	$\pm 25,0$ ручное
Маршевая скорость перемещения сварочной проволоки, м/ч	95,0	950,0
Флюсоаппаратура: объем, дм ³	25,0	25,0
расход воздуха, м ³ /ч	30,0	30,0
высота всасывания флюса, м	2,0	2,0
Масса, кг: сварочной головки источника питания	320,0...295, 275,0	320,0...295,0 550,0
Габаритные размеры, мм: сварочной головки источника питания	960,0x860,0x1860,0 805,0x600,0x1030,0	960,0x860,0x1860,0 960,0x680,0x890,0

При механизированной сварке используют специальные сварочные аппараты, обеспечивающие механизированную подачу сварочной проволоки, а перемещение дуги вдоль оси шва выполняется вручную.

Для механизированной сварки выбран полуавтомат комплектный ПроМИГ – 560 создан специально для промышленных применений, обладает 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. Диапазон сварочного тока (до 500А). Стабильные выходные сварочные характеристики при колебаниях напряжения питающей сети от минус 10 % до плюс 5 % от номинального.

Газовая магистраль состоит из баллона с газом, подогревателя и осушителя, которые применяют при использовании сварочной смеси, а также из редуктора, расходомера, газозлектрического клапана и шланга, соединяющие эти элементы со сварочной горелкой.

Стальные бесшовные баллоны для сжатых и сжиженных газов выпускаются по ГОСТ 949 – 73 [17] на рабочее давление 15 и 20 МПа. Наибольшее распространение имеют баллоны емкостью 40 л.

Защитные газы транспортируют и поставляют в баллонах типа А при максимальном давлении. Окраска баллонов и надписи на них приводятся в таблице 4.21.

Таблица 4.21 – Окраска газовых баллонов

Газ	Цвет баллона	Цвет надписи (название газа)
кислород	голубой	черный
ацетилен	белый	красный
водород	темно - зеленый	-
пропан или смесь пропана с бутаном	красный	белый
другие горючие газы заменители ацетилена	-	-
аргон технический	черный	синий
аргон чистый	серый	зеленый
гелий	коричневый	белый
углекислый газ, азот и все другие не горючие газы	черный	желтый

Газовая магистраль оснащена подогревателем. При выпуске жидкой углекислоты из баллона она испаряется, температура газа резко уменьшается. Чтобы предупредить скопление влаги в каналах редуктора, между вентилем баллона и редуктором устанавливают электрический подогреватель.

Так же в системе присутствует осушитель (предназначен для поглощения влаги, содержащийся в углекислом газе), расходомер (предназначен для измерения расхода защитного газа), редуктор (предназначен для понижения давления газа, поступающего из баллона или распределительного трубопровода и автоматического поддержания заданного рабочего давления). При сварке в аргоне применяют редукторы АР – 10, АР – 40 или АР – 150. При сварке в углекислом газе или в его смесях используют редукторы обратного действия, одновременно являющиеся расходомерами (У – 30 и ДЗД – 1 – 59М). Возможно применение также обычных кислородных редукторов, например РК – 53, РКД – 8 – 61.

5 Контроль качества сварных соединений

Дефекты в сварных соединениях снижают прочность сварных конструкций и при неблагоприятных условиях могут привести к разрушению отдельных швов или всей конструкции.

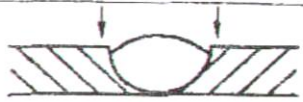
5.1 Дефекты сварных соединений и причины их возникновения

В сварочном производстве выделяют дефекты следующих типов: подготовки и сборки изделий под сварку; формы шва; наружные и внутренние.

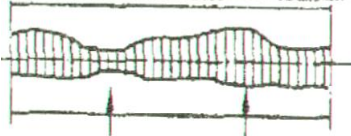
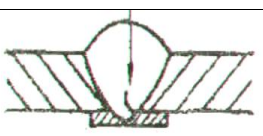
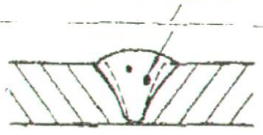
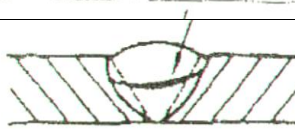
Различают дефекты допускаемые, на которые установлены нормы по величине и количеству, и не допускаемые, подлежащие обязательному исправлению.

