

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 92 с., 24 рис., 16 табл., 40 использованных источников, 1 прил. и графическую часть, состоящую из 7 листов формата А1.

ЕМКОСТНОЙ АППАРАТ, СТАЛЬ, СВАРКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СОЕДИНЕНИЕ, ПРОВОЛОКА, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Объектом разработки является технология сборки и сварки емкостного аппарата из стали Ст.3сп5.

Предметом разработки является сварная конструкция емкостного аппарата из стали Ст.3сп5.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование элементов конструкции и технологии сварки корпуса емкостного аппарата из стали Ст.3сп5 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.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124.ПЗ</i>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Хренов С.Ю.			<i>Проектирование емкостного аппарата из стали Ст.3сп5</i>			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Казанцев И.А.							2	92
Т. Контр.		Казанцев И.А.						<i>каф. С/ЛПМ гр.153М041</i>		
Н. Контр.		Хорин А.В.								
Утверд.		Розен А.Е.								

Содержание

Введение.....	4
1. Литературно-патентный обзор.....	6
2. Анализ объекта производства.....	12
2.1 Общие требования.....	12
2.2 Назначение конструкции и технические требования.....	13
2.3 Выбор основных материалов конструкции.....	15
3 Разработка технологии сборки и сварки изделия.....	16
3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия.....	16
3.2 Оценка свариваемости основных материалов.....	18
3.3 Оценка механических свойств сварных соединений.....	19
4 Расчёт и проектирование сварной конструкции.....	23
5 Выбор сварочных материалов.....	37
6 Выбор способов сварки изделия.....	39
7 Оборудование для выполнения заготовительных, сборочных и сварочных операций.....	40
8 Расчёт параметров режимов сварки.....	50
9 Контроль качества сварных соединений.....	68
10 Выбор средств технологического оснащения.....	70
Заключение.....	76
Список использованной литературы.....	77
Приложение А.....	86

Введение

Во второй половине XX в. произошел переход от машинно-технической революции к научно-технической, которая характеризуется широким использованием наукоемких технологий. В начале третьего тысячелетия сварка является одним из ведущих технологических процессов создания материальной основы современной цивилизации.

Более половины валового национального продукта промышленно развитых стран создается с помощью сварки и родственных технологий. До 2/3 мирового потребления стального проката идет на производство сварных конструкций и сооружений. Во многих случаях сварка является единственно возможным или наиболее эффективным способом создания неразъемных соединений конструкционных материалов и получения ресурсосберегающих заготовок, максимально приближенных по геометрии к оптимальной форме готовой детали или конструкции. Непрерывный рост наукоемкости сварочного производства способствует повышению качества продукции, ее эффективности и конкурентоспособности.

Сегодня сварка применяется для неразъемного соединения широчайшей гаммы металлических, неметаллических и композиционных конструкционных материалов в условиях земной атмосферы, Мирового океана и космоса. Несмотря на непрерывно увеличивающееся применение в сварных конструкциях и изделиях легких сплавов, полимерных материалов и композитов, основным конструкционным материалом остается сталь. Именно поэтому мировой рынок сварочной техники и услуг возрастает пропорционально росту мирового потребления стали. К началу XXI в. он оценивается примерно в 40 млрд. долларов, из которых около 70 % приходится на сварочные материалы и около 30 % – на сварочное оборудование.

Отмеченные особенности определяют общую положительную тенденцию роста мирового производства сварных конструкций, динамичного развития мирового и регионального рынков сварочной техники и материалов, а также

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

объемов научных исследований и разработок по совершенствованию сварки и родственных технологий. Основываясь на анализе, проведенном академиком Б.Е. Патонем, выделим основные направления развития сварки и родственных технологий в XXI в. Сначала несколько слов об общих тенденциях применительно к нашей стране.

Дуговая и контактная сварка останутся по-прежнему доминирующими способами соединения металлов. Предполагается, что доля ручной дуговой сварки покрытыми электродами к 2010 г. Составит от 20 % до 25 % от общего объема сварки.

Доля механизированных и автоматических способов сварки в защитных газах, заменяющих ручную дуговую, составит в будущем от 50 % до 55 % общего ее объема.

Развитие сварки под флюсом, доля которой к 2010 г. составит – 17 % в общем ее объеме, связано с созданием более совершенного оборудования. Учитывая мировые тенденции расширения области применения прогрессивных ресурсосберегающих технологий можно предположить, что доля лазерной технологии в сварочном производстве в предстоящее десятилетие существенно увеличится и достигнет от 6 до 8 % общего объема сварочных работ.

Такие способы сварки, как электронно-лучевая, диффузионная и высокочастотная, занимают важное место в общих технологических процессах обработки металлов и будут развиваться в зависимости от нужд и запросов промышленности.

1 Литературно-патентный обзор

Тема: ремонт и защита от коррозии емкостей для хранения нефтепродуктов.

Цель: выявление патентной и научно-технической информации, поиск технического решения для увеличения коррозионной стойкости металла подземной емкости, во время её эксплуатации, методы ремонта стальных емкостей для нефтепродуктов.

Начало поиска: 20.02.1998.

Окончание поиска: по настоящее время.

Определение классов рубрик МПК: *F16L, C23F, C08L, C09K, C09D, E21B*.

Глубина поиска: документы, опубликованные с 1998 года по настоящее время.

Поиск проведен по фонду: база патентов ФИПС.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 – Патентный анализ

№ п/п	Название охранного документа	Страна выдачи, автор(ы)	Цель и чем достигается
1	Способ противокоррозионной защиты катодно-поляризуемых подземных металлических сооружений [26].	Россия. Петров Николай Николаевич (RU). рег. №2666917	Цель: защита от коррозии с помощью изоляционного покрытия. Достигается катодной поляризацией от внешнего источника постоянного тока, с сформированным на нем изоляционным покрытием в виде слоев на основе праймера.
2	Способ антикоррозионной защиты нефтеперерабатывающего оборудования [27].	Россия. Томин Виктор Петрович (RU). рег. №2538131	Цель: обеспечение антикоррозионной защиты нефтеперерабатывающего оборудования. Достигается распыливанием под давлением ингибитора коррозии в шлемовый трубопровод.
3	Ингибитор коррозии для защиты оборудования для добычи сырой нефти, трубопроводов и резервуаров для сырой нефти, а также способ его получения [28].	Польша. Институт нефти и газа – бадавчи (PL). рег. №264148	Цель: обеспечение антикоррозионной защиты резервуаров для сырой нефти. Достигается добавлением ингибитора в хранящуюся жидкость с последующим перемешиванием.

№ п/п	Название охранного документа	Страна выдачи, автор(ы)	Цель и чем достигается
4	Антикоррозионная огнестойкая краска [29].	Россия. Общество с ограниченной ответственностью «ЗелТехПрогресс» (RU). рег. №2495068	Цель: защита поверх- ностей конструкций и деталей от коррозии. Достигается нанесением лакокрасочного покрытия на поверхность конструк- ции.
5	Защита от коррозии для топлив- ных резервуаров, не содержа- щих хроматов [30].	Дания. Манкевич гебр. & ко гмбх & ко.кг (DE), эйрбас оперейшнз гмбх (DE). рег. №2471840	Цель: защита от кор- розии внутренних поверхностей топлив- ных резервуаров. Достигается нанесением защитного покрытия на внутреннюю поверхность резервуара.
6	Подавление коррозии конструк- ций [31].	Великобритания. Хайдроупас холдингс лимитид (GB). рег. №2470095	Цель: подавление корро- зии в подземных конструкциях. Достигается приложением высокочастотного электромагнитного сигнала к конструкции.
7	Грунт-эмаль для защиты противокоррозионного покрытия [32].	Россия. Полякова Светлана Орестовна (RU). рег. №2613985	Цель: защита от коррозии внутренних и наружных поверх- ностей на резервуары для хранения топлива. Достигается нанесением противокоррозионного покрытия на внутреннюю и наружную поверхности резервуара.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ

Лист
8

№ п/п	Название охранного документа	Страна выдачи, автор(ы)	Цель и чем достигается
8	Способ защиты от коррозии резервуаров, цистерн и тары [33].	Россия. ЗАО «Нефтемонтаж- диагностика». рег.№2183649	Цель: защита от коррозии резервуаров, цистерн и тары с помощью нанесения эпоксидного покрытия. Достигается за счёт нанесения эпоксидного покрытия.
9	Способ ремонта основания стальных резервуаров и виброрейка для его осуществления [34].	Россия. Публичное акционерное общество «Башнефть» (RU). рег.№2626504	Цель: повышение качества ремонта основания стальных резервуаров. Достигается за счёт установки вертикальных и горизонтальных ребер жесткости.
10	Способ ремонта металлических резервуаров [35].	Россия. Открытое акционерное общество трубопроводного транспорта и нефтепродуктов (RU). рег.№2256757	Цель: повышении качества ремонта, надежности и отсутствии хлопунов на днище и стенках резервуара. Достигается за счёт разработки уникальной последовательности ремонта.
11	Способ ремонта средств хранения жидкостей [38].	Россия. Белохвостов Федор Валентинович (RU). рег.№2235940	Цель: ликвидация утечек, вызванных повреждением оболочек резервуаров и прочих емкостей. Достигается уплотне- нием из клеевой композиции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ

№ п/п	Название охранного документа	Страна выдачи, автор(ы)	Цель и чем достигается
11	Способ ремонта поверхности емкостей [36].	Россия. Научно производственный отдел защиты нефтегазопромыслового оборудования от коррозии и поддержания пластового давления НПО. «ЗНОК и ППД». рег.№2125508	Цель: ремонт поверхности герметичных емкостей большого сечения и толщины металла. Достигается за счёт заполнения полости между заплатой и ремонтируемой поверхностью самотвердеющим материалом.
12	Способ ремонта корпусно-ёмкостного оборудования [37].	Россия. (БФУ им. И. Канта) (RU). рег.№2595408	Цель: повышение прочности отремонтированной конструкции. Достигается за счёт введения в поры материала частиц аэрогеля, вещества-ингибитора полимеризации.
14	Способ ремонта корпусно-ёмкостного оборудования [39].	Россия. Институт проблем транспорта энергоресурсов «ИПТЭР». рег.№2105022	Цель состоит в повышении эффективности использования композиции и обеспечения необходимой возможности управления началом процесса отверждения. Цель достигается тем, что осуществляют пропитку армирующего материала основой связующего вещества.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.16ЗМ0124ПЗ

Лист
10

№ п/п	Название охранного документа	Страна выдачи, автор(ы)	Цель и чем достигается
15	Способ ремонта защитной облицовки промышленных реакционных или транспортных емкостей [40].	США. Спешиалти Минералз (Мичиган) инк. (US). рег.№2303223	Цель: ремонта защитной облицовки промышленных реакционных или транспортных емкостей. Достигается нанесением монолитного материала облицовки на объединенные площади.

Анализ патентной документации показывает, что уменьшение коррозии резервуаров, предназначенных для хранения нефтепродуктов, достигается различными способами противокоррозионной защиты изложенных в данной работе, а ремонт и обслуживание стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов является высоким показателем безаварийной работы сосудов под давлением.

2 Анализ объекта производства

2.1 Общие требования

Объектом проектирования является емкостной аппарат из стали Ст.3сп5, что показано на рисунке 1. Изделие конструктивно представляет собой цилиндрический горизонтальный сосуд вмещающий 12 м³ продукта, оснащенный патрубками различного назначения: люк-лаз 1 Ду 800 мм, патрубков для установки насоса 2 Ду 700 мм, патрубков входа продукта 3 Ду 200 мм, патрубков выхода продукта 4 Ду 150 мм, патрубков воздушный 5 Ду 100 мм, патрубков входа пара 6 Ду 100 мм, патрубков встроенного уровнемера 7 Ду 65 мм, приведенные на рисунке 1.

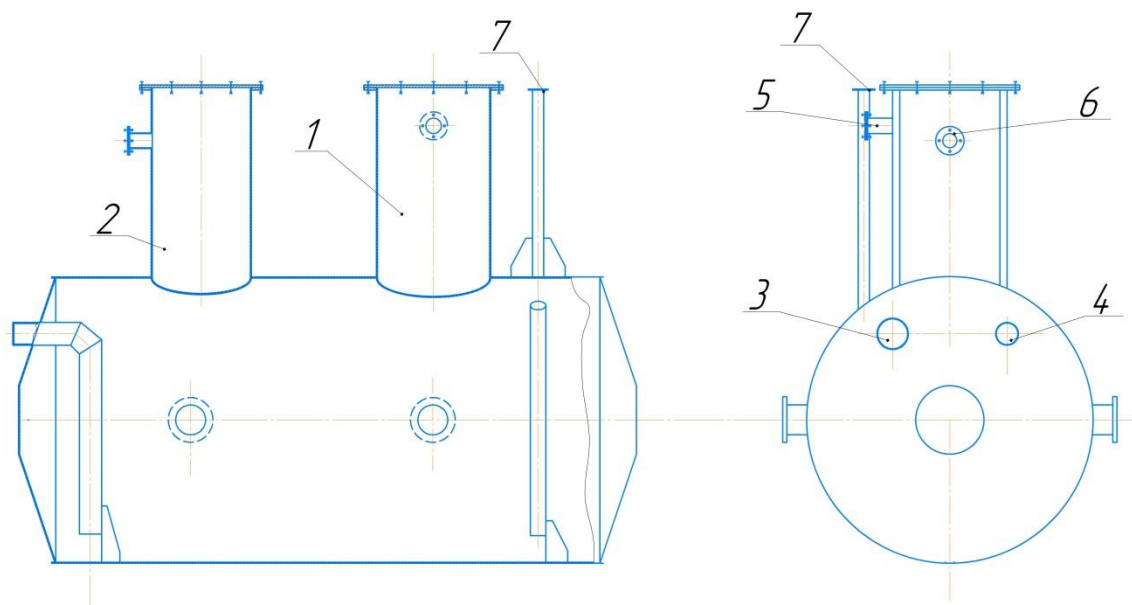


Рисунок 1 – Эскиз емкостного аппарата из стали Ст3.сп5

2.2 Назначение конструкции и технические требования

Аппарат предназначен для сбора и хранения остатков светлых и темных нефтепродуктов, нефть, масло, в том числе в смеси с водой с содержанием H_2S в газовой фазе не более 1,8 % объема, что относится к 3 классу опасности по ГОСТ 12.1-007-76 [1]. Максимально допустимая отрицательная температура стенки сосуда составляет минус 40 град. Проектируемый сосуд в соответствии с ПБ 03-584-03 [2] имеет расчетное давление до 0,07 МПа и его можно отнести к группе – 5а.

Аппарат состоит в основном из типовых деталей и узлов (обечаек, днищ, крышек, фланцев, штуцеров, лазов и т.д.). Это позволяет нормализовать или стандартизовать большую часть деталей и узлов.

Базовый диаметр сосуда принимается по ГОСТ 9617-76 [3].

Заготовки конических днищ изготавливаем сварными. Количество не регламентируется. Основные размеры конических неотбортованных днищ предназначенных для аппаратов под налив соответствуют ГОСТ 12620-78 [4].

Расчет на прочность аппарата, его элементов проводится в соответствии с действующей нормативно-технической документацией ГОСТ 14249-89 [5].

Изготовление, испытание и приемку аппарата емкостного производить в соответствии с требованиями правил проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных ПБ 03-584-03 [2].

Аппарат снабжен люками, обеспечивающими осмотр, о чистку, безопасность антикоррозионных работ (для защиты от коррозии), монтаж и демонтаж разработанных внутренних устройств, ремонт и контроль сосудов.

Люки располагаются в доступных для пользователя мест.

Аппарат транспортируется в собранном виде, имеет строповые устройства (захватные приспособления) для проведения погрузочно-разгрузочных работ, подъема и установки сосудов в проектное положение.

Конструкция аппарата должна быть технологичной, надежной в течение предусмотренного технической документацией срока службы, обеспечивать

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность осмотра (в том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, продувки и ремонта.

