

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Машиностроение

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему **Технологический процесс и оборудование для сварки кессона**

Обучающийся

А.С. Капырин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

кандидат технических наук, доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

В выпускной квалификационной (бакалаврской) работе 76 страниц, 15 рисунков и 17 таблиц. Во время выполнения работы были проанализированы 20 источников информации.

Ключевые слова: кессон, сварка, технология, ручная дуговая сварка, частично-механизированная сварка, эффективность, оборудование, производительность.

Целью работы является повышение эффективности производственного процесса по изготовлению кессона за счет повышения производительности труда.

Задачи:

- обосновать выбор способа сварки, последовательности и содержания операций, режимов обработки;
- обосновать выбор технологических и вспомогательных материалов, оборудования и приспособлений;
- усовершенствовать базовую технологию за счет технологических решений для снижения трудоемкости и повышения производительности сварочных работ при изготовлении изделия.

В данной выпускной квалификационной (бакалаврской) работе рассматривается изготовление кессона. Предлагается заменить ручную дуговую сварку на частично механизированную сварку в среде CO₂.

Оценка эффективности предложенных технических решений представила уменьшение полной себестоимости производства кессона на 16%, уменьшение трудоемкости сварки изделия на 75%, увеличение производительности труда на 300%, капиталовложения в новый технологический процесс изготовления кессона окупаются в течение одного года.

Содержание

Введение	4
1 Состояние вопроса.....	5
1.1 Описание конструкции и условий работы изделия.....	5
1.2 Описание свойств материала.....	6
1.3 Базовый технологический процесс и его недостатки.....	7
1.4 Способы сварки углеродистых сталей.....	19
1.5 Обоснование задач бакалаврской работы.....	26
2 Разработка проектного технологического процесса сварки кессона.....	27
2.1 Обоснование выбора способа сварки.....	27
2.2 Последовательность и содержание операций, режимов обработки, выбор технологических и вспомогательных материалов, оборудования и приспособлений.....	30
3 Оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений.....	39
4 Оценка эффективности предложенных технических решений.....	48
Заключение.....	65
Список используемой литературы и используемых источников.....	66
Приложение.....	68

Введение

Кессон - герметичная емкость, которая устанавливается в скважинах или в погребах для хранения различных продуктов или оборудования. Кессон не позволяет замерзнуть содержимому, при отрицательных температурах.

Данные емкости изготавливают различной формы. Габариты кессона обязаны позволять выполнять различные задачи, например, установку в изделия необходимого оборудования, работы человека внутри емкости для обслуживания.

Часто используют металлические кессоны. Этому есть несколько причин:

- металл обеспечивает необходимую прочность конструкции,
- относительная простота изготовления емкости,
- металл имеет большой удельный вес, что не дает кессону всплыть;
- металл может обеспечить необходимую герметичность.

Кессоны выпускают различными по форме, например, в виде куба, цилиндра или параллелепипеда.

Форма цилиндра является наиболее простой, имеющая наименьшее количество швов и поэтому более распространенной в изготовлении кессона. Для того чтобы сделать металлический кессон, потребуются стальные листы металлопроката допустимой толщиной от 4 до 5 мм, сварочное оборудование, основные и дополнительные расходные материалы. Технологический процесс изготовления кессона будет рассмотрен более подробно.

В конструкции кессона имеется много сварных соединений, сварка является самым трудоемким процессом в производстве данного изделия.

Целью выпускной квалификационной (бакалаврской) работы является повышение производительности труда за счет уменьшения доли ручного труда.