Основные виды дефектов сварных соединений и методы их исправления приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Дефекты сварных соединений

Эскиз дефекта	Характер дефекта	Метод устранения
1	2	3
	Подрезы	Подварка после предварительной зачистки
	Непровар в корне шва	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Утяжка	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Чрезмерное усиление шва	Зачистка абразивным инструментом
	Катет недостаточного размера	Подварка после предварительной зачистки

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3
	Наплыв	Зачистка абразивным инструментом; при необходимости подварка
	Незаплавленный кратер	Подварка после предварительной зачистки
	Западание между валиками	Подварка после предварительной зачистки
	Не равномерная ширина шва	Зачистка абразивным инструментом и подварка
	Наружная, продольная и поперечная трещины	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Трещина, развивающаяся от стянутого непровара	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Трещина, в шве на остающейся подкладке	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Поры	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Шлаковые включения	Выборка дефектного участка с последующей подваркой
	Непроварка между слоями	Выборка дефектного участка с последующей подваркой

Нормативы дефектности сварных соединений устанавливают в зависимости от условий работы сварной конструкции.

Дефекты подготовки и сборки. Характерные дефекты при сварке плавлением: неправильный угол скоса кромок в швах с V-, X- и U-образной разделкой: слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок;

непостоянство зазора между кромками по длине стыкуемых элементов: несовпадение стыкуемых плоскостей, слишком большой зазор между кромками свариваемых деталей, расслоения и загрязнения кромок.

Указанные дефекты могут возникнуть из-за неисправности станочного оборудования, на котором обрабатывали заготовки; некачественного выполнения работ по разделке кромок, несовершенства приспособлений для сборки и сварки.

Дефекты формы шва. Форма и размеры сварных швов обычно задаются техническими условиями, указываются на чертежах и регламентируются стандартами.

При выполнении сварных соединений любыми методами сварки плавлением швы могут иметь неравномерную ширину и высоту, бугры, седловины, неравномерную высоту катетов в угловых швах.

Швы неравномерной ширины – результат отклонений от заданного зазора кромок при сборке или неправильных движений электрода при ручной сварке. При автоматической сварке причиной образования этого дефекта служит нарушение скорости подачи проволоки, скорости сварки, стабильности горения дуги и т.д.

Неравномерность выпуклости по длине шва, местные бугры и седловины получаются при ручной сварке из-за недостаточной квалификации сварщика, неправильных приемов переварки прихваток и неудовлетворительного качества электродов. При автоматической сварке эти дефекты встречаются редко и являются следствием неполадок в механизме автомата, регулирующем скорость сварки.

Наплывы, подрезы, не заделанные кратеры, прожоги относят к наружным дефектам.

Наплывы образуются в результате влияния пространственного положения шва (вертикального, потолочного) или неправильного смещения электродной проволоки при сварке кольцевых швов под флюсом; чаще всего наплывы возникают из-за чрезмерной силы тока при длинной дуге и большой скорости

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

сварки, несовпадение стыкуемых плоскостей, слишком большой зазор между кромками свариваемых деталей, расслоения и загрязнения кромок.

Равномерная пористость обычно возникает при постоянно действующих факторах, например при загрязненности основного металла по свариваемым поверхностям (ржавчина, масло и т.п.). Скопления пор образуются при местных загрязнениях или при отклонениях от установленного режима сварки, а также при нарушении сплошности обмазки электрода, в начале шва, при обрыве дуги или при случайных изменениях ее длины.

Шлаковые включения в металле сварного шва – это небольшие объемы, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, оксидами). Шлаковые включения можно разделить на макро- и микроскопические. Макроскопические включения образуются в шве из-за плохой очистки свариваемых кромок от окалина или от остатков шлака на поверхности первых слоев многослойных швов перед заваркой последующих, низкого качества электродного покрытия или флюса. Микроскопические шлаковые включения возникают в результате образования в процессе плавления некоторых химических соединений, остающихся в шве при кристаллизации.

Не провар – дефект в виде местного не сплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков. Не провары могут представлять собой прослойки оксидов или шлаков между основным и наплавленным горячих трещин зависит от способов и режимов сварки, формы сварного шва, определяющих степень развития ликвации легкоплавких примесей, а также от жесткости свариваемых деталей.

Трещины относят к числу наиболее опасных дефектов и по всем действующим нормативно-техническим документам недопустимы.