2.3 Выбор основных материалов конструкции

Материалы по химическому составу и механическим свойствам должны удовлетворять требованиям государственных стандартов, технических условий и настоящего стандарта.

Качество и характеристики материалов должны подвергаться предприятием поставщиком в соответствующих сертификатах.

Допускается применять листовую сталь и сортовой прокат марки Ст.Зсп5 толщиной не более 10 мм для приварочных, не приварочных внутренних элементов, работающих при температуре от минус 40 °С до 470 °С.

Допускается применение новых материалов, расширение области применения материалов для аппаратов 5а группы (за исключением, работающих под вакуумом) по заключении специализированной научно-исследовательской организации согласно ГОСТ 34347-2017 [6].

Заказ производим в соответствии с ГОСТ 19903-2015 [7] – листовой прокат таблица 2.

Применяемые основные материалы обеспечивают механические и специальные свойства в соответствии с техническими требованиями на изготовление аппарата. Механические свойства материалов определяют их несущую способность воспринимать заданные нагрузки. Они значительной степени характеризуют величину массы материала изделий и оказывают величину массы материала изделий и непосредственное влияние на их стойкость.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Разработка технологии сборки и сварки изделия

3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия

Сначала поступают 4 листа, из которых в дальнейшем будет состоять обечайка и горловины. Эти листы вальцуют на четырехвалковой листогибочной машине *Bendmak CY4R-M*. Продольные стыки на заготовках собираются при помощи простейших стяжных приспособлений с последующей автоматической сваркой под слоем флюса. После чего пояса обечаек калибруют.

Далее производится сборка конических днищ с заглушками и днищ с обечайками на роликовом стенде, с предварительным нанесением подварочного шва с помощью полуавтоматической сварки в углекислом газе. Затем производится нанесение наружного слоя шва на соединении заглушек и днищ и днищ с обечайками с помощью автосварочной головки под слоем флюса, установленной на велотележке [12]. Далее осуществляется вырезка отверстий под горловины при помощи установки для термической резки портального типа. Отверстия доводятся до правильной геометрической формы механическим путем. Пояса обечаек собирают между собой при помощи стяжных и распорных колец и хомутов. После чего осуществляют прихватки и производится сварка кольцевых швов автоматической сваркой на флюсовой подушке с предварительным подваром корня шва. Затем осуществляется приварка горловин в месте выреза отверстий. На данном этапе применяют механизированную сварку в углекислом газе.

Схема описания технологического процесса изготовления конструкции представлена на рисунке 2.

Подробное описание применяемого сварочного оборудования можно видеть в разделе 8.

Все сварные швы подвергаются контролю. О методах, которых можно узнать в разделе 10.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.16ЗМ0124ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2 – Схема технологического процесса изготовления конструкции

3.2 Оценка свариваемости основных материалов

Сталь В Ст.3сп3, Ст.3сп4, Ст.3сп5, Ст.3сп6 допускается применять наравне со сталью В Ст3сп соответствующих категорий для изготовления аппаратов, под давлением более 0,07 МПа объемом не более 50 м³ и толщиной стенки не более 12 мм.

Таблица 2 – Химический состав стали Ст.3сп5

Хим. элемент	Значение, %
C	0,14...0,22
Mn	0,4...0,65
Si	0,15...0,3
Ni	<0,3
Cu	<0,3
Cr	<0,3
S	<0,05
P	<0,04

Таблица 3 – Механические свойства стали Ст.3сп5

Показатели		Значение	
Марка стали		Ст3.сп5	
Толщина проката, мм		5,0...9,0	10,0...25,0
Временное сопротивление разрыву, σ_B , МПа		380,0...490,0	380,0...490,0
Предел текучести, σ_T , МПа		250,0	250,0
Относительное удлинение, δ %		26,0	26,0
Ударная вязкость, Дж/см ² , при температуре, °C	+20	108,0	108,0
	-20	49,0	49,0

Расчет углеродного эквивалента стали Ст.3сп5, производится по данным таблицы 2 формулы:

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}, \quad (3.1)$$

где С – углерод, %;

Mn – марганец, %;

Cr – хром, %;

Mo – молибден, %;

V – ванадий, %;

Ni – никель, %;

Cu – медь, %.

$$C_{\Sigma} = 0,15 + \frac{0,42}{6} + \frac{(0,1 + 0 + 0)}{5} + \frac{(0,1 + 0,1)}{15} = 0,243$$

По результатам расчёта углеродного эквивалента сталь Ст3сп5 относим к группе - хорошо сваривающейся ($C_{\Sigma} = 0,15 \dots 0,25$). Конструкции из этой стали свариваются всеми способами сварки, без ограничений, в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкции, температуры окружающей среды.

3.3 Оценка механических свойств сварных соединений

Прочность и работоспособность сварного соединения зависит от его формы и соотношения механических свойства металла шва, околошовной зоны (обычно зоны термического влияния) и основного металла [23].

При оценке ожидаемых механических свойства металла шва необходимо учитывать действие следующих технологических факторов:

- долю участия основного металла в формировании шва и его химический состав;
- тип и химический состав сварочных материалов;
- метод и режим сварки;
- тип соединения и число проходов в сварном шве;
- размеры сварного соединения;

– пластические деформации растяжения в металле шва при его остывании.

Влияние химических элементов, входящих в основной металл, может быть значительным. Не учитывать этого нельзя. Роль химического состава сварочных материалов также очевидна так как их подбором можно регулировать химический состав и механические свойства металла шва в самых широки пределах.

Метод сварки определяет тип защиты, ее химическую активность, а режим сварки изменяет долю основного металла и объем жидкого флюса, участвующих в химических реакциях, что, естественно, влияет на химический состав металла шва и его свойства.

Тип соединения и число проходов влияют на химический состав металла шва, так как они определяют долю участия сварочных материалов в формировании шва и характер химико-металлургических процессов в зоне сварки.

Размеры сварного соединения влияют на характер термического цикла, определяя также существование для формирования механических свойств металла шва характеристики:

- наибольшую температуру нагрева T_{max} ;
- длительность выдержки металла в интервале температур выше критических t_v и скорость его охлаждения $W_{охл}$.

Пластические деформации растяжения влияют в основном только на предел текучести металла шва, повышая отношение $G_{тш}/G_{вш}$ до значений от 0,75 до 0,8 вместо обычных для прокатной стали от 0,65 до 0,7. Необходимо выбирать такие режимы, которые, обеспечивая выполнение указанных выше требований, способствовали бы также получению благоприятных структур и механических свойств металла шва.

Расчет механических характеристик металла сварных швов проводится по учебному пособию [24].

Автоматическая сварка под флюсом с применением сварочной проволоки Св-08ГА.

Предел прочности шва определяется по формуле:

$$G_{\text{вш}} = 48 + 500C + 252Mn + 175Si, \quad (3.2)$$

где $G_{\text{вш}}$ – предел прочности шва, МПа.

$$G_{\text{вш}} = 48 + 500 \cdot 0,11 + 252 \cdot 0,9 + 175 \cdot 0,4 = 400 \text{ МПа}$$

Относительное удлинение шва определяется по формуле:

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si), \quad (3.3)$$

где $\delta_{\text{ш}}$ – относительное удлинение шва, %.

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,4 \cdot 0,11 + 15 \cdot 0,9 + 49 \cdot 0,4) = 14,95 \%$$

Ударная вязкость шва при $T=20^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле:

$$KCU_{\text{нш}} = (23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si)) \cdot 10, \quad (3.4)$$

где $KCU_{\text{нш}}$ – ударная вязкость шва, Дж/см².

$$KCU_{\text{нш}} = (23,3 - (25,7 \cdot 0,11 + 6,4 \cdot 0,9 + 8,4 \cdot 0,4)) \cdot 10 = 113,53 \text{ Дж/см}^2$$

Предел текучести определяется по формуле:

$$G_{\text{тш}} = 0,8G_{\text{вш}}, \quad (3.5)$$

где $G_{\text{тш}}$ – предел текучести, МПа.

$$G_{\text{тш}} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ МПа}$$

Относительное поперечное сужение определяется по формуле:

$$\Psi_{\text{ш}} = 2,23\delta_{\text{ш}}, \quad (3.6)$$

где $\Psi_{\text{ш}}$ – относительное поперечное сужение.

$$\Psi_{\text{ш}} = 2,23 \cdot 14,95 = 33,32$$

Механизированная сварка в CO_2 с применением сварочной проволоки Св-08Г2С.

Предел прочности шва определяется по формуле 3.2.

$$G_{\text{вш}} = 48 + 500 \cdot 0,9 + 252 \cdot 2 + 175 \cdot 0,8 = 1142 \text{ МПа}$$

Относительное удлинение шва определяется по формуле 3.3.

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,4 \cdot 0,9 + 15 \cdot 2 + 49 \cdot 0,8) = 3 \%$$

Ударная вязкость шва при $T=20^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле 3.4.

$$KCU_{\text{нш}} = (23,3 - (25,7 \cdot 0,9 + 6,4 \cdot 1,9 + 8,4 \cdot 0,8)) \cdot 10 = 187,1 \text{ Дж/см}^2$$

Предел текучести определяется по формуле 3.5.

$$G_{тш} = 0,8 \cdot 1142 = 913 \text{ МПа}$$

Относительное поперечное сужение определяется по формуле 3.6.

$$\psi_{ш} = 2,23 \cdot 3 = 6,7$$

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

4 Расчет и проектирование сварной конструкции

На основании служебного назначения, объема перерабатываемых продуктов, рабочих температур и давлений, с учетом опыта проектирования конструкций и требований к нормативно-технической документации определяем конструктивное исполнение и геометрическую форму конструкции показанной на рисунке 1.

Руководствуясь ГОСТ 9617-76 [3] для объема обечайки ($V_{об}$) равного 12 м^3 , принимаем диаметр (D) цилиндрической части равной 2000 мм.

Расчет для определения геометрических размеров конструкции производим в соответствии с ПБ 03-584-03 [2].

Определяем длину обечайки по формуле:

$$L_{об} = \frac{4V_{об}}{3,14D^2}, \quad (4.1)$$

где $L_{об}$ – длина обечайки, м;

$V_{об}$ – объем обечайки, м^3 ;

D – диаметр цилиндрической части обечайки, мм.

$$L_{об} = \frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 2^2} = 3,8 \text{ м.}$$

Руководствуясь ГОСТ 12620-78 [4] для диаметра обечайки (D) равного 2000 мм, выбираем конические днища со следующими характеристиками:

– объем днища $V_{дн} = 0,35 \text{ м}^3$;

– длина днища $L_{дн} = 255 \text{ мм}$.

Определяем длину конструкции ($L_{констр}$) по формуле:

$$L_{констр} = L_{об} + 2L_{дн}, \quad (4.2)$$

где $L_{констр}$ – длина конструкции, м.

$$L_{констр} = 3,8 + (2 \cdot 0,255) = 4,31 \text{ м}$$

Основным уравнением для данного вида проверки является:

$$\frac{L_{констр}}{D} = 2 \dots 5, \quad (4.3)$$

$$\frac{L_{\text{констр}}}{D} = \frac{4310}{2000} = 2,15$$

Определяем объём конструкции ($V_{\text{констр}}$) по формуле:

$$V_{\text{констр}} = V_{\text{об}} + 2V_{\text{дн}}, \quad (4.4)$$

где $V_{\text{констр}}$ – объём конструкции, м^3 .

$$V_{\text{констр}} = 12 + 0,7 = 12,7 \text{ м}^3$$

В итоге получаем следующие размеры конструкции:

– $D = 2000 \text{ мм}$;

– $L_{\text{констр}} = 4310 \text{ мм}$.

Расчет конструктивных элементов емкости производим по ГОСТ 14249-89 [5].

Расчет обечайки $D=2000 \text{ мм}$ нагруженной избыточным давлением.

Эскиз обечайки Ду 2000 представлен на рисунке 3.

Исходные данные:

- Материал обечайки - Ст.3сп5;
- Допускаемое напряжение материала $[\sigma]$ выбирается исходя из условий температуры и марки стали по таблице 5, ГОСТ 14249-89 [5] и равно 149 МПа;
- Внутренний диаметр обечайки $D=2000 \text{ [мм]}$;
- Величина прибавки к расчетной толщине (C) определяется по ГОСТ 14249-89 [5], из условий срока службы, скорости коррозии и равна 2 мм;
- Коэффициент прочности продольного сварочного шва (ϕ_p) выбирается из таблицы 20 ГОСТ 14249 [5] и равен 1.

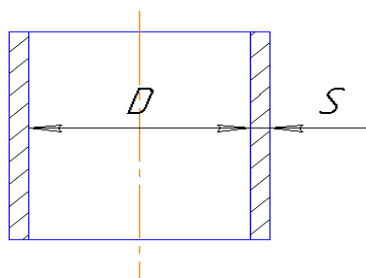


Рисунок 3 – Эскиз цилиндрической обечайки Ду 2000 мм

Рассчитываем пробное давление при гидравлическом испытании сосудов по формуле:

$$P_{\text{пр}} = 1,25P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_{100}}; \quad (4.5)$$

где $P_{\text{пр}}$ – пробное давление, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допускаемые напряжения для материала при 20 °С равно 154 МПа;

$[\sigma]_{100}$ – допускаемые напряжения для материала при 100 °С равно 149 МПа.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 0,07 \cdot \frac{154}{149} = 0,09 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина определяется по формуле:

$$Sp = \frac{P \cdot D}{2[\sigma]\varphi p - P}, \quad (4.6)$$

где Sp – расчётная толщина, мм.

$$Sp = \frac{0,09 \cdot 2000}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,09} = 0,6 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки определяется по формуле :

$$S = Sp + C, \quad (4.7)$$

где S – исполнительная толщина стенки, мм;

C – величина прибавки к расчетной толщине, мм.

$$S = 0,6 + 2 = 2,6 \text{ мм}$$

Выполняем проверку исполнительной толщины стенки по формуле:

$$\frac{S-C}{D} \leq 0,1, \quad (4.8)$$

$$\frac{2,6-2}{2000} = 0,0003 \leq 0,1$$

Вывод: Исходя из условия, принимаем толщину металла равной 3 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле:

$$P = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi p \cdot (S-C)}{D+S-C}, \quad (4.9)$$

$$P = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (3-2)}{2000+3-2} = 0,14 \text{ МПа}$$

Расчет горловины $D = 800$ мм нагруженной внутренним избыточным давлением. Эскиз горловины Ду 800 представлен на рисунке 4.

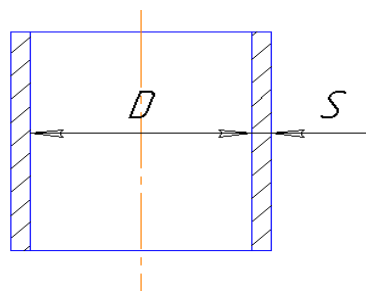


Рисунок 4 – Эскиз цилиндрической обечайки (горловины) Ду 800 мм

Расчётная толщина определяется по формуле 4.6.

$$Sp = \frac{0,09 \cdot 800}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,09} = 0,24 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки определяется по формуле 4.7.

$$S = 0,24 + 2 = 2,24 \text{ мм}$$

Вывод: Исходя из условия, принимаем толщину металла равной 3 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле 4.9.

$$P = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (3 - 2)}{800 + 3 - 2} = 0,37 \text{ МПа}$$

Расчет обечайки $D = 700$ мм нагруженной внутренним избыточным давлением. Эскиз горловины Ду 700 представлен на рисунке 5 .