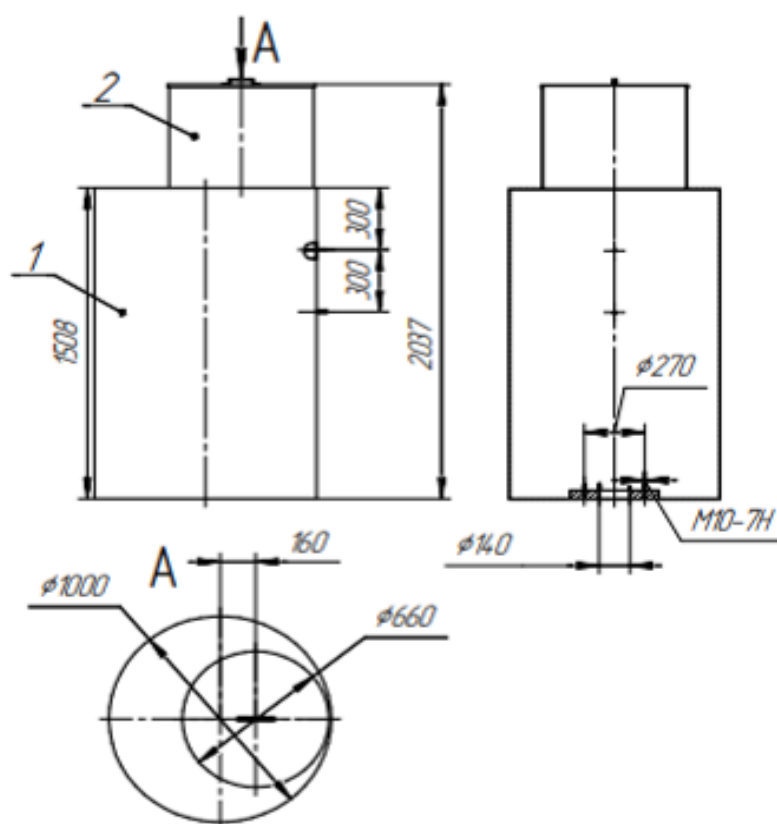
1 Состояние вопроса

1.1 Описание конструкции и условий работы изделия

Кессон - корпус цилиндрической формы из металла. На дне емкости должно быть выполнено отверстие под стальную трубу, предназначенную для ввода воды из скважины. В стенках корпуса должны быть смонтированы два сгона, которые предназначены для обеспечения подводки электрического кабеля и трубы для подачи воды. Вверху конструкции монтируется закрывающаяся крышка.

Кессон предназначен для защиты оборудования от грунтовых вод в земле, поэтому сварные соединения конструкции должны быть герметичными. Качественные сварные швы являются гарантией герметичности при длительном сроке эксплуатации изделия.

Сборочный чертеж кессона представлен на рисунке 1.



1 - корпус, 2 - горловина

Рисунок 1 — Сборочный чертеж кессона

1.2 Описание свойств материала

При производстве сварных изделий рекомендуют использовать материал: сталь углеродистая с малым содержанием углерода. Для изготовления кессона принимаем прокатную тонколистовую сталь Ст3 ГОСТ 19903-2005.

Сталь листовая горячекатаная марки Ст3 часто применяется для производства корпусных изделий. Данный материал хорошо обрабатывается резанием с дальнейшей неразъемной сборкой при помощи соединения всевозможными способами сварки. Это дает возможность выпускать металлическую продукцию различных форм и с любыми размерами.

Сталь марки Ст3 не подвержена к образованию флокенов, а также не имеет тенденции к отпускной хрупкости. Не мало важное значение имеет приемлемая цена на Ст3.

Недостаток марки Ст3, имеется у всех аналогичных марок углеродистых сталей, — подверженность к коррозии. Поверхностная антикоррозийная обработка является временной защитой.

Таблица 1 - Основные компоненты в составе металла Ст3

Химические составляющие в %									
C	Cr	Si	Mn	Ni	S	P	Cu	As	Fe
Углерод	Хром	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Медь	Мышьяк	Железо
0,12-0,14	<0,3	0,15-0,3	0,4-0,65	<0,3	<0,05	<0,05	<0,3	<0,08	остальное

В ГОСТ 380-2005 даны основные механические свойства Ст3:

- значение предела текучести находится в интервале от 205 до 255 МПа,
- величина временного сопротивления разрыву равна 370-490 МПа,
- относительное удлинение при разрыве имеет значение в интервале от 23 до 26 %.

Физические характеристики материала Ст3:

- плотность – 7850 кг/м³,
- модуль упругости – 200 ГПа,
- коэффициент теплопроводности – 55 Вт/м*К,
- отношение относительного поперечного сжатия к растяжению – 0,3.

Основные технические характеристики материала Ст3:

- поверхностная твердость – 131 МПа,
- предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) – 360-570 МПа,
- максимально возможная нагрузка, которую сможет выдержать изделие в момент ее воздействия (предел текучести) – 235-245 МПа;
- удлинение относительное (отношение длины стального образца после разрыва к первоначальной длине этого же образца) – 33%,
- относительное сужение – 59%,
- температурный диапазонковки – 750-1300 градусов,
- возможность сварки любым методом.

1.3 Базовый технологический процесс и его недостатки

Производство металлического кессона выполняется по технологии предприятия, которая разработана на основе сборочных и рабочих чертежей узлов и деталей, технических условий производства изделия.

Кессон изготавливается из стали Ст3 ГОСТ 380-2005. Листы металла и покупные изделия, закупаемые для изготовления, проходят входной контроль, для проведения сверки полученных материалов с соответствующими сертификатами или паспортами, требованиями стандартов, технических условий и рабочих чертежей. Входному контролю подвергается вся получаемая продукция, принятая ОТК поставщика и поступившая к потребителю с документацией оформленной в установленном порядке. Производится визуальный осмотр закупленных листов металлопроката для

возможного обнаружения дефектов поверхности, изменяющих толщину листа выходящей за пределы допуска по ГОСТ 19903-74 и ГОСТ 19904-74.