Дефекты можно исправить путем местной подварки предварительно удаленного дефектного металла либо удалением всего шва с его последующей сваркой. Например, из трубных конструкций вырезают участок трубы с забракованным сварным швом, а на его место вваривают вставку, изготовленную из трубы того же диаметра и той же марки стали. Такие дефекты, как чрезмерные

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

усиления швов, бугристость, наплывы, исправляют удалением лишнего металла механическим путем.

Сложным считают ремонт сварных швов с трещиной. Порядок технологических операций здесь следующий: точно определяют границы трещины и засверливают их сверлом диаметром от 3 до 4 мм; полностью удаляют дефектный металл (форма выборки во всех случаях должна быть чашеобразной); проводят травление участка шва для определения полноты удаления трещины; выполняют подварку шва. При ремонте сварного соединения из закаливающих сталей проводят предварительный подогрев.

5.2 Выбор методов контроля

В соответствии с требованиями нормативно-технической документации [13, 17] для проверки сварных соединений на наличие дефектов применяются методы контроля и испытаний по ГОСТ 5762 – 2002, ГОСТ 33257 – 2015 [14, 28].

В соответствии с СТ ЦКБА 025 – 2006 в зависимости от условий эксплуатации для сварных соединений корпусных деталей арматуры устанавливаются пять категорий сварных соединений из сталей перлитного класса. В соответствии с указанным стандартом шибберная задвижка относится к I категории. Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений категории I из сталей перлитного класса приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2–Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений

Метод неразрушающего контроля	Объем, %
Визуальный и измерительный	100
Капиллярный или магнитопорошковый контроль	100
Радиографический или ультразвуковой	100
Гидравлические испытания	100

Визуальному контролю подвергается каждая литая деталь, объем контроля –100 % внутренних и внешних поверхностей.

Сварные соединения, для которых технически не выполним как радиографический, так и ультразвуковой контроль, должны подвергаться визуальному контролю после выполнения каждого слоя шва с регистрацией результатов контроля в принятой на предприятии-изготовителе арматуры документации.

Контроль сварных соединений проводить по ГОСТ 33257 – 2015 «Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний».

Измерительный контроль геометрических размеров сварного соединения (конструктивных элементов сварных швов, геометрического положения осей или поверхностей сваренных деталей, углублений между валиками и чешуйчатости поверхности шва, выпуклости и вогнутости корня односторонних швов и т.д.) следует проводить в местах, указанных в рабочих чертежах, НД, ПТД, а также в местах, где допустимость указанных показателей вызывает сомнения по результатам визуального контроля.

Примерный перечень средств визуального и измерительного контроля представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Приборы и инструменты для измерительного контроля.

Тип прибора, инструмента	Марка (рекомендуемая)
Профилограф-профилометр	Модель 170311
Люксметр	Ю–116
Образцы шероховатости поверхности (сравнения)	
Штангенциркуль двухсторонний с глубиномером	ШЦ–1–125
Набор радиусных шаблонов	N 1 N 2 N 3
Универсальный шаблон сварщика	УШС–3
Линейка измерительная металлическая	150 мм 300 мм 500 мм 1000 мм
Метр складной металлический	
Рулетка металлическая	

Ультразвуковой контроль проводится в соответствии с ГОСТ Р 55724 – 2013 [29] (сварной шов №2). Ультразвуковой контроль применяется для выявления в сварном шве и околошовной зоне сварного соединения деталей и узлов внутренних дефектов:

- трещин;
- непроваров;
- включений (пор, шлаковых включений, вольфрамовых включений).

Ультразвуковой контроль применяют при наличии доступа к контролируемой зоне, размеры и форма которой позволяет перемещать искатель в пределах, обеспечивающих прозвучивание всего сечения шва, а также применяют при невозможности проведения радиографического контроля.

- ультразвуковой импульсный дефектоскоп;
- стандартные образцы для настройки дефектоскопа №1, 2, 3, 4; испыта-

тельные образцы с плоскодонными отверстиями, сегментными или угловыми отражателями, которые применяют для настройки и проверки чувствительности контроля. Тип отражателя должен оговариваться в технологической документации на контроль;

- вспомогательные приспособления и устройства для соблюдения параметров сканирования и измерения характеристик выявленных дефектов.

Ультразвуковой контроль швов сварных соединений производится только после механической обработки или зачистки шва и околошовной зоны от шлака, брызг металла, окалины.

Шероховатость поверхности после механической обработки по параметру R_a должна быть не более 40 мкм по ГОСТ 2789 – 73 [30].

						Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ций, течи и потения качество сварного соединения считается неудовлетворительным.

Участки швов с обнаруженными дефектами подлежат исправлению. После исправления дефектов изделие подвергается повторным гидравлическим испытаниям на прочность и плотность в соответствии с требованием технологического процесса.

6 Проектирование средств технологического оснащения

Сборочная операция при изготовлении сварной конструкции имеет целью обеспечение правильного взаимного расположения и закрепления деталей собираемого изделия.

Перед сборкой необходимо проверить качество поверхности и правильность обработки кромок, в соответствии с требованиями чертежей и техпроцесса.

Сборку составных частей корпуса задвижки производят в вертикальном положении на сборочных плитах. Последовательность операций при сборке в этом случае такова. На плиту краном устанавливают крестовину, затем фланец с помощью крана стыкуют с крестовиной, выполняют прихватки.

Для сварки кольцевого шва данной конструкции наиболее подходящим является роликовый стенд модели Т – 30М (рисунок 6.1).

						Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

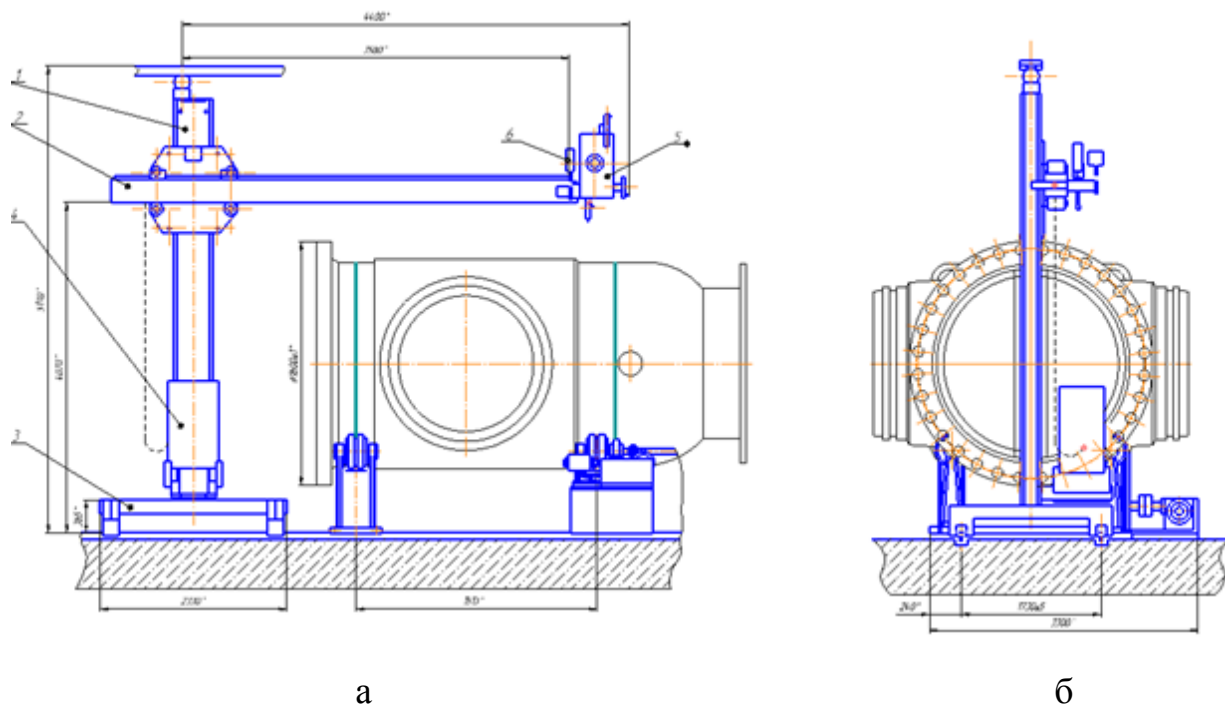


Рисунок 6.1 –Роликовый стенд модели Т-30М: 1 –колонна, 2 –стрела, 3 –основание, 4 –источник питания, 5 –автоматическая сварочная головка, 6 – блок управления

После приварки фланца к крестовине, производят отпуск при температуре от 600 до 620°C, за тем последующую механическую обработку сварного шва по наружному и внутреннему диаметрам. Кантуют корпус задвижки, с помощью крана стыкуют днище, с приваренными к нему кольцом и опорой, с корпусом. Выполняют прихватки и последующую сварку на роликовом стенде модели Т – 30М.