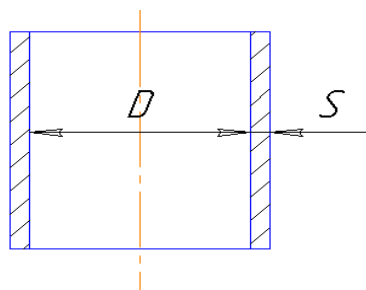


Рисунок 5 – Эскиз цилиндрической обечайки (горловины) Ду 700 мм

Расчётная толщина определяется по формуле 4.6.

$$S_p = \frac{0,09 \cdot 700}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,09} = 0,21 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки определяется по формуле 4.7.

$$S = 0,21 + 2 = 2,21 \text{ мм}$$

Вывод: Исходя из условия, принимаем толщину металла равной 3 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле 4.9:

$$P = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (3-2)}{700+3-2} = 0,42 \text{ МПа}$$

Расчет конического днища $D = 2000$ мм с углом $\alpha_1 = 70^\circ$ нагруженной внутренним избыточным давлением. Эскиз днища Ду 2000 представлен на рисунке 6.

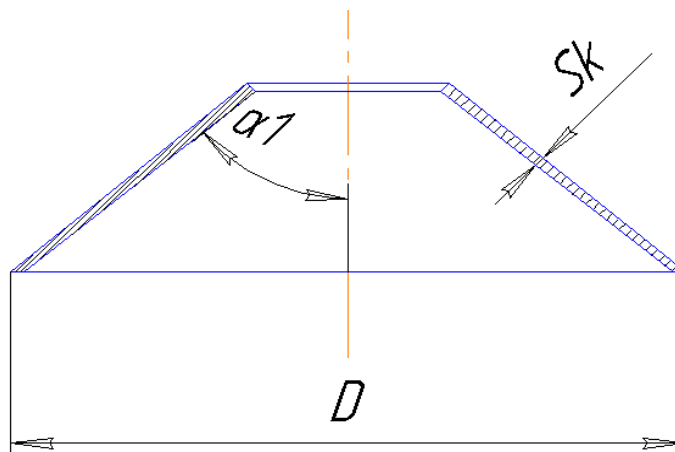


Рисунок 6 – Эскиз конического днища

Расчетная толщина стенки определяется по формуле:

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2 \varphi p[\sigma] - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1}, \quad (4.10)$$

$$S_p = \frac{0,09 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 149 - 0,09} \cdot \frac{1}{0,34202} = 1,76$$

Исполнительная толщина стенки определяется по формуле 4.7.

$$S_K = 1,76 + 2 = 3,76 \text{ мм}$$

Вывод: Исходя из условия, принимаем толщину металла равной 4 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле 4.9.

$$P = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (4 - 2)}{(2000 / 0,34202) + (4 - 2)} = 0,1 \text{ МПа}$$

Расчет заглушки $D=600$ мм нагруженной внутренним избыточным давлением. Эскиз заглушки Ду 600 представлен на рисунке 7.

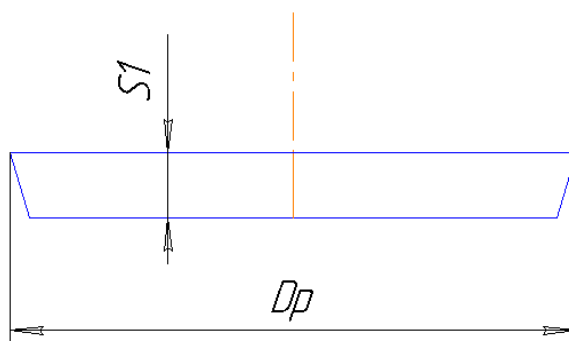


Рисунок 7 – Эскиз заглушки

Расчетная толщина определяется по формуле :

$$Sp = K \cdot K_0 D_p \sqrt{\frac{P}{\phi p[\sigma]}}, \quad (4.11)$$

где K - коэффициент равный 0,41, выбирается из таблицы 3;

K_0 – коэффициент ослабления принимают равным 1, т.к нет отверстий.

$$Sp = 0,41 \cdot 1 \cdot 600 \sqrt{\frac{0,09}{1 \cdot 149}} = 6 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки определяется по формуле 4.10.

$$S_1 = 6 + 2 = 8 \text{ мм}$$

Вывод: В связи со сложностью сборки и последующей сварки различных элементов конструкции аппарата, с разной толщиной стенки,

принимая общую толщину стенки ёмкости равной максимальной расчетной толщине стенки одного из элементов, которая составляет 8 мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление P определяется по формуле:

$$P = \left(\frac{(S_1 - C)}{K \cdot K_0 D_p} \right)^2 \cdot \varphi p[\sigma], \quad (4.12)$$

$$P = \left(\frac{(8 - 2)}{0,41 \cdot 1 \cdot 600} \right)^2 \cdot 1 \cdot 149 = 0,1 \text{ МПа}$$

Проверка сварных швов конструкции на прочность производится по ГОСТ 14249-89 [5].

Проверяем на прочность продольные швы обечайки.

Фактическое напряжение шва определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{N}{F_{\text{ш}}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot S_{\text{эл}}}{\delta \cdot l_{\text{ш}}}, \quad (4.13)$$

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

δ – толщина стенки обечайки, мм;

$l_{\text{ш}}$ – длина шва, мм;

$S_{\text{эл}}$ – площадь элемента, мм²;

$F_{\text{ш}}$ – площадь шва, мм²;

$P_{\text{пр}}$ – пробное давление, МПа;

N – сила, Н.

Площадь элемента определяется по формуле:

$$S_{\text{эл}} = \frac{S_{\text{разв}}}{2}, \quad (4.14)$$

$$S_{\text{эл}} = \frac{1900 \cdot 6255}{2} = 5942250 \text{ мм}^2 = 5,94 \text{ м}^2$$

Площадь шва определяется по формуле:

$$F_{\text{ш}} = \delta \cdot l_{\text{ш}}, \quad (4.15)$$

$$F_{\text{ш}} = 8 \cdot 1900 = 15200 \text{ мм}^2 = 0,0152 \text{ м}^2$$

Сила определяется по формуле:

$$N = P_{\text{пр}} \cdot S_{\text{эл}}, \quad (4.16)$$

$$N = 0,09 \cdot 5,34 = 0,48 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Подставляем значения в формулу 4.13.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{0,48}{0,0152} = 31,61 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\sigma_{\text{ш}} = 31,61 \text{ МПа} \leq 149 \text{ МПа} = [\sigma]$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Проверяем на прочность кольцевые швы обечайки.

Фактическое напряжение шва определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{N}{F_{\text{ш}}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot S_{\text{эл}}}{\delta \cdot \pi \cdot D}, \quad (4.17)$$

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

δ – толщина стенки обечайки, мм;

D – диаметр обечайки, мм;

$S_{\text{эл}}$ – площадь элемента, мм²;

$F_{\text{ш}}$ – площадь шва, м²;

$P_{\text{пр}}$ – пробное давление, МПа;

N – сила, Н.

Площадь определяется по формуле:

$$S_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (4.18)$$

$$S_{\text{эл}} = \frac{3,14 \cdot 2000^2}{4} = 3140000 \text{ мм}^2 = 3,1 \text{ м}^2$$

Подставляем значения в формулу 4.17.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{0,09 \cdot 3140000}{8 \cdot 3,14 \cdot 2000} = 5,6 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\sigma_{\text{ш}} = 5,6 \text{ МПа} \leq 149 \text{ МПа} = [\sigma]$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Проверяем на прочность угловой шов, при сварки днища с обечайкой.

Напряжение среза в угловом сварном соединении определяется по формуле:

$$\tau = \frac{N}{F_{\text{ш}}}, \quad (4.19)$$

где τ – напряжение среза шва, МПа;

$F_{\text{ш}}$ – площадь шва, м²;

N – сила, Н.

Сила определяется по формуле:

$$N = P_{\text{пр}} \cdot S_{\text{эл}}, \quad (4.20)$$

где $S_{\text{эл}}$ – площадь элемента, мм²;

$P_{\text{пр}}$ – пробное давление, МПа.

Площадь поверхности определяется по формуле:

$$S_{\text{эл}} = \pi \cdot (r_1 + r_2) \cdot l, \quad (4.21)$$

где r_1 и r_2 – радиусы обечайки и днища, мм;

l – образующая конуса, мм.

Образующая конуса определяется по формуле:

$$l = \sqrt{h^2 + (D_1 + D_2)^2}, \quad (4.22)$$

где D_1 и D_2 – радиусы обечайки и днища, мм;

h – ширина днища, мм.

$$l = \sqrt{255^2 + (2000 - 600)^2} = 1423 \text{ мм}$$

Подставляем значения в формулу 4.21.

$$S_{\text{эл}} = 3,14 \cdot (1000 + 300) \cdot 1423 = 5808686 \text{ мм}^2$$

Подставляем значения в формулу 4.20.

$$N = 0,09 \cdot 5808686 = 522781 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечения определяется по формуле:

$$F_{\text{ш}} = \beta \cdot h_{\text{шва}} \cdot l_{\text{шва}}, \quad (4.23)$$

где $h_{\text{шва}}$ – толщина углового шва, мм;

β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва, равен 0,9;

$l_{\text{шва}}$ – дли шва, мм.

Толщина углового шва принимаемая равной катету вписанного в шов равнобедренного прямоугольного треугольника определяется по формуле:

$$h_{\text{шва}} = \sqrt{e^2 + g^2}, \quad (4.24)$$

где e и g – катеты углового шва, мм.

$$h_{\text{шва}} = \sqrt{8^2 + 5^2} = 9,43 \text{ мм}$$

Длина шва определяется по формуле:

$$l_{\text{шва}} = \pi \cdot D, \quad (4.25)$$

$$l_{\text{шва}} = 3,14 \cdot 2000 = 6280 \text{ мм}$$

Подставляем значения в формулу 4.23.

$$F_{\text{ш}} = 0,9 \cdot 9,43 \cdot 6280 = 53298,36 \text{ мм}^2$$

Подставляем значения в формулу 4.19.

$$\tau = \frac{522781}{53298,36} = 9,8 \text{ МПа}$$

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

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma], \quad (4.26)$$

$$[\tau] = 74,5 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\tau = 9,8 \text{ МПа} \leq 74,5 \text{ МПа} = [\tau].$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Проверяем на прочность угловой шов, при сварке днища с заглушкой обечайки по ГОСТ 14249-89 [5].

Площадь определяется по формуле 4.18.

$$S = \frac{3,14 \cdot 600^2}{4} = 282600 \text{ мм}^2$$

Фактическое напряжение шва определяется по формуле 4.17.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{0,09 \cdot 282600}{8 \cdot 3,14 \cdot 600} = 1,68 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\sigma_{\text{ш}} = 1,68 \text{ МПа} \leq 149 \text{ МПа} = [\sigma]$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Проверяем на прочность угловой шов, при сварке горловины Ду 700 с цилиндрическим корпусом заготовки.

Площадь определяется по формуле 4.18.

$$S = \frac{3,14 \cdot 700^2}{4} = 384650 \text{ мм}^2$$

Фактическое напряжение шва определяется по формуле 4.17.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{0,09 \cdot 384650}{8 \cdot 3,14 \cdot 700} = 1,96 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\sigma_{\text{ш}} = 1,96 \text{ МПа} \leq 149 \text{ МПа} = [\sigma].$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Проверяем на прочность угловой шов, при сварке горловины Ду 800 с цилиндрическим корпусом заготовки.

Площадь определяется по формуле 4.18.

$$S = \frac{3,14 \cdot 800^2}{4} = 502400 \text{ мм}^2$$

Фактическое напряжение шва определяется по формуле 4.17.

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{0,09 \cdot 502400}{8 \cdot 3,14 \cdot 800} = 2,25 \text{ МПа}$$

В результате получаем неравенство:

$$\sigma_{\text{ш}} = 2,25 \text{ МПа} \leq 149 \text{ МПа} = [\sigma]$$

Вывод: фактическое напряжение в шве меньше допускаемого, что удовлетворяет условию работоспособности сварного соединения.

Расчет размеров для выполнения заготовительных операций производится по методическому пособию [25].

Производим заготовительные операции конструкции цилиндрической обечайки Ду 2000 мм и горловин Ду 700 мм и Ду 800 мм.

1 Цилиндрическая часть обечайки представляет собой конструкцию со следующими размерами: $2000 \times 3800 \times 8$ ($D \times H \times S$), материал сталь Ст.3сп5.

Рассчитываем длину листа для изготовления цилиндрической обечайки: $l = \pi (D - S) = 3,14 \cdot (2000 - 8) = 6255 \text{ мм}$. Выбираем заготовку для обечайки по ГОСТ 19903-2015 [7]. Выбираем 2 листа представленных на рисунке 8 со следующими параметрами: $6500 \times 1900 \times 8$ ($D \times H \times S$).

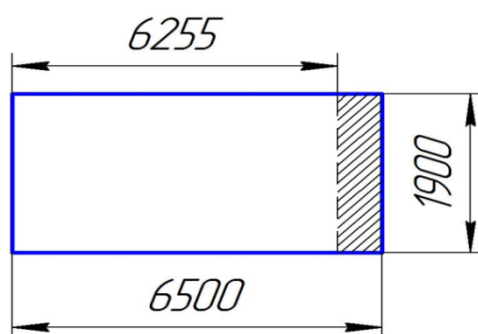


Рисунок 8 – Раскрой выбранного листа для обечайки Ду 2000 мм

Выбираем размер листа путем минимальных отходов с помощью коэффициента использования материала по формуле:

$$K_{им} = S_{и} / S_{з} \quad (4.27)$$

где $K_{им}$ – коэффициент использования материала;

$S_{и}$ – площадь изделия, мм²;

$S_{з}$ – площадь заготовки, мм².

$$K_{им} = (6255 \cdot 1900) / (6500 \cdot 1900) = 0,96 > 0,75$$

Вывод: С учетом выбора данных размеров листа показанных на рисунке 8 коэффициент использования материала равен 0,96, что выше предельного значения равного 0,75. Полученный результат свидетельствует о технологичном выборе заготовки для изготовления обечайки.

2 Цилиндрическая часть горловины представляет собой конструкцию со следующими размерами: $800 \times 1300 \times 8$ ($D \times H \times S$), материал сталь Ст.3сп5.

Рассчитываем длину листа: $l = \pi (D - S) = 3,14 \cdot (800 - 8) = 2487$ мм. Выбираем заготовку для горловины по ГОСТ 19903-2015 [7]. Выбираем лист представленный на рисунке 9 со следующими параметрами: $2500 \times 1400 \times 8$ ($D \times H \times S$).

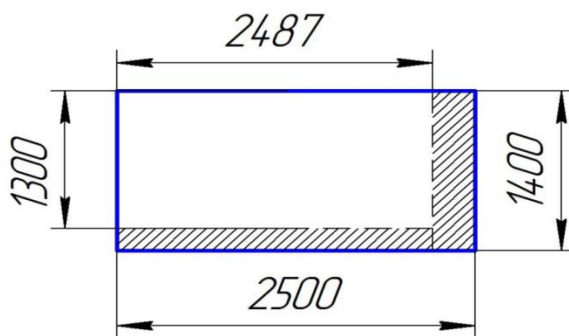


Рисунок 9 – Раскрой выбранного для горловины Ду 800 мм

Выбираем размер листа путем минимальных отходов с помощью коэффициента использования материала по формуле 4.27.

$$K_{им} = (2487 \cdot 1300) / (2500 \cdot 1400) = 0,92 > 0,75$$

Вывод: С учетом выбора данных размеров листа показанных на рисунке 9 коэффициент использования материала равен 0,92, что выше предельного

значения равного 0,75. Полученный результат свидетельствует о более технологичном выборе заготовки для изготовления горловины.

3 Цилиндрическая часть горловины представляет собой конструкцию со следующими размерами: $700 \times 1300 \times 8$ ($D \times H \times S$), материал сталь Ст.3сп5.

Рассчитываем длину листа: $l = \pi (D - S) = 3,14 \cdot (700 - 8) = 2194$ мм. Выбираем заготовку для обечайки по ГОСТ 19903-2015 [7]. Выбираем лист представленный на рисунке 10 со следующими параметрами: $2200 \times 1400 \times 8$ ($D \times H \times S$).