Подготовка деталей выполняется с помощью механической или термической резкой. После термической резки заготовки зачищаются механическим способом. Необходимо удалить заусенцы и притупить края металла.

Сварку изделий могут выполнять только те сварщики, прошедшие аттестацию на право выполнения соответствующих сварочных работ.

Сварка деталей проводится ручным электродуговым методом электродами, соответствующими ГОСТ 9467-75.

Рабочее место электросварщика укомплектовывается инструментом, необходимым для выполнения определенного уровня работ. Можно выделить минимальный набор инструментов и приспособлений, таких как: молоток, зубило для отбивки шлака, металлическую щетку для очищения поверхности металла в области сваривания, винтовые зажимы, качественные электродержатели и шаблоны для проверки геометрии швов. Необходимо иметь сварочную маску, стул и заземленный рабочий стол. Вместе с тем необходимо неукоснительно соблюдать правила техники безопасности и все работы выполнять в специальных перчатках.

Устройства для сварки должны иметь паспорт завода-изготовителя, быть укомплектованным и полностью исправным. Перед использованием необходимо сверить сроки действия последней поверки.

Регламентированные графики осмотров, проверок, профилактических (текущих) и капитальных ремонтов утверждаются главным инженером с указанием ответственных.

Процесс сварки выполняется сварочным оборудованием с исправными контрольно-измерительными приборами. Отклонение значения сварочного тока не может превышать 5% от номинального значения.

Подготовленные заготовки очищаются перед сборкой и проводят финишную подготовку деталей с помощью ветоши ацетоном перед выполнением сварки.

Зачистка деталей выполняется наждачным кругом или стальной щеткой. Заготовки обезжиривают хлопчатобумажной ветошью по ГОСТ 7138-83 или ГОСТ 11680-76 с использованием ацетона по ГОСТ 2768-84.

Прихватки для сборки выполняются ручной электродуговой сваркой размером 30-50 мм с промежуточным шагом в интервале 200-500 мм.

Сборочные прихватки выполняются с применением электродов и при выбранных режимах, что и основная окончательная сварка.

Во время изготовления кессона применяют метод ручной дуговой сварки.

Сварные соединения должны соответствовать требованиям, предъявляемым к готовой конструкции, поэтому на каждом этапе производства кессона проводится контроль качества выполненных работ. Все сварные швы подвергают контролю двумя неразрушающими способами: внешним осмотром (проверяют 100% швов, контролируют геометрию и форму, также выявляют возможные непровары, применяют оптические приборы, фонари, шаблоны и измерительные инструменты) и радиационным методом (просвечивают место соединения с помощью специального аппарата и выявляют возможные дефекты в шве).

Сварные швы кессона зачищаются от шлака.

Проводится окончательная сборка изделия, монтаж дополнительных узлов, покрытие наружной и внутренней поверхностей емкости антикоррозийными материалами.

Готовое изделие устанавливается в подготовленный котлован. В кессоне устанавливается оборудование, подводится электричество, монтируются трубы для подачи воды. Производится засыпка кессона грунтом.

Эксплуатация кессона не требует специальных навыков, но периодически необходимо производить визуальный осмотр на герметичность

и выявления протекания грунтовых вод. При необходимости и возможности, надо устранить обнаруженные неисправности.

Рассмотрим базовый технологический процесс производства кессона.

При производстве составляющих деталей надо получить со склада предприятия материал. В нашем случае стальные листы размером 4х1500х3500мм. Из этого материала выкраиваем с помощью гильотины следующие детали:

- стенка размером 1500х3142 мм,
- горловина размером 500х2042 мм,
- обойма размером 2072х10 мм.

Далее вырезаем остальные детали:

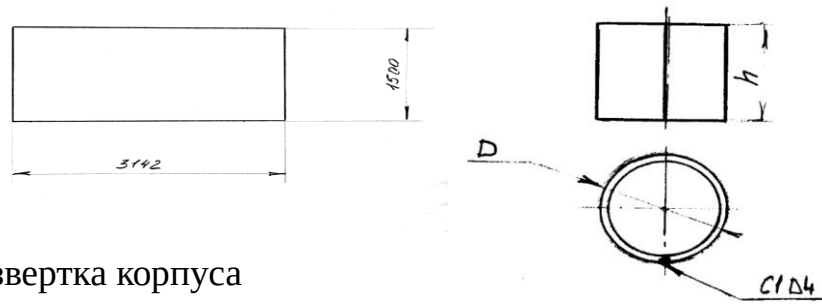
- дно — круг диаметром 1000 мм,
- потолок — круг диаметром 1000 мм с вырезанием в нем отверстия, диаметр которого 640 мм;
- пластина диаметром 650 мм,
- ручка изготавливается из стали, толщиной 4 мм (заготовка размером 20х204,5 мм) на гибочном оборудовании.