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. Технические характеристики роликового стенда модели Т – 30М приведены в таблице 6.1.

Роликовый стенд предназначен для изделий массой до 12000 кг и диаметром от 300 до 4000 мм. Стенд состоит из пяти приводных роlikоопор, пяти холостых перекидных роlikоопор с рычагами и фиксаторами, привода типа Р – 994. Приводные роlikоопоры соединены продольными валами и муфтами и

вместе с холостыми опорами смонтированы на раме. Одна из приводных ролик-коопор смонтирована совместно с червячным редуктором, через который передается вращение от привода. Остальные приводы, роликкоопоры безредукторные.

Привод типа Р – 994 обеспечивает вращение со скоростью, необходимой для автоматической сварки, а также с маршевой (установочной) скоростью. Привод состоит из асинхронного электродвигателя, клиноременной передачи, электродвигателя постоянного тока, червячной передачи и электромагнитной муфты. При необходимости вращения с маршевой скоростью включается электродвигатель и движение через клиноременную передачу передается непосредственно на выходной вал, вращающийся с частотой 500 об/мин. В это время электродвигатель и муфта выключены, и червячное колесо передачи свободно сидит на валу. Для получения сварочной скорости включаются электродвигатель и муфта, соединяющая червячное колесо с валом. Электродвигатель в это время вращается вхолостую. Тележки для сварки кольцевых швов (для несамостоятельных сварочных аппаратов) и кольцевых и коротких прямолинейных швов (для самостоятельных аппаратов) имеют только маршевую скорость перемещения. Тележки для сварки кольцевых и длинных прямолинейных швов имеют наряду с маршевой и рабочую (сварочную) скорость перемещения.

Таблица 6.1 –Технические характеристики роликового стенда модели Т – 30М

Грузоподъемность, т	12,0
Допустимая нагрузка на одну роликовую опору, кг	3000,0
Скорость вращения изделий: при сварке, м/ч маршевая, м/ч	12,0...90,0 800,0
Диаметр, мм: свариваемых изделий роликов	300,...4000,0 410,0
Мощность электродвигателей привода, кВт: сварочной скорости	0,85

Продолжение таблицы 6.1

маршевой скорости	3,2
Габаритные размеры узлов станда (длина х ширина х высота), мм:	1080,0х415,0х390,0
привода	
роликовой опоры:	
Т5-5А редукторной	654,0х59,01х510,0
Т5-2А приводной	520,0х410,0х510,0
Т5-3А приводной	680,0х410,0х510,0
холостой перекидной	420,0х700,0х510,0
шкафа управления	780,0х505,0х685,0
Масса станда, т	1,780

Для обеспечения процесса сварки элементов конструкции необходимо выполнить требуемые расчеты.

Проведем расчет скорости вращения крестовины.

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки.

$$V_{\text{св}} = 26 \text{ м/ч} = 0,43 \text{ м/мин}$$

Формула, связывающая линейное и вращательное движение:

$$V_{\text{св}} = \omega \cdot R \text{ м/мин} \quad (6.1)$$

где $V_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/мин;

ω – угловая скорость вращения; об/мин;

R – радиус изделия, м.

Тогда формула скорости вращения обечайки на роликовом станде будет выглядеть следующим образом

$$\omega = \frac{V_{\text{св}}}{R} \text{ об/мин}, \quad (6.2)$$

где ω – угловая скорость вращения; об/мин;

V – скорость сварки, м/мин;

R – радиус изделия, м.

Тогда,

$$\omega = \frac{0,43}{0,7} = 0,6 \text{ об/мин}$$

Таким образом, в данной выпускной квалификационной работе обоснованно предлагается использовать для сварки кольцевых швов фланца и крестовины, крестовины и днища роликовый стенд модели Т – 30М и поворотную колонну. Роликовый стенд обеспечивает вращение обечайки с требуемой сварочной скоростью для обеспечения сварки кольцевых швов.

						Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе на основании теоретических знаний и информации, представленной в нормативно-технической и технической литературе, была разработана технология сборки и сварки корпуса шиберной задвижки.

Особое внимание было уделено анализу сварной конструкции, расчету на прочность, выбору способа сварки и сварочных материалов, выбору оборудования, расчету режимов сварки, технологии сборки и сварки изделия, контролю качества сварных соединений изделия, а также разработке чертежей конструкции изделия.