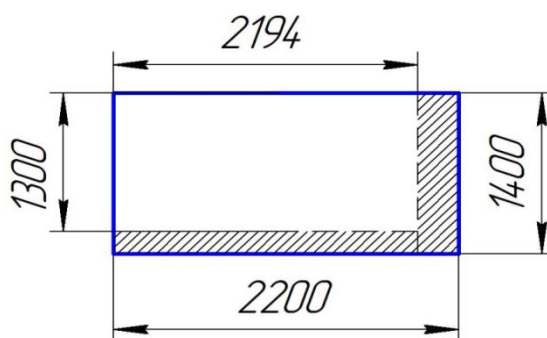


Рисунок 10 – Раскрой выбранного для горловины Ду 800 мм

Выбираем размер листа путем минимальных отходов с помощью коэффициента использования материала по формуле 4.27.

$$K_{\text{им}} = (2194 \cdot 1300) / (2200 \cdot 1400) = 0,92 > 0,75$$

Вывод: С учетом выбора данных размеров листа показанных на рисунке 10 коэффициент использования материала равен 0,92, что выше предельного значения равного 0,75. Полученный результат свидетельствует о технологичном выборе заготовки для изготовления обечайки.

5 Выбор сварочных материалов

Сварка под флюсом. Конструктивные элементы подготовки кромок под сварку и геометрические размеры сварных швов регламентируются ГОСТ 8713–79 [8]. Сварка может выполняться на различных подкладках (флюсовой подушке, медной или флюсомедной, керамической и др.), а также по предварительной подварке покрытыми электродами или в углекислом газе.

Автоматическую сварку осуществляют электродной проволокой диаметром 3...5 мм. Равнопрочность соединения достигается подбором флюсов и сварочных проволок и выбором режимов и техники сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей в большинстве случаев применяют флюс АН-348-А и низкоуглеродистую электродную проволоку марки Св-08ГА. Использование указанных материалов позволяет получить металл шва с механическими свойствами, равными или превышающими механические свойства основного металла. Благодаря этим материалам достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин.

При сварке на флюсовой подушке формирование швов в значительной степени определяется величиной давления флюса и равномерностью его поджатия по длине шва. Поджатие флюса достигается применением специальных устройств. Тележкой флюсовая подушка подводится к месту расположения шва, предварительно прижимается снизу к свариваемому стыку винтовым домкратом, и более плотный поджим флюса (до требуемого давления) создается либо подачей сжатого воздуха в шланги, либо натяжением ремня. В последнем случае движение бесконечного ремня и подача флюса происходит вследствие сил трения, возникающих при вращении изделия.

Вследствие трудности получения стабильного формирования корня шва сварка на флюсовой подушке используется, в основном, при двусторонней сварке для укладки первого шва.

Таблица 4 – Химический состав флюса АН-348-А

Показатели	SiO ₂ , %	MnO, %	CaO, %	CaF ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O, %	S, %	P, %
Значение	41...4	34...8	>6,5	4...5,5	5...7,5	≥4,5	≥2	≥0,15	≥0,12

Таблица 5 – Химический состав стальной сварочной проволоки Св-08ГА

Показатели	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Значение	≤0,10	≤0,03	0,8...1,1	≤0,10	≤0,25	0,03	0,03

Для механизированной сварки в углекислом газе целесообразно использовать сварочную проволоку марки Св-08Г2С. Данная проволока предназначена для сварки в СО₂ и в смесях низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

Таблица 6 – Химический состав стальной сварочной проволоки Св-08Г2С

Показатели	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %
Значение	0,05...0,11	0,70...0,95	1,8...2,1	<0,20	<0,25	0,025	0,03

Для механизированной сварки в качестве защитного газа предлагается углекислый газ. Углекислый газ выпускается по ГОСТ 8050-85 [9]. Углекислый газ или двуокись углерода в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ, без запаха, плотностью 1,839 кг/см³. Он тяжелее воздуха, что обеспечивает хорошую газовую защиту сварочной ванны, но накопление его у пола свыше 5% может вызвать явление кислородной недостаточности у работающего сварщика. Сварочная углекислота поставляется в баллонах в сжиженном состоянии, ёмкостью 40 л, при давлении 15 МПа.

6 Выбор способов сварки изделия

Исходя из характеристик конструкционных материалов, применяемых в конструкции, применяются следующие способы сварки:

1 Автоматической сваркой под флюсом сваривают продольные и кольцевые швы обечаек. Автоматическую сварку под флюсом применяют для выполнения прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении на металле толщиной 2 - 100 мм. Под флюсом сваривают металлы различных классов. Автоматическую сварку широко применяют при изготовлении резервуаров для хранения жидкостей и газов, котлов, корпусов судов и других изделий.

2 Полуавтоматическую сварку в защитном газе применяют для сварки горловин к корпусу. По сравнению с другими видами сварки она имеет следующие преимущества:

- высокую степень защиты расплавленного металла от воздействия воздуха;
- возможность ведения процесса во всех пространственных положениях;
- возможность визуального наблюдения за процессом формирования шва и его регулирования;
- относительно низкую стоимость сварки в углекислом газе.

3 Ручной дуговой сваркой выполняют прихватку заглушек к днищам, днищ к обечайкам, горловин к обечайке. Ручная сварка удобна при выполнении коротких швов в любых пространственных положениях, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы. С помощью ручной сварки обеспечивается хорошее качество сварных швов, но она обладает более низкой производительностью, например, по сравнению с автоматической дуговой сваркой под флюсом и полуавтоматической в углекислом газе.

7 Оборудование для выполнения заготовительных, сборочных и сварочных операций

Оборудование применяемое для заготовительных операций:

Кромкострогальный станок мод.7806 В предназначен для обработки кромок свариваемых элементов, для получения заданной геометрической формы, обеспечения размеров заготовки а также для удаления слоя металла с измененными структурой и свойствами. Технические параметры станка представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические параметры кромкострогального станка мод.7806

Техническая характеристика	Номинальные значения
Длина обрабатываемой поверхности, мм	12000,0
Толщина пакета листов, мм	200,0
Размеры стола ($L \times b$), мм	12720,0 $\times$ 2800,0
Ход каретки с суппортами, мм	6600,0
Подача суппортов, мм	
Вертикальная	0,5...12,5
Горизонтальная	0,25...6,2
Скорость резания, м/мин	4...40
Скорость установочного перемещения, м/мин	4
Габаритные размеры:	
Высота, мм	2600,0
Ширина, мм	13480,0
Длина, мм	3480,0
Масса, кг	28000,0

Ручная пневматическая шлифовальная машина ИП-2014 используется для целого ряда операций связанных с подготовительными работами перед сваркой. Специальными работами непосредственно в процессе сварки и работами по отделке сварных соединений. К таким операциям относятся

зачистка кромок перед сваркой, зачистка корня шва, расчистка шва перед сваркой следующего слоя, разделка дефектных мест, зачистка отверстий под горловины, зачистка сварных швов и основного металла после сварки.

Техническая характеристика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Техническая характеристика ручной пневматической шлифовальной машина ИП-2014

Техническая характеристика	Показатели
Частота вращения шпинделя, об/мин: на холостом ходу	5100
Размеры (длина, ширина, высота), мм	565,0 × 164,0 × 127,0
Масса (без шлифовального круга), кг	5,5

Машина для термической резки portalного типа НК-1000 применяется для вырезки отверстий для последующей установки и приварки горловин. Регулировка наклона резака позволяет вырезать отверстия с фаской под разными углами.



Рисунок 11 – Машина для термической резки portalного типа НК-1000

Технические характеристики указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Техническая характеристика машины для термической резки
портального типа НК-1000

Техническая характеристика	Показатели
Диаметр вырезаемых отверстий, мм	80,0...1000,0
Толщина стенки, мм	5,0...50,0
Скорость резки, об/мин	0,14...1,2 об./мин

Станок плазменной резки металла "ФЕСТ" применяется для резки
металлических листов с широким диапазоном размеров.



Рисунок 12 – Станок плазменной резки металла "ФЕСТ"

Рабочее поле Д: 1250, 1500, 2000 мм; Ш: 2500, 3000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12000 мм с возможностью последующего увеличения длины.

Листогибочная машина *Bendmak CY4R - M* используется для легких и средних гибочных работ, особенно для гибки материалов с толщиной листа 3-8 мм, предназначена для изготовления обечаек полной окружности, а также гибки листов с переменным радиусом.



Рисунок 13 – Четырехвалковая листогибочная машина *Bendmak CY4R-M*

Технические характеристики указаны в таблице 10.

Таблица 10 –Техническая характеристика четырехвалковой листогибочной машины *Bendmak CY4R-M*

Техническая характеристика	Показатели
Рабочая длина, мм	1200,0...3100,0
Толщина металла, мм	до 8,0
Диаметр верхнего вала, мм	140,0...200,0

Оборудование применяемое для сборочных операций:

Манипулятор УСМ-500 предназначен для поворота изделия весом до 5000 кг со скоростями, необходимыми при автоматическом наложении круговых швов различных диаметров, а так же для установки изделия в положения, наиболее удобные для сварки.

Сварочная колонна ПК-3 для сварки кольцевых швов (для самоходных сварочных аппаратов) и кольцевых и коротких прямолинейных швов (для самоходных аппаратов) имеют только маршевую скорость перемещения.

Роликовый стенд Т-30М предназначен для вращения цилиндрических изделий с центром тяжести, расположенным на оси вращения.

Оборудование применяемое для сварочных операций:

Сварочный трактор *A2 Multitrac* используется для сварки под флюсом и для сварки в среде защитных газов. Сварка под флюсом может производиться как одной, так и двумя проволоками (расщепленной дугой). Механизм подачи с устройством спрямления, обеспечивает стабильную и равномерную подачу проволоки, уменьшает износ контактных частей и повышает стабильность сварочных процессов.

Трактор, в том числе предназначен для работы внутри обечаек (труб) для сварки как, кольцевых, так и продольных швов с внутренним диаметром не менее 1100 мм. Для сварки замыкающих швов внутри обечайки минимальный диаметр люка должен быть 400 мм.

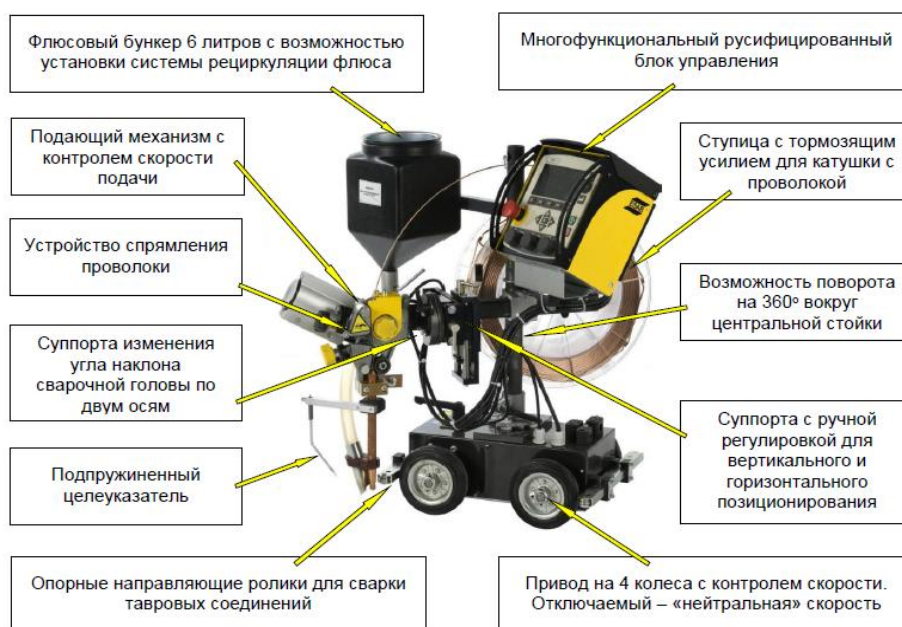


Рисунок 14 – Сварочный трактор *A2 Multitrac*

Ручные механические слайдеры перемещения сварочной головы в вертикальном и горизонтальном положении и возможность поворота основной стойки дают возможность простого и быстрого позиционирования сварочной головы относительно стыка. Компактная конструкция позволяет легко переносить *A2 Multitrac* с одного изделия на другое. Точное перемещение трактора обеспечивается полным приводом. Трактор имеет прочную, хорошо

сбалансированную конструкцию. Компоненты трактора выполнены из качественных материалов с высокой точностью, что позволяет эксплуатировать его в тяжёлых условиях. Трактор оснащён современным цифровым блоком управления РЕК, обеспечивающим высокое и стабильное качество сварки.

Технические характеристики указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Технические данные универсального сварочного трактора *A2 Multitrac*

Технические характеристики	<i>SAW</i>	<i>GMAW</i>	<i>GMAW 4 WD</i>
Напряжения питания, В	42,0	42,0	42,0
Допустимая нагрузка при ПВ 100%, А	800,0	600,0	650,0
Диаметры проволок:			
Сплошная, мм	1,6...4,0	0,8...2,5	1,0...1,6
Порошковая, мм	1,6...4,0	1,2...3,2	1,0...1,6
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,2...9,0	0,2...16,0	2,0...25,0
Технические характеристики	<i>SAW</i>	<i>GMAW</i>	<i>GMAW 4 WD</i>
Скорость перемещения, м/мин	0,1...2,0	0,1...2,0	0,1...2,0
Технические характеристики	<i>SAW</i>	<i>GMAW</i>	<i>GMAW 4 WD</i>
Мин. радиус при сварке по окружности, мм	1500,0	1500,0	1500,0

Технические характеристики	SAW	GMAW	GMAW 4 WD
Мин. Ø при сварке внутренних кольцевых швов, мм	1100,0	1100,0	1100,0
Мин. Ø люка для сварки внутри изделия, мм	400,0	400,0	400,0
Масса без флюса и проволоки, кг:	47,0	47,0	47,0

Сварочный полуавтомат *EWM Wega 501* предназначен для сварки *MIG/MAG* порошковой и сплошной проволокой, током от 50 до 500 А и мощностью 27,50 кВт при максимальной нагрузке. Аппарат отличается универсальностью. Применяется как для простых задач, так и для высокотехнологических промышленных решений.



Рисунок 15 – Сварочный полуавтомат *EWM Wega 501*

Он прекрасно зарекомендовал себя в машиностроении, судостроении, изготовлении аппаратов и емкости, монтажных работах и других сферах.

Технические характеристики данного аппарата представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики. *EWM Wega 501*

Наименование параметров	Значения
Напряжение сети:	380 В (-15%; +15%)
<i>MIG/MAG</i> сварочный ток, А	50,0...500,0
Мощность при максимальной нагрузке, кВт	27,0...50,0 кВт
Коэффициент мощности	0.95
Габаритные размеры, мм	1100,0 × 560,0 × 1000,0
Вес, кг	200,0
Рекомендуемая мощность генератора, кВт	32
<i>MIG/MAG</i> ток при ПВ 100% , А	400,0
<i>MIG/MAG</i> ток при ПВ 60% , А	500,0

Аппарат для ручной дуговой сварки *Kemppi Minarc 150* предназначен для производственной, монтажной и ремонтной сварки. *Minarc* подключается к однофазной сети. Установка основывается на инверторной технологии, ее мощность регулируется транзисторами *IGBT*. В комплекте с аппаратом поставляются сварочный и заземляющий кабели, которые оснащены подходящим электрододержателем, зажимом для заземления и соединителями.



Рисунок 16 – Аппарат для ручной дуговой сварки *Kemppi Minarc 150*

Технические характеристики представлены в таблице 13.