Придаем цилиндрическую форму на вальцовочном станке: стенке, горловине, обойме.

Для сваривания деталей применяют электродугую сварку инверторным сварочным аппаратом (ММА) ARCTIC. Электрод Э42А ГОСТ 9467-60. Материал электрода – углеродистая проволока марки Св-08 ГОСТ 2246-60.

Последовательность технологического процесса сварки.

1. Сварка стенки корпуса показана на рисунке 2. После придания стенке цилиндрической формы производим сварку по всей длине швом встык.



Развертка корпуса

Рисунок 2 – Эскиз сварки стенки корпуса.

2. Аналогично изготавливаем горловину и обойму, так как они тоже имеют цилиндрическую форму.

3. В стенке корпуса сверлятся два отверстия диаметром 30 мм для сваривания сгонов (рисунок 3).

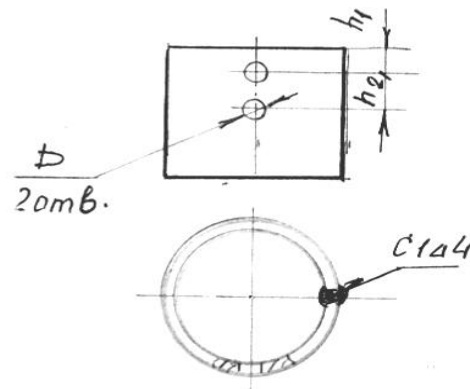


Рисунок 3 – Эскиз сверления отверстий для сгонов

4. К днищу привариваем фланец диаметром 400 мм толщиной 40мм с внутренним отверстием 140мм, который закупается в готовом виде у смежной организации (рисунок 4).

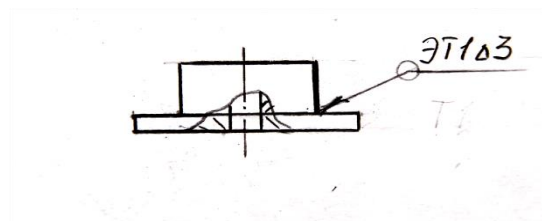


Рисунок 4 – Эскиз приваривания фланца к днищу

5. Сверлим 6 отверстий во фланце диаметром 10мм (рисунок 5).

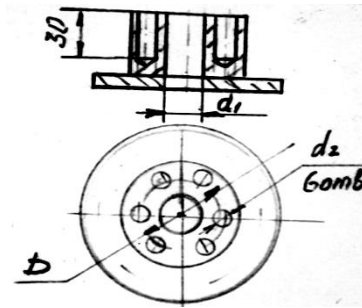


Рисунок 5 – Эскиз выполнения 6 отверстий

6. Вставляем шпильки M10x65 во фланец и обвариваем (рисунок 6).

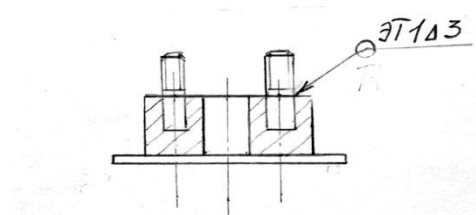


Рисунок 6 – Эскиз вваривания шпилек во фланец

7. Свариваем дно и стенку корпуса. Это показано на рисунке 1.5, на дно устанавливается стенка и производится сварка, а затем на стенку кладется потолок и они свариваются угловыми швами (рисунок 7).

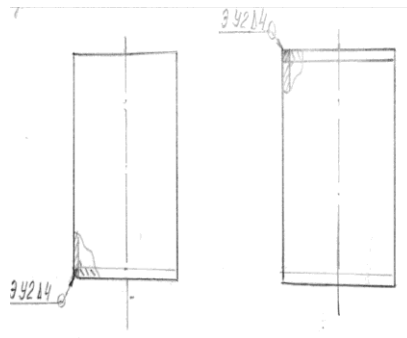


Рисунок 7 – Эскиз сварки дна и стенки корпуса, потолка и стенки

8. Сварка корпуса и горловины показана на рисунке 1.8. Устанавливаем на корпус горловину, совмещая ее с отверстием в потолке. Затем производится сварка угловым швом по кругу (рисунок 8).