Результаты расчётов на прочность по допускаемым напряжениям позволяет сделать вывод о способности конструкции выдерживать рабочие нагрузки. Проектируемая сварная конструкция является работоспособной.

Таким образом, поставленные в работе цели и задачи выполнены.

						Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. **Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки** [Текст]: учеб. для вузов /Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. -.Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 665 с.

2. **Штерензон, В. А Моделирование технологических процессов: конспект лекций** [Текст]:/ Штерензон В. А., Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. – 66 с.

3. **Патентные исследования. Содержание и порядок проведения** [Текст]: ГОСТ Р 15.011 – 96. – Введ. 1996 – 06 – 30 – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 16 с.

4. **Горелка для дуговой сварки в защитных газах** [Текст]:,Авторское свидетельство СССР / Геллер С.В., № 1466886, В23К 9/16, № 4140802/27, заявл. 09.09.1986, опубл. 30.07.1994

5. **Мехнизм для импульсной подачи сварочной проволоки** [Текст]: пат. 2630404, Рос.Федерация,: В23К 9/133, / СолодскийС.А., Ильященко Д.П., Брунова Н.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – № 2016107529, заявл. 01.03.2016, опубл. 07.09.2017, Бюл. № 25

6. **Токопроводящий наконечник для дуговой сварки плавящимся электродом и способ его изготовления** [Текст]: пат. 220036, Рос.Федерация, В23К 9/173, В23К 9/28 / Роптанов Н . А., Ошкин А.И., Фролов В.А., Шушурин В.А; заявитель и патентообладатель АО «АВТОВАЗ» – № 2002102524, заявл. 28.01.2002, опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36

7. **Способ двухдуговой автоматической сварки**[Текст]: пат. 2687118, Рос.Федерация,: В23К 9/16, / Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2018106218, заявл. 19.02.2018, опубл. 07.05.2019 , Бюл. № 13

8. **Способ механизированной наплавки дугой косвенного действия**

						Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

[Текст]:пат. 2609592, Рос.Федерация,: В23К 9/04, / Сидоров В.П; ЗюбинД.В., Борисов Н.А., заявитель и патентообладатель Фонд «Головной Аттестационный Центр по сварочному производству Средне-Волжского Региона». – № 2015111741, заявл. 31.03.2015, опубл. 02.02.2017, Бюл. № 4

9. Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов [Текст]: пат. 2613264, Рос.Федерация,: В23К 9/04, /Кузнецов М.А., Крампит Н.Ю., Зернин Е.А., заявитель и патентообладатель Фонд «Головной Аттестационный Центр по сварочному производству Средне-Волжского Региона».–№ 2015127154, заявл. 06.07.2015,опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8

10. Способ сварки комбинацией дуг [Текст]: пат. 2646302, Рос.Федерация,: В23К 9/16, ВК 9/09 / Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2017104685, заявл. 13.02.2017, опубл. 02.03.2018, Бюл. № 7

11. Способ дуговой механизированной двухэлектродной сварки [Текст]: пат. 2646302, Рос.Федерация,: В23К 9/16,/ Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2016141210, заявл. 19.10.2016, опубл. 21.12.20170, Бюл. № 36

12. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Текст]: ГОСТ 15150 – 69. - Введ. 1971 – 01–01 – М.: Стандартиформ, 2010. – 58 с.

13. Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ Р 55020 – 2012. – Введ. 2013 – 03 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 73 с.

14. Арматура трубопроводная промышленная. Задвижки на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 5762 – 2002. – Введ. 2003 – 06 – 30 – М.: Стандартиформ, 2003. –

						Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18 с.

15. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования [Текст]: ГОСТ 33259 – 2015. – Введ. 2016 – 04 – 01 – М.: Стандартиформ, 2016. – 102 с.

16. Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов[Текст]: ГОСТ 9544 – 2015. – Введ. 2016 – 04 – 01 – М.: Стандартиформ, 2016. – 52 с.

17. Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений. Технические требования [Текст]: СТ ЦКБА 025 – 2006. – 5-е изд., перераб. и доп. Введ. – 2018 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2018. – 99 с.

18. Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении. Часть 1. Основные требования к выбору материалов [Текст]: СТ ЦКБА 005.1 – 2003. – Введ. 2004 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2004. – 62 с.

19. Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 21357 – 87. – Введ. 1988 – 06 – 30 – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.

20. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 19281 – 89. – Введ. 1991 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2009. – 15 с.

21. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования [Текст]: ГОСТ 34233.1 – 2017. – Введ. 2018 – 08 – 01 – М.: Стандартиформ, 2018. – 30 с.

22. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий [Текст]: ГОСТ 3.1109 – 82. – Введ. 1983 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2012 . – 18 с.

23. Проволока стальная сварочная. Технические условия [Текст]: ГОСТ 2246-70. – Введ. 1973 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2008 – 20 с.

						Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

24. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия [Текст]: ГОСТ 9466 – 75. – Введ. 1977 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2007 – 23 с.

25. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия [Текст]: ГОСТ 8050 – 85. – Введ. 1987 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 2006 – 24 с.

26. Флюсы сварочные плавные. Технические условия[Текст]: ГОСТ 9087 – 81 – Введ. 1982 – 0– 01 – М.: Изд-во стандартов, 2002 . – 10 с.

27. Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_r \leq 19,6$ МПа (200 кгс/см кв.). Технические условия [Текст]: ГОСТ 949 – 73. - Введ. 1975 – 01 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 17 с.

28. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний [Текст]: ГОСТ 33257 – 2015. – Введ. 2016 – 0– 01 – М.: Стандартиформ, 2016 – 52 с.

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

30. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики [Текст]: ГОСТ 2789-73. - Введ. 1975-01-01 – М.: Стандартиформ, 2018 . – 7 с.

31. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы [Текст]: ГОСТ Р 56512 – 2015. – Введ. 2016 – 06 – 01 – М.: Стандартиформ, 2016 – 56 с.

32. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования [Текст]: ГОСТ 18442 – 80. – Введ. 1981 – 06 – 01 – М.: Стандартиформ, 1981 – 16 с.

33. Методы гидравлических и пневматических испытаний изделий на прочность и герметичность. Общие положения [Текст]: ОСТ 92 – 4291 – 75. – Введ. 1976 – 01 – 01 – М.: Стандартиформ, 1976 –

						Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

18 с.

34. Проектирование сварных конструкций. Расчет сварных соединений [Текст] / С.Г.Усатый, А.Е.Розен, С.Н.Чугунов [и др.] // Оборудование и технология сварочного производства: учеб. пособие для студентов. П.: ПГУ, 2010 – 131 с.

						Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А

						Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 1

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	СТ ЦКБА 025–2006
2	Способ сварки	АФ
3	Основной материал (марки)	сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357–87 сталь 09Г2С по ГОСТ 19281–73
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	провода 3,2 L-61 BSEN 756:2004, ASMESFA 5.17:2005 флюсLincolnweldFX 8500 EN 760 ASMESFA 5.17/23
6	Толщина свариваемых деталей	50,0 56,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1240,0
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С-26 ГОСТ 14771–76
10	Вид шва соединения	ос, сн
11	Форма подготовки кромок	с криволинейным скосом кромок
12	Положение при сварке	Н1 (нижнее)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	предварительный до 150 °С
15	Режимы термообработки	нормализация при 900 °...920 °С плюс отпуск при 600 °...620 °С.
16	Дополнительные параметры	

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
<p>Technical drawing of a butt joint in a plate with a fillet weld. Dimensions include: plate thickness 12, weld height 29±5, fillet radius R9, and various angles and offsets.</p>	<p>Technical drawing of a butt joint in a plate with a fillet weld, showing the weld profile and dimensions.</p>	<p>Diagram showing the sequence of welding for a butt joint. It includes a cross-section view with labels "нс" (start of welding) and "кк" (end of welding), and a circular diagram showing the sequence of welds.</p>

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

S	S1	N	e		g	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
50,0	56,0	21,0	29,0	+5,0	0	+1,0

17.Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный А – 1416.

18.Метод подготовки и очистки кромок: перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены механическим способом на ширину не менее 20 мм от загрязнений до металлического блеска; после сварки шов очистить от шлака, околошовную зону от брызг металла.

19. Требования к прихватке: длина каждой прихватки от 80 до 100 мм; шаг прихваток от 100 до 150 мм; высота прихваток от 3,0 до 3,5 мм.