Таблица 13 –Технические характеристики. Аппарат для ручной дуговой сварки Kemppi Minarc 150

Наименование параметров	Значения параметров	
Напряжение питания	1~, 50/60 Hz	230 В ± 15 %
Ток потребления, А	35 % ПВ I I_{max}	27
	100 % ПВ I I_{eff}	16
Сетевой кабель	H07RN-F, 3G2,5	
Диапазон сварочных токов и напряжений	MMA	10 А/20,5 В...140 А/25,6 В
	TIG	5 А/10 В...150 А/16 В
Ступени напряжения	плавная	
Напряжение холостого хода, В	85	
Потребляемая мощность, Вт	100% ED	не выше 10 Вт
Коэффициент мощности	100% ED	0,60
КПД при макс. токе	80 %	
Штучные электроды, мм	диаметр	1,5...3,25
Габаритные размер, мм	дл. × шир. × выс	320 × 123 × 265
Масса без сетевого кабеля, кг	4,0	
Масса с сетевым кабелем, кг	4,6	

Наименование параметров	Значения параметров
Температурный класс	B (130° C)
Диапазон рабочей температуры, ° C	- 20...+ 40° C
Диапазон температур хранения, ° C	- 40...+ 60° C
Класс защиты	IP 23S

8 Расчет параметров режимов сварки

Расчет параметров режимов сварки производится по учебному пособию [25].

Расчёт режима автоматической сварки под флюсом двустороннего шва стыкового бескосого соединения обечаек и кромок листов между собой С29 ГОСТ 8713-79 [8] (шов № 1).

Исходные данные:

- материал – сталь Ст.3сп5;
- сварочная проволока – Св-08А по ГОСТ 2246-70 [10];
- флюс – АН-348-А по ГОСТ 9087-81 [11];
- толщина металла – 8 мм ($S_1 = S$);
- род тока – постоянный;
- полярность подключения тока – обратная;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 8713-79 [8].

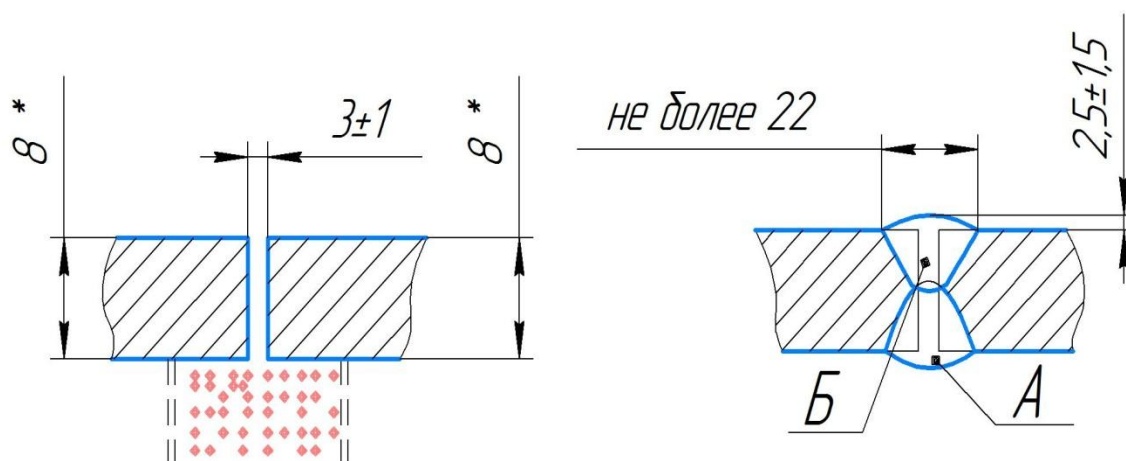


Рисунок 17 – Эскизы шва соединения С29. Основные характеристики

Требуемая глубина проплавления (h_1) от сварки шва с одной стороны определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{S}{2} + (2...3), \quad (8.1)$$

где h_1 – требуемая глубина проплавления, мм;

S – толщина металла, мм.

$$h_1 = \frac{8}{2} + (2...3) = 6...7 \text{ мм}$$

Принимаем $h_1 = 6 \text{ мм}$

Ориентировочная величина тока определяется по формуле:

$$I_{св} = (80... 100) \cdot h_1, \quad (8.2)$$

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

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

Принимаем $I_{св} = 500 \text{ А}$

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле:

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}, \quad (8.3)$$

где $d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм;

j – допускаемая плотность тока ($j = 40 \text{ А/мм}^2$), А/мм².

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{500}{40}} = 3,99 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эл} = 4 \text{ мм}$

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 4 мм по формуле:

$$V_{св} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{I_{св}}, \quad (8.4)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч.

$$V_{св} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{500} = 32..40 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 32 \text{ м/ч} = 1 \text{ см/с}$

Для расчетов принимаем напряжение дуги $U_d = 33 \text{ В}$

Определяем коэффициент формы провара по формуле:

$$\Psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (8.5)$$

где $\Psi_{пр}$ – скорость сварки, м/ч.

Значение коэффициента K^I определяется формуле:

$$K^I = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot \left(\frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d_{эл}^2} \right)^{0,1925}, \quad (8.6)$$

$$K^I = 0,367 \cdot \left(\frac{500 \cdot 4}{3,14 \cdot 4^2} \right)^{0,1925} = 0,745$$

Подставляем значения в формулу 8.5.

$$\Psi_{\text{пр}} = 0,745 \cdot (19 - 0,01 \cdot 500) \cdot \frac{4 \cdot 33}{500} = 2,75$$

Определяем погонную энергию по формуле:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{д}}}{V_{\text{св}}}, \quad (8.7)$$

где $q_{\text{п}}$ – погонная энергия, Дж/см;

$\eta_{\text{д}}$ – эффективный КПД дуги, для сварки под флюсом $\eta_{\text{д}} = 0,8 \dots 0,95$.

$$q_{\text{п}} = \frac{500 \cdot 33 \cdot 0,9}{0,89} = 16685,39 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле:

$$h = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\Psi_{\text{пр}}}}, \quad (8.8)$$

где h – фактическая глубина проплавления, мм.

$$h = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{16685,39}{2,75}} = 5,9 \text{ мм}$$

– ширину шва по формуле:

$$e = \Psi_{\text{пр}} \cdot h, \quad (8.9)$$

где e – ширина шва, мм.

$$e = 2,75 \cdot 5,9 = 16,23 \text{ мм}$$

Принимаем $e = 17 \text{ мм}$

– высоту валика по формуле:

$$C = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{\text{св}} \cdot 0,73 \cdot e}, \quad (8.10)$$

где C – высота валика, мм

γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки металла определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot \left(1 - \frac{\Psi}{100} \right), \quad (8.11)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки металла, г/А · с;

Ψ – потери электродного металла, %. Принимаем $\Psi = 10\%$;

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

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}) \cdot 10^{-4}, \text{ г/А} \cdot \text{с}, \quad (8.12)$$

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot \frac{500}{4}) \cdot 10^{-4} = 0,00358 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

Подставляем значения в формулу 8.11.

$$\alpha_H = 0,00358 \cdot (1 - \frac{10}{100}) = 32,2 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 11,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Подставляем значения в формулу 8.10.

$$c = \frac{11,6 \cdot 500}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,89 \cdot 0,73 \cdot 16,23} = 0,196 \text{ см} = 2 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$

– общую высоту шва по формуле:

$$H = h + c, \quad (8.13)$$

где H – общая высота шва, мм.

$$H = 5,9 + 2 = 7,9 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле:

$$V_{п пр} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma}, \quad (8.14)$$

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

$$V_{п пр} = \frac{4 \cdot 11,6 \cdot 500}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 7,8} = 59 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{п пр} = 60 \text{ м/ч}$

Выбор режима сварки обратной стороны шва.

Так как режим сварки первого шва обеспечивает фактическую глубину провара, удовлетворяющую поставленному требованию по достижению сплошности провара ($h_1 > S/2$), ширину шва ($e = 17 \text{ мм}$) и высоту валика ($c = 2$

мм), соответствующие допустимым пределам соединения С29 ГОСТ 8713-79 [10], значения коэффициента формы провара ($\psi_{np} = 2,75$), соответствующие для хорошо сформированных швов, режим сварки с обратной стороны шва принимается аналогичным режиму сварки первого шва:

- $d_{эл} = 4$ мм;
- $U_{\partial} = 33$ В;
- $I_{св} = 500$ А;
- $V_{св} = 32$ м/ч;
- $V_{н. np} = 60$ м/ч.

Рассчитанные режимы сварки рекомендуется применять для соединения обечаек автоматической сваркой под флюсом продольными швами и для соединения обечаек между собой.

2 Расчет параметров режима полуавтоматической сварки (подварочный шов А, сварки днища с обечайкой № 2) Т4 ГОСТ 11533-75 [12].

Исходные данные:

- материал – сталь Ст.3сп5;
- сварочная проволока – Св-08ГА по ГОСТ 2246-70 [10];
- газ - CO_2 ГОСТ 8050-85 [9];
- толщина металла – 8 мм ($S_1=S$);
- род тока – постоянный;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 11533-75 [12].

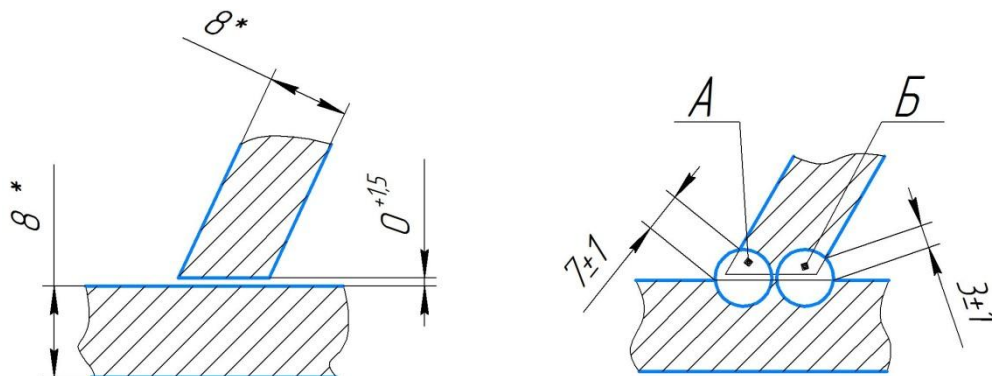


Рисунок 18 - Эскизы шва соединения Т4. Основные характеристики

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа назначаем проволоку диаметром $d_{эл}=1,6$ мм.

Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра проволоки:

$I_{св} = 150...400$ А. Принимаем $I_{св} = 300$ А

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 1,6 мм по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad (8.15)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла, за данный проход, определяется по формуле:

$$F_n = \frac{K^2}{2 \cdot K_y}, \quad (8.16)$$

где F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

K – катет углового шва, мм;

K_y – коэффициент усиления.

$$F_n = \frac{49}{2 \cdot 1,25} = 19,6 \text{ мм}^2$$

Определяем величину напряжения по формуле:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (8.17)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 300 = 31,9 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 31$ В

Определяем коэффициент провара по формуле 8.5.

$$\Psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 300) \cdot \frac{1,6 \cdot 31}{300} = 2,43$$

Определяем погонную энергию по формуле 8.7.

$$q_{п} = \frac{300 \cdot 31 \cdot 0,95}{0,83} = 10644,57 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле:

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\Psi_{\text{пр}}}}, \quad (8.18)$$

где h – фактическая глубина проплавления, мм.

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{10644,57}{2,43}} = 5,3 \text{ мм}$$

По ГОСТ 11533-75 [12] ширина шва относится к нерасчетным размерам и устанавливается при проектировании.

Принимаем $e = 7$ мм

– высоту заполнения разделки углового бескосого соединения по формуле:

$$C = \frac{F_{\text{н}}}{0,73 \cdot e}, \quad (8.19)$$

где C – высота заполнения разделки, мм.

$$C = \frac{19,6}{0,73 \cdot 7} = 3,83 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 4$ мм

– общую высоту шва по формуле 8.13.

$$H = 5,3 + 4 = 9,3 \text{ мм}$$

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки, по формуле 8.12.

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

Определяем коэффициент наплавки металла по формуле 8.11.

$$\alpha_{\text{н}} = 0,004955 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 44,59 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 16,05 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Подставляем значения в формулу 8.15.

$$V_{\text{св}} = \frac{16,05 \cdot 300}{0,196 \cdot 7,8 \cdot 100} = 31,49 \text{ м/ч}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле 8.14.

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

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле:

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{e}{H}, \quad (8.20)$$

где $\Psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара.

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{7}{9,3} = 0,75 < 2,0$$

Определяем вылет электродной проволоки по формуле:

$$L_{\text{пров}} = 10 \cdot d_{\text{эл}}, \quad (8.21)$$

где $L_{\text{пров}}$ – вылет электродной проволоки, мм.

$$L_{\text{пров}} = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм}$$

Принимаем $L_{\text{пров}} = 15 \dots 25 \text{ мм}$

Принимаем расход газа равным $18 \dots 20 \text{ л/мин.}$

3 Расчет параметров режима автоматической сварки (наружный шов В, сварки днища с обечайкой №2) Т4 ГОСТ 11533-75 [12].

Исходные данные:

- материал – сталь Ст.3сп5;
- сварочная проволока – Св-08А по ГОСТ 2246-70 [10];
- флюс – АН 348А ГОСТ 9087-81 [11];
- толщина металла – 8 мм ($S_1=S$);
- род тока – постоянный;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 11533-75 [12].

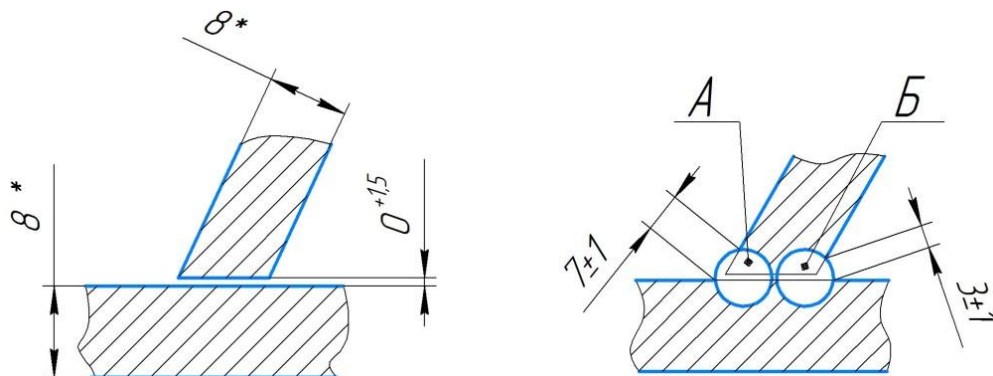


Рисунок 19 – Эскизы шва соединения Т4. Основные характеристики

Требуемая глубина проплавления от сварки шва с одной стороны определяется по формуле 8.1.

$$h_1 = \frac{3}{2} + (2 \dots 3) = 3,5 \dots 4,5 \text{ мм}$$

Принимаем $h_1 = 3,5 \text{ мм}$

Ориентировочная величина тока определяется по формуле 8.2.

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot 3,5 = 280 \dots 350 \text{ А}$$

Принимаем $I_{св} = 280 \text{ А}$

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле 8.3.

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{280}{65}} = 2,2 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эл} = 2 \text{ мм}$

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 2 мм по формуле:

$$V_{св} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{I_{св}}, \quad (8.22)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч.

$$V_{св} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{280} = 28 \dots 42 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 40 \text{ м/ч} = 1,11 \text{ см/с}$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход определяется по формуле 8.16.

$$F_H = \frac{49}{2 \cdot 1,25} = 19,6 \text{ мм}^2$$

Для расчетов принимаем напряжение дуги $U_d = 29 \text{ В}$

Определяем коэффициент по формуле 8.6.

$$K^I = 0,367 \cdot \left(\frac{280 \cdot 4}{3,14 \cdot 2^2} \right)^{0,1925} = 0,87$$

Определяем коэффициент формы провара по формуле 8.5.

$$\Psi_{пр} = 0,87 \cdot (19 - 0,01 \cdot 280) \cdot \frac{4 \cdot 29}{280} = 5,83$$

Определяем погонную энергию по формуле 8.7.

$$q_{\text{п}} = \frac{280 \cdot 29 \cdot 0,95}{1,11} = 6949,54 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле 8.8.

$$h = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{6949,54}{5,83}} = 0,27 \text{ см} = 2,7 \text{ мм}$$

По ГОСТ 11533-75 [12] ширина шва относится к нерасчетным размерам и устанавливается при проектировании.