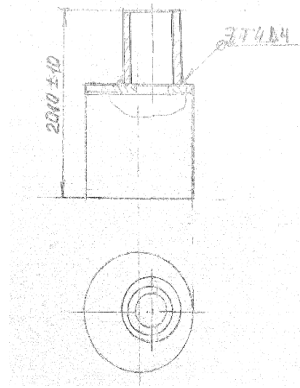


Рисунок 8 — Эскиз сварки корпуса и горловины

9. Ввариваем два сгона в стенку корпуса (рисунок 9).

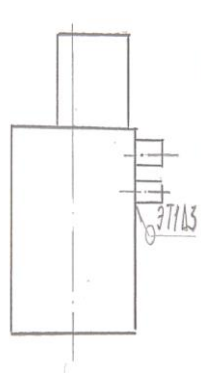


Рисунок 9 – Эскиз вваривания сгонов в корпус

10. Сварка обоймы с пластиной выполняется по кругу угловым швом аналогично сварке корпуса и горловины.

11. Установка ручки на крышку производится симметрично относительно оси крышки и привариваются лапы ручки к крышке швом внахлест (рисунок 10).

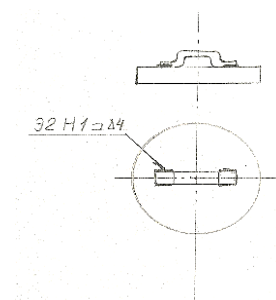
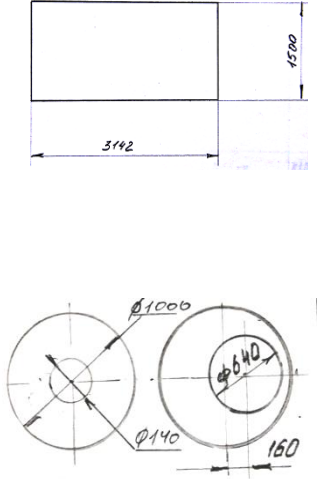


Рисунок 10 — Эскиз крепления ручки на крышку

12. Все сварные швы подвергают контролю. Применяют метод внешнего осмотра, используя оптические приборы, фонари, шаблоны, измерительные инструменты и метод радиационного контроля специальной установкой.

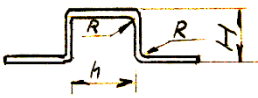

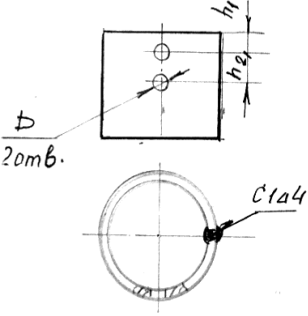
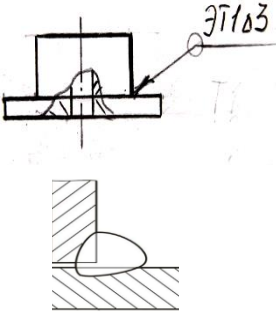
13. Производится сборка кессона. Покрытие наружных и внутренних поверхностей основания и крышки. Применяем грунтовку ГФ-021 и эмаль ПФ-115. Надеваем крышку на основание.

Таблица 2 — Базовый проект технологического процесса изготовления кессона

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Заготовительная		<p>Линейка, штангенциркуль, штангенрейсмас, угольник, гидравлическая гильотина НГ 20Г.02, плазморез FUBAG PLASMA 65T</p>	<p>Разметка, обрезка листов металла в размеры: стенка 1500x3142 мм; горловина 500x2042 мм; обойма 2072x10 мм; дно диаметр 1000 мм с отверстием $\phi=140$ мм; потолок диаметром 1000 мм с отверстием $\phi=640$ мм; пластина диаметром 650 мм; ручка</p>	

			20x204,5 мм, зачистка заусенцев, обезжиривани е	
Вальцовоч- ная		Вальцовочный станок трехвалковая электромеханиче ская машина IRONMAC MPR 6-1500.	Придать цилиндрическ ую форму стенке, горловине, обойме	

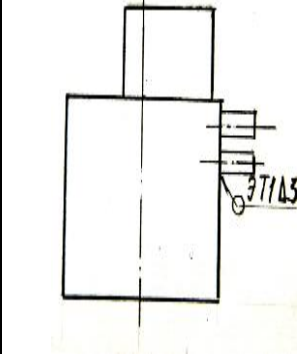
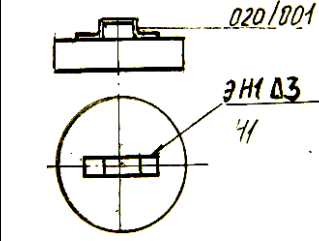
Продолжение Таблицы 2