20. Технологические параметры сварки:

						Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Номер валика (слоя) шва	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
А	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...500,0	31,0...33,0	26,0...35,0	85,0...95,0
Б	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...700,0	33,0...36,0	20,0...25,0	110,0...115,0
В	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...700,0	3,0...36,0	20,0...25,0	110,0...115,0

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять электродами УОНИИ — 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. Тщательно зачищать каждый проход от шлака и брызг металла. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

20.7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	РД 03 – 606 – 03	ГОСТ Р 55020 – 2012 СТ ЦКБА 025 – 2006 ГОСТ 33257 – 2015	100 %
Измерительный	РД 03 – 606 – 03		100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		100 %
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		100 %
Гидравлический	ТУ3741 – 007 – 05749375 – 2005		100 %

Разработал:

(подпись)

/Садов Е.Н./

(фамилия, имя, отчество)

						Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 2

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	СТ ЦКБА 025-2006
2	Способ сварки	АФ
3	Основной материал (марки)	сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357-87 сталь 09Г2С по ГОСТ 19281-73
4	Основной материал (группа)	I (M01)
5	Сварочные материалы	проволока 3,2 L-61 BSEN 756:2004, ASMESFA 5.17:2005 флюсLincolnweldFX 8500 EN 760 ASMESFA 5.17/23
6	Толщина свариваемых деталей	50, 56
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1240
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С-26 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, сп
11	Форма подготовки кромок	с криволинейным скосом кромок
12	Положение при сварке	Н1 (нижнее)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	предварительный до 150 °С
15	Режимы термообработки	нормализация при 900 °...920 °С плюс отпуск при 600 °...620 °С.
16	Дополнительные параметры	

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки

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

S	S1	N	e		g	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
50,0	56,0	18,0	29,0	+5,0	0	+1,0

17.Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный А — 1416.

18.Метод подготовки и очистки кромок: перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены механическим способом на ширину не менее 20 мм от загрязнений до металлического блеска; после сварки шов очистить от шлака, околошовную зону от брызг металла.

19. Требования к прихватке: длина каждой прихватки от 80 до 100 мм; шаг прихваток от 100 до 150 мм; высота прихваток от 3,0 до 3,5 мм.

20. Технологические параметры сварки:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Номер валика (слоя) шва	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
А	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...500,0	31,0...33,0	26,0...35,0	85,0...95,0
Б	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...700,0	33,0...36,0	20,0...25,0	110,0...115,0
В	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0...700,0	33,0...36,0	20,0...25,0	110,0...115,0

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять электродами УОНИИ — 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. Тщательно зачищать каждый проход от шлака и брызг металла. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

20.7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	РД 03 – 606 – 03	ГОСТ Р 55020 – 2012 СТ ЦКБА 025 – 2006 ГОСТ 33257 – 2015	100 %
Измерительный	РД 03 – 606 – 03		100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		100 %
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		100 %
Гидравлический	ТУ3741 – 007 – 05749375 – 2005		100 %

Разработал:

(подпись)

/Садов Е.Н./

(фамилия, имя, отчество)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 5**

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	СТ ЦКБА 025-2006
2	Способ сварки	РД
3	Основной материал (марки)	сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – 73
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	УОНИИ 13/55 ГОСТ 9466 – 75
6	Толщина свариваемых деталей	50, 80
7	Диаметр деталей в зоне сварки	80
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Тавровое, Т1 ГОСТ 5264 – 80
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	Без разделки
12	Положение при сварке	В1 (неповоротное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки

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

S	S1	N	b	
			Номин.	Пред.откл.
50,0	80,0	6,0	0	+3,0

17.Сварочное оборудование (тип): тип АЗ – сварочный выпрямитель – ВД 301.

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

19. Требования к прихватке: длина каждой прихватки от 10 до 60 мм; шаг прихваток от 40 до 60 мм; высота прихваток от 3,0 до 3,5 мм.

20. Технологические параметры сварки:

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Длина дуги, мм	Скорость сварки, м/ч
1	2,0	3	4,0	5,0	6	7
1-6	5,0	по	200,0...250,0	22,0...26,0	2,5...6,0	5,0...6,0

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять теми же электродами, которые применяются для сварки данной стали.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. Сварку производить короткой дугой без поперечных колебаний электрода.

20.7. Тщательно зачищать каждый проход от шлака и брызг металла. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

20.8. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	РД 03 – 606 – 03	ГОСТ Р 55020 – 2012 СТ ЦКБА 025 – 2006 ГОСТ 33257 – 201	100 %
Измерительный	РД 03 – 606 – 03		100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		25 %
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		25 %

Разработал:

(подпись)

/Садов Е.Н./
(фамилия, имя, отчество)

						Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		