Принимаем $e = 7 \text{ мм}$.

– высоту валика по формуле 8.19.

$$c = \frac{19,6}{0,73 \cdot 7} = 3,83 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 4 \text{ мм}$

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки, по формуле 8.12.

$$\alpha_{\text{р}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{280}{2} \right) \cdot 10^{-4} = 0,00391 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

Определяем коэффициент наплавки металла по формуле 8.11.

$$\alpha_{\text{н}} = 0,00391 \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 35,19 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 12,66 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

– общую высоту шва по формуле 8.13.

$$H = 2,7 + 4 = 6,7 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле 8.14.

$$V_{\text{п пр}} = \frac{4 \cdot 12,66 \cdot 280}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 144,73 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{\text{п пр}} = 145 \text{ м/ч}$

4 Расчет параметров режима полуавтоматической сварки (подварочный шов А, сварки днища с заглушкой № 3) У2 ГОСТ 11533-75 [12].

Исходные данные:

– материал – сталь Ст.3сп5;

– сварочная проволока – Св-08ГА ГОСТ 2246-70 [10];

- газ – CO_2 ГОСТ 8050-85 [9];
- толщина металла – 8 мм ($S_1=S$);
- род тока – постоянный;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 11533-75 [12].

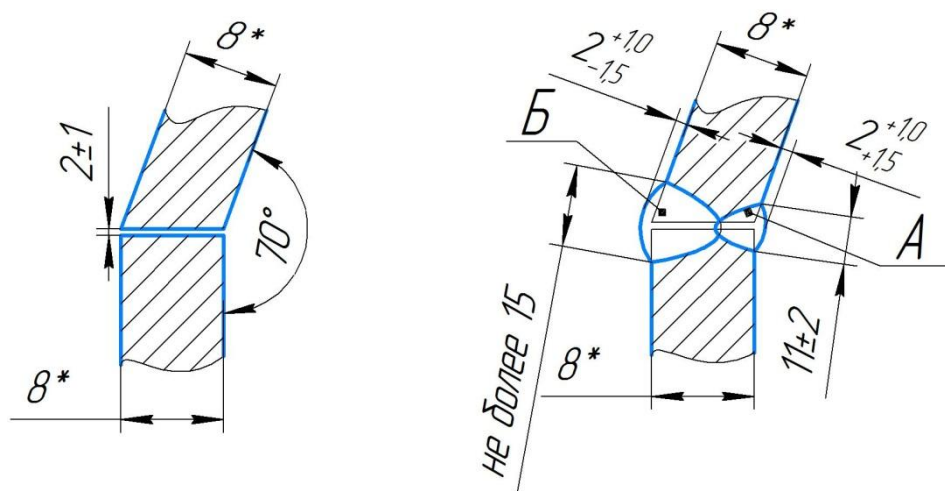


Рисунок 20 – Эскизы шва соединения У2. Основные характеристики

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа назначаем проволоку диаметром $d_{эл}=1,6$ мм.

Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра проволоки:

$I_{св} = 150...400$ А. Принимаем $I_{св} = 300$ А.

Определяем площадь поперечного сечения наплавленного металла, за данный проход по формуле 8.16.

$$F_n = \frac{49}{2 \cdot 1,25} = 19,6 \text{ мм}^2$$

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки, по формуле 8.12.

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

Определяем коэффициент наплавки металла по формуле 8.11.

$$\alpha_n = 0,004955 \cdot (1 - \frac{10}{100}) = 44,59 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 16,05 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 1,6 мм по формуле 8.15.

$$V_{св} = \frac{16,05 \cdot 300}{0,196 \cdot 7,8 \cdot 100} = 31,49 \text{ м/ч}$$

Определяем величину напряжения по формуле 8.17.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 300 = 31,9 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 31 \text{ В}$

K^I – коэффициент, который для постоянного тока обратной полярности при плотности тока равным или более 120 А/мм^2 равен 0,92.

Определяем коэффициент формы провара по формуле 8.5.

$$\Psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 300) \cdot \frac{1,6 \cdot 31}{300} = 2,43$$

Определяем погонную энергию по формуле 8.7.

$$q_{п} = \frac{300 \cdot 31 \cdot 0,95}{0,83} = 10644,57 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле 8.18.

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{10644,57}{2,43}} = 5,3 \text{ мм}$$

- По ГОСТ 11533-75 [12] ширина шва относится к нерасчетным размерам и устанавливается при проектировании.

Принимаем $e = 13 \text{ мм}$

– высота заполнения разделки углового бескосого соединения по формуле 8.19.

$$c = \frac{19,6}{0,73 \cdot 13} = 2,06 \text{ мм}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$

– общую высоту шва по формуле 8.13.

$$H = 5,3 + 2 = 7,3 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле 8.14.

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

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле 8.20.

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{13}{7,3} = 1,78 < 2,0$$

Определяем вылет электродной проволоки по формуле 8.21.

$$L_{\text{пров}} = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм}$$

Принимаем $L_{\text{пров}} = 15 \dots 25 \text{ мм}$

Назначаем расход защитного газа. Недостаток расхода защитного газа определяется по цветам побежалости от окисления на сварном шве и околошовной зоне. Принимаем 18...20 л/мин.

5. Расчет параметров режима автоматической сварки (наружный шов В, сварки днища с заглушкой № 3) У2 ГОСТ 11533-75 [12].

Исходные данные:

- материал – сталь Ст.3сп5;
- сварочная проволока – Св-08А по ГОСТ 2246-70 [10];
- флюс – АН 348А ГОСТ 9087-81 [11];
- толщина металла – 8 мм ($S_1=S$);
- род тока – постоянный;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 11533-75 [12].

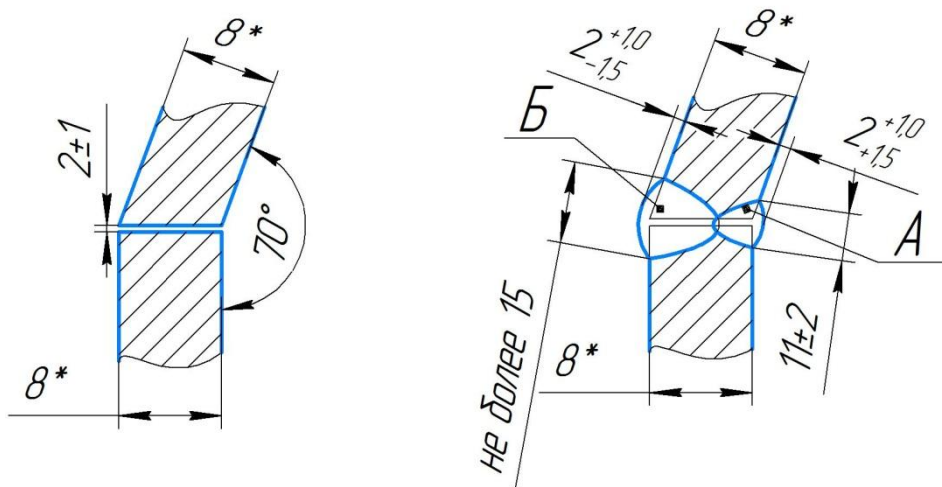


Рисунок 21 – Эскизы шва соединения У2. Основные характеристики

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ

Лист
62

Требуемая глубина проплавления от сварки шва с одной стороны определяется по формуле 8.1.

$$h_1 = \frac{3}{2} + (2 \dots 3) = 3,5 \dots 4,5 \text{ мм}$$

Принимаем $h_1 = 3,5 \text{ мм}$

Ориентировочная величина тока определяется по формуле 8.2.

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot 3,5 = 280 \dots 350 \text{ А}$$

Принимаем $I_{св} = 280 \text{ А}$

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле 8.3.

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{280}{65}} = 2,2 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эл} = 2 \text{ мм}$

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 2 мм по формуле 8.22.

$$V_{св} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{280} = 28 \dots 42 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 40 \text{ м/ч} = 1,11 \text{ см/с}$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход определяется по формуле 8.16.

$$F_H = \frac{49}{2 \cdot 1,25} = 19,6 \text{ мм}^2$$

Для расчетов принимаем напряжение дуги $U_0 = 29 \text{ В}$

Определяем коэффициент по формуле 8.6.

$$K^I = 0,367 \cdot \left(\frac{280 \cdot 4}{3,14 \cdot 2^2} \right)^{0,1925} = 0,87$$

Определяем коэффициент формы провара по формуле 8.5.

$$\Psi_{пр} = 0,87 \cdot (19 - 0,01 \cdot 280) \cdot \frac{4 \cdot 29}{280} = 5,83$$

Определяем погонную энергию по формуле 8.7.

$$q_{п} = \frac{280 \cdot 29 \cdot 0,95}{1,11} = 6949,54 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле 8.8.

$$h = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{6949,54}{5,83}} = 0,27 \text{ см} = 2,7 \text{ мм}$$

– По ГОСТ 11533-75 [12] ширина шва относится к нерасчетным размерам и устанавливается при проектировании.

Принимаем $e = 15 \text{ мм}$

– высоту валика по формуле 8.19.

$$c = \frac{F_H}{0,73 \cdot e},$$

$$c = \frac{19,6}{0,73 \cdot 15} = 1,78 \text{ мм.}$$

Принимаем $c = 2 \text{ мм}$

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки, по формуле 8.12.

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot \frac{280}{2}) \cdot 10^{-4} = 0,00391 \text{ г/А} \cdot \text{с}$$

Определяем коэффициент наплавки металла по формуле 8.11.

$$\alpha_n = 0,00391 \cdot (1 - \frac{10}{100}) = 35,19 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 12,66 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

– общую высоту шва по формуле 8.13.

$$H = 2,7 + 2 = 4,7 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле 8.14.

$$V_{п пр} = \frac{4 \cdot 12,66 \cdot 280}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 144,73 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{п пр} = 145 \text{ м/ч}$

6 Расчёт режимов механизированной сварки в среде защитного газа (сварка горловин Ду 700 и Ду 800 с цилиндрической частью конструкции, шов № 4, № 5) Т7 ГОСТ 14771-76 [13].

Исходные данные:

- материал – сталь Ст.3сп5;
- сварочная проволока – Св-08ГА по ГОСТ 2246-70 [10];
- газ - CO₂ ГОСТ 8050-85[9];

- толщина металла – 8 мм ($S_1=S$);
- род тока – постоянный;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 11771-76 [13].

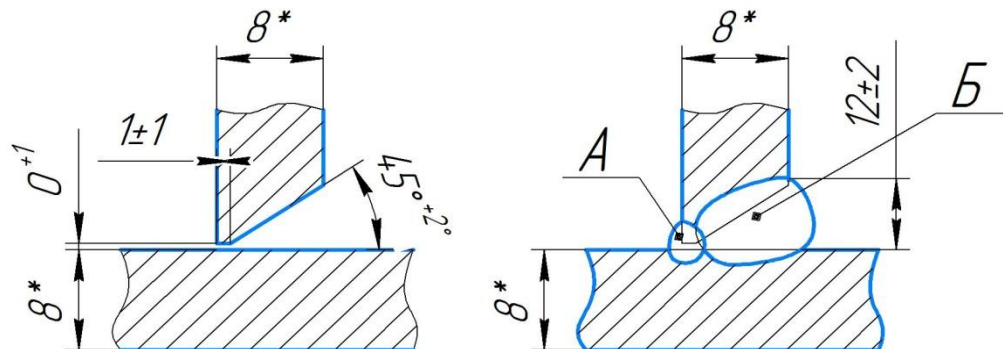


Рисунок 22 - Эскизы шва соединения Т7. Основные характеристики

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа назначаем проволоку диаметром $d_{эл}=1,6$ мм.

Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра проволоки:

$I_{св} = 150...400$ А. Принимаем $I_{св} = 300$ А

Определяем площадь поперечного сечения наплавленного металла, за данный проход по формуле 8.16.

$$F_H = \frac{64}{2 \cdot 1,25} = 40 \text{ мм}^2$$

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки, по формуле 8.12.

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

Определяем коэффициент наплавки металла по формуле 8.11.

$$\alpha_H = 0,004955 \cdot (1 - \frac{10}{100}) = 44,59 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с} = 16,05 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Определяет скорость сварки при использовании электродной проволоки диаметром 1,6 мм по формуле 8.15.

$$V_{св} = \frac{16,05 \cdot 300}{0,4 \cdot 7,8 \cdot 100} = 15,4 \text{ м/ч}$$

Определяем величину напряжения по формуле 8.17.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 300 = 31,9 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 32 \text{ В}$

K^I – коэффициент, который для постоянного тока обратной полярности при плотности тока равным или более 120 А/мм^2 равен 0,92.

Определяем коэффициент формы провара по формуле 8.5.

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

Определяем погонную энергию по формуле 8.7.

$$q_{п} = \frac{300 \cdot 32 \cdot 0,8}{0,43} = 17860 \text{ Дж/см}$$

Определяем основные размеры шва:

– фактическую глубину проплавления по формуле 8.18.

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{17860}{2,5}} = 6,8 \text{ мм}$$

– ширину шва по формуле:

$$e = \sqrt{2 \cdot K^2}, \quad (8.23)$$

$$e = \sqrt{2 \cdot 64} = 11,3 \text{ мм}$$

– высоту заполнения разделки по формуле 8.19.

$$c = \frac{40}{0,73 \cdot 17} = 3,2 \text{ мм}$$

– общую высоту шва по формуле 8.13.

$$H = 6,8 + 3,2 = 10,0 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи сварочной проволоки по формуле 8.14.

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

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле 8.20.

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{11,3}{10} = 1,1 < 2,0$$

;

Определяем вылет электродной проволоки по формуле 8.21.

$$L_{\text{пров}} = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм}$$

Принимаем $L_{\text{пров}} = 15 \dots 25 \text{ мм}$

Назначаем расход защитного газа. Недостаток расхода защитного газа определяется по цветам побежалости от окисления на сварном шве и околошовной зоне. Принимаем 18...20 л/мин.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9 Контроль качества сварных соединений

Контроль качества сварочных работ начинается еще до сварки изделия. При этом проверяют качество сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и т. д.), основного металла заготовок, поступающих на сборку, состояние сварочной аппаратуры и качество сборки, а также квалификацию сварщиков. Данные мероприятия являются предварительным контролем [5].

В ходе сварки проверяют внешний вид шва, его геометрические размеры, осуществляют постоянное наблюдение за исправностью сварочной аппаратуры, наблюдают за соблюдением технологического процесса. Данные операции составляют текущий контроль.

На заключительном этапе проходит проверка качества сварки в готовом изделии. Для этой цели существуют следующие виды контроля: внешний осмотр и обмер сварных соединений, испытание на плотность, просвечивание рентгеновскими или гамма-лучами, контроль ультразвуком, магнитные методы контроля, люминесцентный метод контроля, металлографические исследования, механические испытания.

Вид контроля качества готового изделия выбирают в зависимости от назначения изделия и требований в соответствии с ПБ 03-584-03 [2].

Контроль качества основного металла. Качество основного металла должно соответствовать требованиям сертификата, который посылают заводы-поставщики вместе с партией металла. В нем указывают наименование завода-изготовителя, марку и химический состав стали, номер плавки, профиль и размер материала, массу металла и номер партии, результаты всех испытаний, предусмотренных стандартом. При отсутствии сертификата, металл запускают в производство лишь после тщательной проверки: необходимо произвести наружный осмотр, пробу на свариваемость, установить механические свойства и химический состав металла.