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Гибочная		Ручной профилегиб Stalex UP-9	Согнуть ручку	
Сварочная	<p>Сварить стенку, горловину, обойму встык</p> 	Инверторный сварочный аппарат (MMA) ARCTIC	Число проходов 1, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75
Фрезерная		Фрезерный станок 6К82Ш 405800, Корончатое сверло Копрог HSS	Вырезать два отверстия в стенке $\phi=30\text{мм}$	
Сварочная	<p>Приварить фланец ко дну по кругу угловым швом</p> 	Инверторный сварочный аппарат (MMA) ARCTIC	Число проходов 1, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75

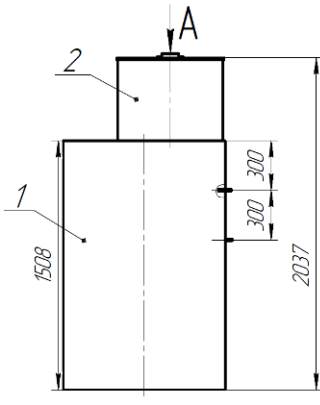
Продолжение Таблицы 2

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Фрезерная		Фрезерный станок 6К82Ш 405800, сверло ф10 ГОСТ 10902-77	Просверлить 6 отверстий ф=10 мм во фланце глубина 30мм,	
Сварочная	<p>Вварить шпильки во фланец по кругу угловым швом</p>	Инверторный сварочный аппарат (ММА) ARCTIC	Вварить шпильки М10х65 во фланец	Шпильки ГОСТ 18746-80
Сварочная	<p>Произвести сварку стенки и дна, стенки и потолка угловым швом по кругу</p>	Инверторный сварочный аппарат (ММА) ARCTIC	Число проходов 1, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75
Сварочная	<p>Приварить горловину к корпусу, обойму к крышке по кругу угловым швом</p>	Инверторный сварочный аппарат (ММА) ARCTIC	Число проходов 1, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость варки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75

Продолжение Таблицы 2

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Сварочная	Приварить сгоны по кругу угловым швом 	Инверторный сварочный аппарат (ММА) ARCTIC	Число проходов 2, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75
Сварочная	Приварить ручку на крышку в нахлестку 	Инверторный сварочный аппарат (ММА) ARCTIC	Число проходов 2, диаметр электрода 3мм, сварочный ток 120-160А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 10-40 м/ч	Зазор 0-1,5, электрод Э42А ГОСТ 9467-75
Операция контроля качества	Проверка геометрии и формы шва с помощью метода визуального контроля Радиографический	Оптические приборы, фонари, шаблоны и измерительные инструменты. Аппарат Арина-9, пленка Kodak.	Обнаружение трещин, прожогов, пор и непроваров Обнаружение трещин, прожогов, пор и непроваров, включений в околшовной зоне	ГОСТ 7512-82

Продолжение Таблицы 2

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Сборочная	<p>Одеваем крышку на корпус</p> 			
Покраска	Обработать поверхность внутри грунтовкой, снаружи эмалью	Грунтовка ГФ-021, эмаль ПФ-115		

В базовом варианте предполагается проведение соединения деталей ручной дуговой сваркой при помощи инверторного сварочного аппарата (ММА) с постоянным током серии ARCTIC электродом Э42А ГОСТ 9467-60. Материал электрода – углеродистая проволока марки Св-08 ГОСТ 2246-60.

Данный метод сварки имеет некоторые недостатки:

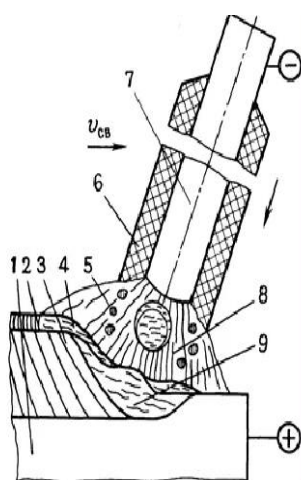
- малый КПД и производительность в сравнении с другими способами сварки,
- качество сварных элементов в основном зависит от профессиональной подготовки рабочего.

1.4 Способы сварки углеродистых сталей

Анализ базового вида сварки.

В настоящее время традиционным и наиболее распространенным методом сварки является дуговая сварка.

В базовом варианте изготовления кессона для соединения деталей используют ручную электродуговую сварку, выполняемую инверторным сварочным аппаратом (ММА) с постоянным током марки ARCTIC электродом Э42А ГОСТ 9467-60.