При наружном осмотре металла проверяют отсутствие на металле окалины, трещин, ржавчины, расслоения и прочих дефектов. Предварительная проверка металла с целью обнаружения дефектов поверхности является необходимой и обязательной, поскольку она предупреждает применение некачественного металла для сварки изделия.

Механические свойства основного металла определяют путем испытания стандартных образцов на прессах и копрах.

Контроль качества сварочной проволоки. ГОСТ 2246-70 [10] на стальную сварочную проволоку и на проволоку стальную наплавочную устанавливают: марку и диаметры сварочной проволоки, химический состав, правила приемки и методы испытания, требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению.

Таблица 13 – Контроль качества сварных соединений

Номер сварного шва		1	2	3	4	5
Обозначение сварного шва		C29- Афф ГОСТ 8713-79	T4 ГОСТ 11553- 75	У2 ГОСТ 11553- 75	T7 ГОСТ 14771- 76	T7 ГОСТ 14771- 76
Виды контроля	Визуальный и измерительный контроль Объем 100%	+	+	+	+	+
	Радиографический контроль (РГ) или ультразвуковой контроль Объем 25%	+	+	+	+	+
	Гидравлическое испытание	+	+	+	+	+
	Механические испытания	+	-	-	-	-

Перед поступлением заготовок на сборку проверяют: чистоту поверхности металла, габаритные размеры заготовок, качество подготовки кромок, углы скоса кромок.

10 Проектирование средств технологического оснащения

В данном проекте предложено использовать для сварки углового шва днища с корпусом обечайки, с целью увеличения производительности, следующее вспомогательное оборудование:

- Манипулятор УСМ-500;
- Сварочная колонна ПК-3.

На рисунке 23 изображен двухстоечный манипулятор, состоящий из основания 1, двух стоек 2, поворотной рамы 3, на которой находится планшайба 4 с приводом вращения 6, и привода наклона поворотной рамы 5, размещенного на одной из стоек. Вращение планшайбы и поворот рамы возможны в любую сторону на 360° . Управление обоими приводами - дистанционное с помощью переносного пульта. Преимущество двухстоечных манипуляторов - большие допустимые моменты наклона относительно опорной плоскости.

Благодаря смещению этой плоскости от оси наклона, центр тяжести изделия располагается близко к оси и изделие частично уравновешено массой рамы. Кроме того, при наклоне изделие поворачивается почти на одном месте, что значительно облегчает обслуживание.

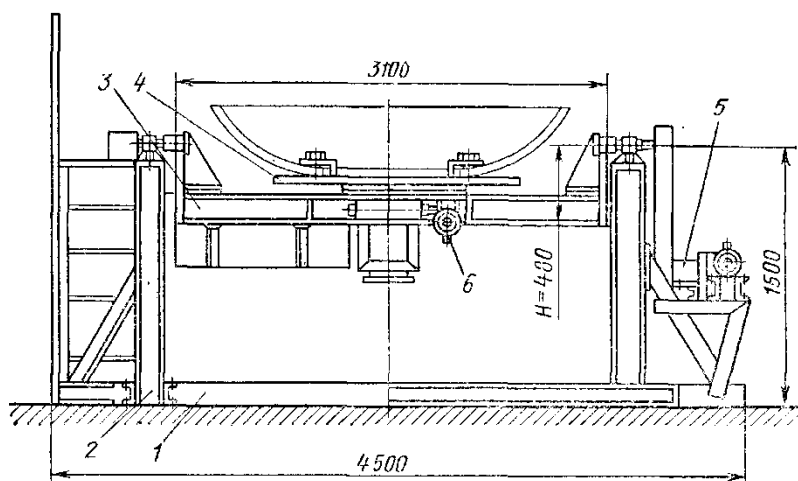


Рисунок 23 – Двухстоечный манипулятор

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ

Лист
70

Недостатком двухстоечных манипуляторов является уменьшение диапазона свариваемых изделий, располагаемых между стойками манипулятора. Большинство конструкций манипуляторов с маршевыми скоростями (позиционеров) представляют собой фактически упрощенные модификации соответствующих моделей манипуляторов со сварочными скоростями, в которых привод со сварочной скоростью заменен приводом с постоянной маршевой (установочной) скоростью. Для этого в манипуляторах с электроприводом вместо электродвигателя постоянного тока устанавливают обычный асинхронный электродвигатель, и, следовательно, отпадает необходимость в сложной системе питания электродвигателя и контроля скорости (тахогенератор и передача к нему).

Подобрать манипулятор M_2 для изделия массой $G = 800$ кг, при смещении центра тяжести от оси вращения $A = 200$ мм и высоте расположения центра тяжести $H' = 1000$ мм.

Находим момент по формуле:

$$M_2 = G \cdot H', \quad (10.1)$$

$$M_2 = 800 \cdot 1 = 800 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

По весу и моменту относительно оси вращения подбираем манипулятор УСМ-500 грузоподъемностью 5000 кг.

Находим момент относительно опорной поверхности. Изделие закреплено в промежуточном приспособлении - патроне, имеющем высоту 150 мм.

Находим относительно опорной поверхности по формуле:

$$M_1 = G (H' + k), \quad (10.2)$$

$$M_1 = 800 (1 + 0,15) = 920 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Вывод: Манипулятор УСМ-500 имеет допустимый момент относительно опорной плоскости.

УСМ-500, т.е. пригоден для сварки заданных изделий. Учитывая значительное превышение допустимого момента УСМ-500 над

действительным, проверку на совместное действие моментов относительно осей не производим.

Таблица 14 – Технические характеристики манипулятора УСМ-500

Параметры	Значения
Грузоподъемность, кг	5000,0
Допускаемый момент, Н·м (кгс·м) Относительно опорной плоскости планшайбы на оси вращения план шайбы	10000 (1000) 3500 (350)
Номинальный размер свариваемых изделий, мм	3500 × 3500 ×1500
Наибольший угол наклона планшайбы, град	135
Частота вращения планшайбы, об/мин	0,0264...0,965
Мощность электродвигателя, кВт привода вращения планшайбы привод наклона стола	2,2 6,4
Габаритные размеры, мм	2820 × 1790 × 1330
Масса, кг	5380,0

Определяем частоту вращения шпинделя, обеспечивающую вращение изделия с необходимой скоростью. Скорость автоматической сварки круговых швов на манипуляторе выражается формулой:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot 60}{1000}, \quad (10.3)$$

где D – диаметр изделия в месте сварки, мм;

n – частота вращения шпинделя манипулятора, определяется по формуле:

$$n = \frac{0,12}{60 \cdot 3,14 \cdot D}, \quad (10.4)$$

$$n = \frac{0,12}{0,06 \cdot 3,14 \cdot 2000} = 0,04 \text{ об/мин}$$

Сварочная колонна ПК-3.

Эти колонны занимают сравнительно небольшую производственную площадь, но могут располагаться у стены цеха, так как при их размещении в середине пролета требуют устройства специальной металлоконструкции для крепления верхнего рельса. Этот способ может быть применен только при проходе мостового крана, колебание колонн будут передавать сварочному аппарату, что снизит качество шва.

Во избежание этого иногда крепление кронштейнов, поддерживающих верхний рельс, к цеховым колоннам осуществляют с помощью резиновых амортизирующих прокладок.

Таблица 15 – Характеристики велосипедной тележки ПК-3

Параметры	Значения
Высота уровня сварки, мм	2200,0...4800,0
Расстояние между осями стойки и электрода, мм	2240,0...2440,0
Наибольшая длина свариваемых швов, мм	2500,0
Угол поворота стойки с консолью, град	270
Масса, кг	4500,0

Роликовый стенд Т-30М предназначен для вращения цилиндрических изделий с центром тяжести, расположенным на оси вращения. Стенд Т-30М для изделий весом до 12 тонн и диаметром 300 – 4000 мм. Стенд состоит из пяти приводных роликоопор, пяти холостых перекидных роликоопор с рычагами и фиксаторами, привода типа Р-994. Приводные ролики соединены продольными валами и муфтами и вместе с холостыми опорами смонтированы на раме. Одна из приводных роликоопор смонтирована совместно с червячным редуктором, через который передаётся вращение от привода. Остальные приводные роликоопоры - безредукторные. Расстояние между роликоопорами выбирается в зависимости от длины и диаметра изделия и в соответствии с этим определяются длина соединительных валов и размеры монтажной рамы.

Действительная радиальная нагрузка на опору определяется по формуле:

$$R = \frac{G}{N \cdot \cos/2}, \quad (10.5)$$

где R – радиальная нагрузка на одну опору, кгс;

G – вес изделия, т;

N – число роликоопор станда.

$$R = \frac{5268}{4 \cdot \cos 30} = 1220 \text{ кг}$$

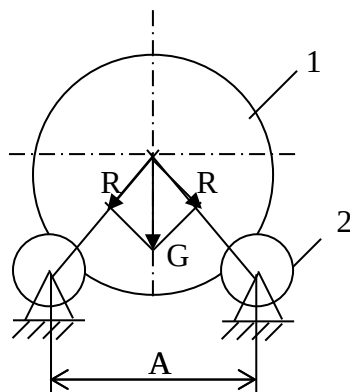


Рисунок 24 – Схема распределения нагрузок в роликовом станде:
1 – изделие; 2 – роликоопора.

Таблица 16 – Технические данные роликового станда Т-30М

Параметры	Значения
Грузоподъёмность, т	12,0
Допустимая нагрузка на одну роликовую опору, кгс	1300,0
Скорость вращения изделий: при сварке, м/час маршевая	12,0...90,0 80,0
Диаметр, мм свариваемых изделий роликов	300,0...4000,0 400,0
Мощность электродвигателей привода, кВт: сварочной скорости маршевой скорости	0,85 3,2
Габаритные размеры станда, мм	4100 × 2100 × 610

Вывод: Выбранные средства технологического оснащения удовлетворяют заданным требованиям для производства конструкции емкостного аппарата.

Заключение

В соответствии с исходными данными – чертежом конструкции, техническими требованиями к сварной конструкции, программой выпуска проведена работа по проектированию геометрических размеров и формы ёмкостного аппарата из стали Ст.3сп5 и требований по надёжности и сроку службы конструкции подобраны основные материалы для сварки; для обеспечения равнопрочности сварных швов с основным материалом подобраны соответствующие сварочные материалы, выбраны способы получения неразъёмного соединения, и оборудование, необходимое для сварки конструкции; рассчитаны режимы сварки, произведена оценка механических свойств сварных соединений, приведены сведения о методах контроля сварных соединений.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список используемых источников

1. **Система стандартов безопасности труда** [Текст]: ГОСТ 12.1-007-76. Введ. 1977-01-01. - М.: Изд-во «Стандартинформ», 1977. - I, 7 с.
2. **Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов** [Текст]: ПБ 03-584-03. Введ. 2003-10-06. - М.: Изд-во «Полимедиа», 2003. - IV, 102 с.: ил.
3. **Сосуды и аппараты. Ряды диаметров** [Текст]: ГОСТ 9617-76. - Введ. 1978-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1978. - I, 3 с.
4. **Днища конические** [Текст]: ГОСТ 12620-78. - Введ. 1979-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1979. - I, 10 с.
5. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность** [Текст]: ГОСТ 14249-89. - Введ. 1990-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - I, 57 с.: ил.
6. **Сосуды и аппараты стальные сварные** [Текст]: ГОСТ 34347-2017. - Введ. 2018-08-01. - М.: Изд-во «Стандартинформ», 2018. - III, 104 с.: ил.
7. **Прокат листовой горячекатаный** [Текст]: ГОСТ 19903-2015. - Введ. 1978-01-01. - М.: Изд-во «Стандартинформ», 1978. - III, 15 с.: ил.
8. **Сварка под флюсом. Соединения сварные** [Текст]: ГОСТ 8713-79. - Введ. 1981-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - I, 69 с.: ил.
9. **Двуокись углерода. Газообразная и жидкая** [Текст]: ГОСТ 8050-85. - Введ. 2016-09-01. - М.: Изд-во стандартов, 2016. - I, 15 с.: ил.
10. **Проволока стальная сварочная** [Текст]: ГОСТ 2246-70. - Введ. 1973-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1973. - I, 30 с.
11. **Флюсы сварочные плавленные** [Текст]: ГОСТ 9087-81. - Введ. 1982-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - I, 11 с.
12. **Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом** [Текст]: ГОСТ 11533-75. - Введ. 1977-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1977. - I, 39 с.: ил.

13. **Дуговая сварка в защитном газе** [Текст]: ГОСТ 14771-76. - Введ. 1977-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1977. - I, 39 с.: ил.

14. **Александров, А.Р. Источники питания для дуговой сварки** [Текст]: учеб. пособие / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982. - 427 с.: ил.

15. **Никифоров, А.Д. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств** [Текст]: учеб. пособие / А.Д. Никифоров, Ю.В. Поплавский. - М.: Машиностроение, 1979. - 280 с.: ил.

16. **Альперт, Л.З. Основы проектирования химических установок** [Текст]: учеб. пособие / Л.З. Альперт. - М.: Машиностроение, 1989. - 304 с.: ил.

17. **Куркин, С.А. Проектирование сварных конструкций в машиностроении** [Текст]: учеб. пособие / С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1975. - 376 с.: ил.

18. **Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов** [Текст]: учеб. пособие / А.С. Зубченко. - М.: Машиностроение, 2003. - 784 с.: ил.

19. **Николаев, Г.А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций** [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Николаев. - М.: «Высшая школа», 1971. - 760 с.: ил.

20. **Клюев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика** [Текст]: учеб. пособие / В.В. Клюев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.: ил.

21. **Куликов, В.П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки** [Текст]: учеб. пособие / В.П. Куликов. - Мн.: Экоперспектива, 2003. - 415 с.: ил.

22. **Еремин, К.И. Расчет и проектирование металлических конструкций** [Текст]: учеб. пособие / К.И. Еремин, С.А. Нищета. – Магнитогорск: МГТУ, 2000. - 224 с.: ил.

23. **Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением** [Текст]: учеб. пособие / А.И. Акулов. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.: ил.

24. **Усатый, С.Г. Проектирование сварных конструкций** [Текст]: учеб. пособие / С.Г. Усатый. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2010, - 132 с.

25. **Розен, А.Е. Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учеб. пособие / под ред. д-ра техн. Наук, проф. А.Е. Розена. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2010, - 276 с.

26. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2666917 Рос. Федерация: МПК *F16L 58/12, C23F 13/00, C08L 95/00* / Петров Н.Н.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Делан". - № 2017122742; заявл. 28.06.2017; опубл. 13.09.2018, Бюл. № 26.

27. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2538131 Рос. Федерация: МПК *C23F 11/04* / Мозюлина О.Ю.; заявитель и патентообладатель Томилин В.П. - № 2013125640/02; заявл. 03.06.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.

28. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2641148 Рос. Федерация: МПК *C09K 8/54, C23F 11/14* / Землянский Лещек.; заявитель и патентообладатель Институт нефти и газа - ПАНСТВОВИ ИНСТИТУТ БАДАВЧИ (PL). - № 2015150552; заявл. 05.05.2014; опубл. 07.06.2017, Бюл. № 16.

29. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2495068 Рос. Федерация: МПК *C09D 5/18, C09D 5/08, C09D 183/04* / Авакян Р.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ЗелТехПрогресс". - № 2012113788/05; заявл. 10.04.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28.

30. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2471840 Дания: *C09D 5/08, C23F 11/14* / Шрёдер Свен; заявитель и патентообладатель МАНКЕВИЧ ГЕБР. & КО ГМБХ & КО.КГ (DE), ЭЙРБАС ОПЕРЕЙШНЗ ГМБХ (DE). - № 2010133620/05; заявл. 15.01.2009; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

31. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2470095 Великобритания: *C23F 13/02, E21B 43/00* / Стефани Даниэль; заявитель и

патентообладатель ХАЙДРОУПАС ХОЛДИНГС ЛИМИТИД (GB). - № 2009136030/02; заявл. 29.02.2008; опубл. 20.12.2012, Бюл. № 35.

32. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2613985 Рос. Федерация: МПК C09D 163/00, C08K 3/34, C08L 63/00 , C09D 5/08 / Полякова С.О.; заявитель и патентообладатель Полякова Светлана Орестовна (RU). - № 2015146822; заявл. 30.10.2015; опубл. 22.03.2017, Бюл. № 9.

33. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2183649 Рос. Федерация: МПК C09D 5/08, C09D 163/02, C09J 163/02, C08L 63/02 / Кравцов В.В.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Нефтемонтаждиагностика». - № 201102375/04; заявл. 29.01.2001; опубл. 20.06.2002, Бюл. № 17.

34. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2626504 Рос. Федерация: МПК E04H 7/06 / Сабиров Н.А., Авренюк А.Н.; заявитель и патентообладатель Публичное акционерное общество «Акционерная нефтяная Компания «Башнефть»» (RU). - № 2016107689; заявл. 03.03.2016; опубл. 28.07.2017 , Бюл. № 22.

35. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2256757 Рос. Федерация: МПК E04H 7/04 / Багдасаров Р.С.; заявитель и патентообладатель Юго-западное акционерное общество трубопроводного транспорта нефтепродуктов. - № 2002123945/03; заявл. 09.09.2002; опубл. 20.07.2005, Бюл. № 8.

36. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2125508 Рос. Федерация: МПК B23P 6/00 / Галеев Р.Г.; заявитель и патентообладатель Научно-производственный отдел защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии и поддержания пластового давления «ЗНОК и ППД». - № 97119541/02; заявл. 18.11.1997; опубл. 27.01.1999, Бюл. № 3.

37. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2595408 Рос. Федерация: МПК F16L 55/175 / Бражников В.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Балтийский федеральный

университет имени Иммануила Канта» (БФУ им. И. Канта). - № 2015114739/06; заявл. 20.04.2015; опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24.

38. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2235940 Рос. Федерация: МПК *F16L 55/168* / Белохвостов Ф.В.; заявитель и патентообладатель Белохвостов Федор Валентинович. - № 2001132703/06; заявл. 03.12.2001; опубл. 10.09.2004, Бюл. № 35.

39. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2105022 Рос. Федерация: МПК *C09K 3/10, F16L 55/175, C09J 5/00* / Гумеров А.Г.; заявитель и патентообладатель Институт проблем транспорта энергоресурсов «ИПТЭР». - № 95116511/04; заявл. 27.09.1995; опубл. 20.02.1998, Бюл. № 12.

40. **Приемопередающее устройство** [Текст]: пат. 2303223 США: МПК *F28D 19/00, B22D 46/00* / Блиссенбах Дитер; заявитель и патентообладатель СПЕЦИАЛИТИ МИНЕРАЛЗ (МИЧИГАН) ИНК.(US). - № 2004137822/02; заявл. 21.05.2003; опубл. 20.07.2007, Бюл. № 27.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УТВЕРЖДАЮ

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ПБ 03-584-03
2	Способ сварки	АФф+АФ
3	Основной материал (марки)	СтЗсп5
4	Основной материал (группа)	1 (M01)
5	Сварочные материалы	Св-08ГА
6	Толщина свариваемых деталей	8
7	Диаметр деталей в зоне сварки	2000
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок
12	Положение при сварке	Н1 – нижнее
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	флюс АН-348А ГОСТ 9087-81, проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

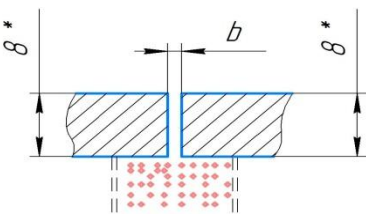
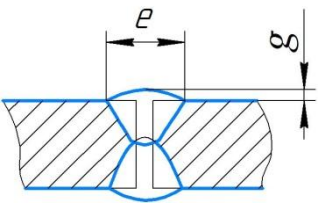
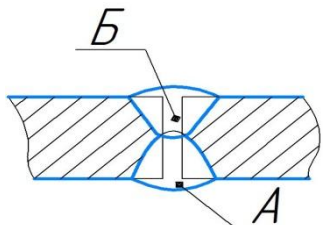
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S=S1	N	b		e		g	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
8	2	3,0	+1 -1	22,0	Не более 22,0	2,5	+1,5 -1,5

Сварочное оборудование (тип): Сварочный трактор А2 Multitrac.

Метод подготовки и очистки: Защитка механическим способом до металлического блеска участков металла от свариваемых кромок на ширину не менее 100 мм с обеих сторон.

Требования к прихватке: Длина каждой прихватки 80–150 мм; расстояние между прихватками 400-500.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюс.

Газ/флюс: флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Сварочная проволока (тип, размер): Св-08ГА ГОСТ 2246-70 диаметром 4 мм.

Детали формирования корня шва: На флюсовой подушке.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			83

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Способ сварки	Диаметр электродной проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	Афф	4,0	по	480-600	32- 34	-	32-40	58-60
Б	Аф	4,0	по	480-600	32- 34	-	32-40	58-60

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.
2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79;	ПБ 03-584-03	100 %
Измерительный	ГОСТ 3242-79;		100 %
Радиографический или ультразвуковой	ГОСТ 7512-82;		25 %
На растяжение	ГОСТ 6996-66, тип XIII		2 обр.
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66, тип XXVII		2 обр.
На ударный изгиб	ГОСТ 6996-66, тип X		2 обр.
Гидравлические испытания	РД 24.200.11 – 90		100 %

Разработал:

(подпись)

/Хренов С.Ю./

(фамилия, имя, отчество)

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ПБ 03-584-03
2	Способ сварки	Апп+УП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп5
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08ГА
6	Толщина свариваемых деталей	8,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	2000,0
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Угловое, Т4 ГОСТ 11533-75
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок.
12	Положение при сварке	Г (горизонтальное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	Апп (флюс АН-348А ГОСТ 9087-81, проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70), УП (СО ₂ ГОСТ 8050-85, Св-08ГА ГОСТ 2246-70).

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

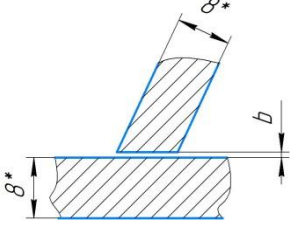
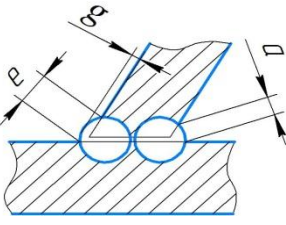
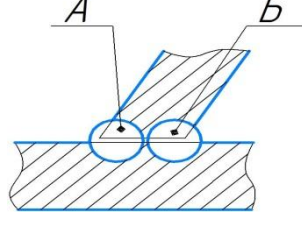
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S=S1	N	b		e		a		g	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
8,0	2	0	+1,5	7,0	+1 -1	3,0	+1 -1	4,0	Не менее 4,0

Сварочное оборудование (тип): Апп (Сварочный трактор А2 Multitrac), УП (Сварочный полуавтомат EWM Wega 401).

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от свариваемых кромок на ширину не менее 100 мм с обеих сторон.

Требования к прихватке: Длина каждой прихватки 80–150 мм; расстояние между прихватками 400–500.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюс, СО₂.

Газ/флюс: Апп (флюс АН-348А ГОСТ 9087-81), УП (СО₂ ГОСТ 8050-85).

Сварочная проволока (тип, размер): Св-08ГА ГОСТ 2246-70 диаметром 2 и 1,6 мм.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					85

Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	УП	1,6	Пост Обр	150-400	31-32	15-25	20-30	-
Б	Апп	2	Пост Обр	280-350	28-29	-	30-40	145

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.
2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику Контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79;	ПБ 03-584-03	100 %
Измерительный	ГОСТ 3242-79;		100 %
Радиографический или ультразвуковой	ГОСТ 7512-82;		25%
На растяжение	ГОСТ 6996-66, тип XIII		Нет
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66, тип XXVII		Нет
На ударный изгиб	ГОСТ 6996-66, тип X		Нет
Гидравлические испытания	РД 24.200.11 – 90		100 %

Разработал:

(подпись)

/Хренов С.Ю./
(фамилия, имя, отчество)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ

Лист
86

УТВЕРЖДАЮ

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№ 3**

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ПБ 03-584-03
2	Способ сварки	Апп+УП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп5
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08ГА
6	Толщина свариваемых деталей	8,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	600,0
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, У2 ГОСТ 11533-75
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок
12	Положение при сварке	Г (горизонтальное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	Апп (флюс АН-348А ГОСТ 9087-81, проволока Св-08ГА ГОСТ 2246-70), УП (СО ₂ ГОСТ 8050-85, Св-08ГА ГОСТ 2246-70).

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

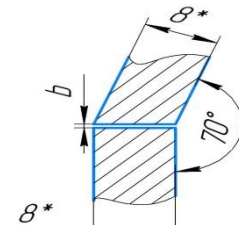
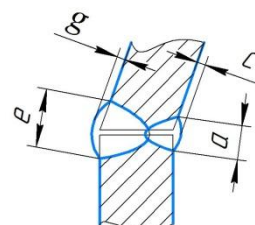
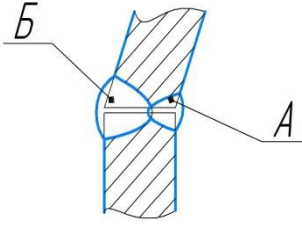
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S=S1	N	b		e		a		g=c	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин	Пред. откл
8,0	2	2	+1,0 -1,0	15,0	Не более 15,0	13,0	Не более 13,0	2,0	+1,0 -1,5

Сварочное оборудование (тип): Апп (Сварочный трактор А2 Multitrac), УП (Сварочный полуавтомат EWM Wega 401).

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от свариваемых кромок на ширину не менее 20 мм с обеих сторон.

Требования к прихватке: Длина каждой прихватки 80–150 мм; расстояние между прихватками 200-300 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюс, СО₂

Газ/флюс: Апп (флюс АН-348А ГОСТ 9087-81), УП (СО₂ ГОСТ 8050-85).

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сварочная проволока (тип, размер): Св-08ГА ГОСТ 2246-70 диаметром 1,6 и 2 мм.

Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	УП	1,6	Пост Обр	150-400	30-31	15-25	20-30	18-20
Б	Апи	2,0	Пост Обр	280-350	29-30	-	30-40	-

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.
2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику Контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79;	ПБ 03-584-03	100 %
Измерительный	ГОСТ 3242-79;		100 %
Радиографический или ультразвуковой	ГОСТ 7512-82;		25%
На растяжение	ГОСТ 6996-66, <i>тип XIII</i>		Нет
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип XXVII</i>		Нет
На ударный изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип X</i>		Нет
Гидравлические испытания	РД 24.200.11 – 90		100 %

Разработал:

(подпись)

/Хренов С.Ю./

(фамилия, имя, отчество)

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ)
№ 4**

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ПБ 03-584-03
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп5
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08ГА
6	Толщина свариваемых деталей	8,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	700,0
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, Т7 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С одним скосом кромки
12	Положение при сварке	Г (горизонтальное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	CO ₂ ГОСТ 8050-85, Св-08ГА ГОСТ 2246-70.

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

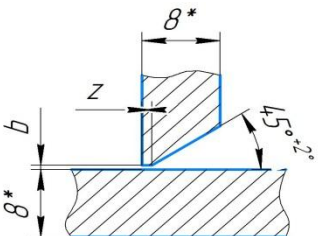
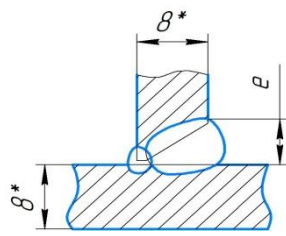
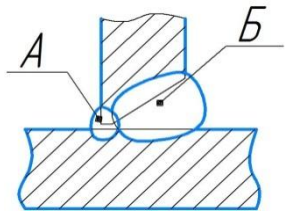
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S=S1	N	b		e		c		z	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
8,0	2	0	+1,0	12,0	+2,0 -2,0	1,0	+1,0 -1,0	1,0	+1,0 -1,0

Сварочное оборудование (тип): Сварочный полуавтомат EWM Wega 401.

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от свариваемых кромок на ширину не менее 20 мм с обеих сторон.

Требования к прихватке: Длина каждой прихватки 80–150 мм; расстояние между прихватками 200-300 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: CO₂

Газ/флюс: CO₂ ГОСТ 8050-85.

Сварочная проволока (тип, размер): Св-08ГА ГОСТ 2246-70 диаметром 1,6.

Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					89

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	УП	1,6	Пост Обр	150-400	30-31	15-25	20-30	18-20
Б	УП	1,6	Пост Обр	150-400	30-31	15-25	20-30	18-20

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.
2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику Контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79;	ПБ 03-584-03	100 %
Измерительный	ГОСТ 3242-79;		100 %
Радиографический или ультразвуковой	ГОСТ 7512-82;		25%
На растяжение	ГОСТ 6996-66, <i>тип XIII</i>		Нет
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип XXVII</i>		Нет
На ударный изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип X</i>		Нет
Гидравлические испытания	РД 24.200.11 – 90		100 %

Разработал:

(подпись)

/Хренов С.Ю./

(фамилия, имя, отчество)

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист 90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

УТВЕРЖДАЮ

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ПБ 03-584-03
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп5
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08ГА
6	Толщина свариваемых деталей	8,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	800,0
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, Т7 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С одним скосом кромки
12	Положение при сварке	Г (горизонтальное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Нет
14	Режимы подогрева	Подогрев отсутствует
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	СО ₂ ГОСТ 8050-85, Св-08ГА ГОСТ 2246-70.

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

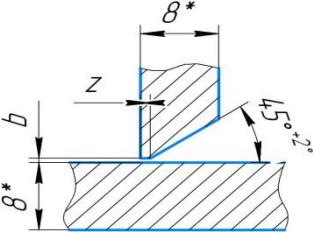
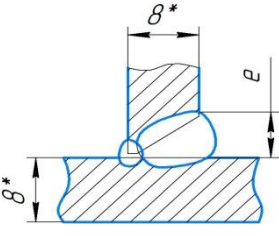
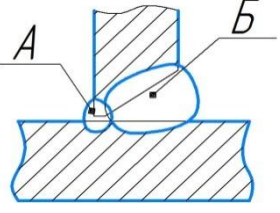
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S=S1	N	b		e		c		z	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
8,0	2	0	+1,0	12,0	+2,0 -2,0	1,0	+1,0 -1,0	1,0	+1,0 -1,0

Сварочное оборудование (тип): Сварочный полуавтомат EWM Wega 401.

Метод подготовки и очистки: Защистка механическим способом до металлического блеска участков металла от свариваемых кромок на ширину не менее 20 мм с обеих сторон.

Требования к прихватке: Длина каждой прихватки 80–150 мм; расстояние между прихватками 200-300 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: СО₂.

Газ/флюс: СО₂ ГОСТ 8050-85.

Сварочная проволока (тип, размер): Св-08ГА ГОСТ 2246-70 диаметром 1,6.

Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	УП	1,6	Пост Обр	150-400	30-31	15-25	20-30	18-20
Б	УП	1,6	Пост Обр	150-400	30-31	15-25	20-30	18-20

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.
2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода производят зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику Контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79;	ПБ 03-584-03	100 %
Измерительный	ГОСТ 3242-79;		100 %
Радиографический или ультразвуковой	ГОСТ 7512-82;		25%
На растяжение	ГОСТ 6996-66, <i>тип XIII</i>		Нет
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип XXVII</i>		Нет
На ударный изгиб	ГОСТ 6996-66, <i>тип X</i>		Нет
Гидравлические испытания	РД 24.200.11 – 90		100 %

Разработал:

(подпись)

/Хренов С.Ю./

(фамилия, имя, отчество)

					ПГУ.ВКР.15.03.01.163М0124ПЗ	Лист 92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		