- 1- основной металл; 2 — шлаковая корка; 3 — сварной шов; 4 — жидкая шлаковая ванна; 5 — газообразная среда; 6 — покрытие электрода; 7 — электрод; 8 — дуга; 9 — сварочная ванна

Рисунок 11 — Схема ручной дуговой сварки

Преимущества ручной дуговой сварки:

- нет ограничений по пространственному положению производства сварочных операций,
- универсальна для всех видов сталей,
- различные условия работы (улица, цех и так далее),
- доступное по цене оборудование.

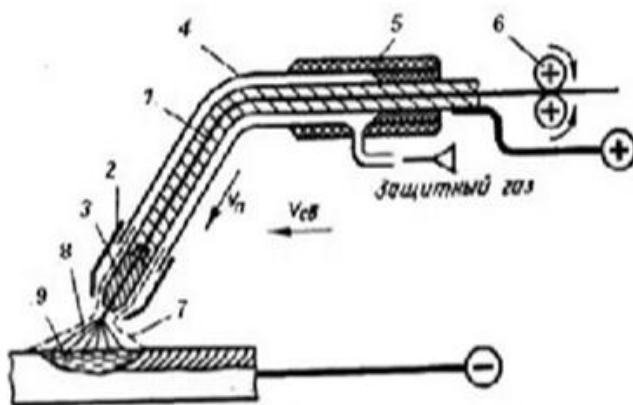
Но данный метод сварки имеет некоторые недостатки:

- малый КПД и производительность сварки,

- качество сварных элементов в основном зависит от профессиональной подготовки рабочего.

В научной литературе приведены исследования о применении датчиков магнитного поля для более точного совмещения рабочего инструмента с местом сварки деталей, об использовании комплекса адаптивной импульсно-дуговой сварки покрытыми электродами, о внедрении цифровых технологий управления сварочным процессом при выполнении ручной электродуговой сварки. Применяя данные технологии можно добиться высокого качества свариваемых соединений даже при недостаточно высокой квалификации электросварщиков. Но производительность процесса увеличивается незначительно. Поэтому рассмотрим другие способы сварки.

Частично механизированная сварка в защитной среде



1 - сварочная проволока для сварки; 2- газовое сопло; 3 - токоподводящий мундштук; 4- корпус горелки; 5- рукоятка горелки; 6- механизм подачи проволоки; 7- атмосфера защитного газа; 8- сварная дуга; 9- сварная ванна.

Рисунок 12 — Частично механизированная сварка в защитной среде

Преимущества данного процесса сварки:

- высокая производительность,
- качественные швы,
- нет необходимости удалять шлак (отсутствие флюсов и покрытий электрода),
- высокая эффективность.

Недостатки:

- более сложное оборудование,
- необходимо принимать дополнительные меры по защите работников и оборудования при работе на открытых площадках,
- необходимо увеличивать расходы на закупку защитных газов.

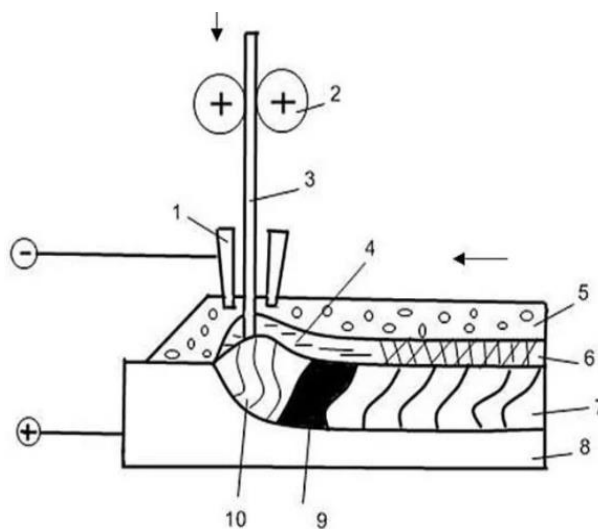
Автоматическая сварка под флюсом.

Преимущества данного процесса сварки:

- универсальна для всех видов сталей,
- высокопроизводительный метод,
- качество швов высокое.

Недостатки метода автоматической сварки под флюсом:

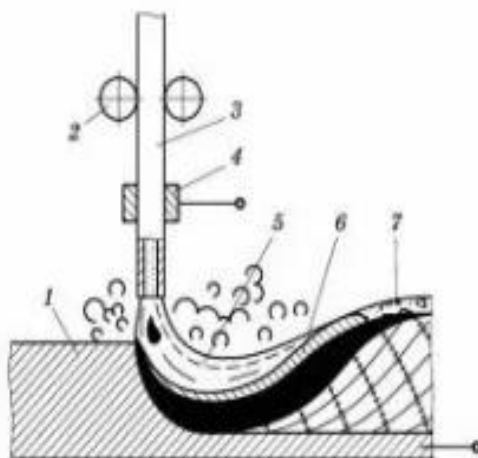
- ограниченность выполнения положения сварки,
- оборудование имеет высокую цену.



1 — токопровод; 2 - механизм перемещения проволоки; 3 — проволока;
4 — жидкий шлак; 5 — флюс; 6 — шлаковая корка; 7 — сварной шов;
8 — основной металл заготовки; 9 — жидкий металл; 10 — электрическая дуга.

Рисунок 13 — Автоматическая сварка под флюсом

Механизированная (автоматическая) сварка с применением порошковой проволоки.



1 – основной металл заготовки; 2 – механизм перемещения проволоки; 3 - порошковая проволока; 4 - токоподвод; 5- электродуга; 6 - жидкий шлак; 7 - остывшая шлаковая корка.

Рисунок 14 — Механизированная (автоматическая) сварка с применением порошковой проволокой

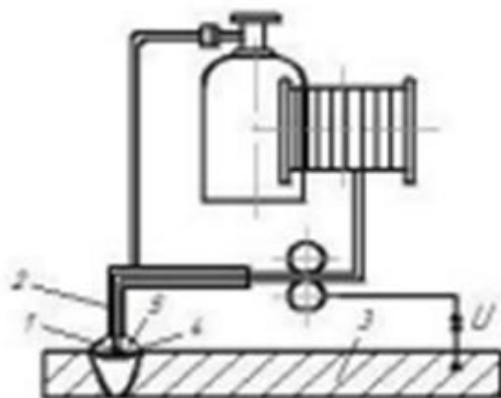
Преимущества данного метода сварки:

- возможно проводить сварку всех видов конструкционных сталей,
- более производительный процесс сварки, чем при сварке покрытым электродом;
- нет ограничений по положению в пространстве проведения процесса сварки.

Недостатки метода механизированной сварки порошковой проволокой:

- увеличенная стоимость расходных материалов,
- более низкое качество шва, так как часть нерасплавленного активного порошка попадает в сварочную ванну, что способствует появлению посторонних включений;
- качество выполняемых швов во многом зависит от квалификации рабочего.

Механизированная и автоматическая сварка плавящимся электродом (проволокой сплошного сечения) в защитной среде.



1 – сварочная дуга; 2 – проволока; 3 – основной металл заготовок;
4 – среда газов; 5 – расплавленный металл шва.

Рисунок 15 — Механизированная и автоматическая сварка плавящимся электродом (проволокой сплошного сечения) в защитной среде

Преимущества данного метода сварки:

- нет ограничений по положению в пространстве проведения процесса сварки,
- возможность соединения всех видов конструкционных сталей,
- более производительный процесс сварки, чем при сварке покрытым электродом.

Недостатки:

- сильное разбрызгивание материала электрода,
- оборудование имеет высокую стоимость.

Автоматические или механические виды сварки в основном применяют в серийном, крупносерийном или массовом производстве, так как оборудование и расходные материалы имеют высокую стоимость.

Проанализировали некоторые виды сварных соединений. Результаты анализа, в том числе эскизы, преимущества и недостатки методы сварки углеродистых сталей представлены в таблице 3.

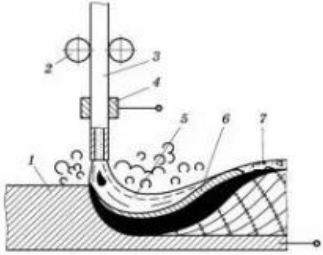
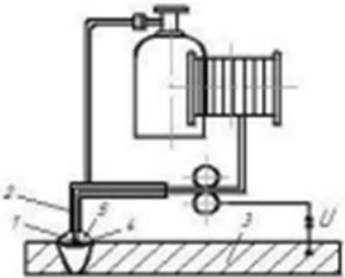
Таблица 3 – Способы сварки углеродистых сталей

Способ сварки углеродистых сталей	Эскиз (рисунок) способа сварки	Преимущества способа сварки	Недостатки способа сварки
<p>Ручная электродуговая сварка покрытым электродом</p>	 <p>1 - основной металл; 2 - шлаковая корка; 3 - сварной шов; 4 - жидкая шлаковая ванна; 5 - газообразная среда; 6 - покрытие электрода; 7 - электрод; 8 - дуга; 9 - сварочная ванна</p>	<p>1) нет ограничений по положению в пространстве проведения процесса сварки; 2) универсальна для всех видов сталей; 3) различные условия работы (улица, цех и так далее); 4) доступное по цене оборудование.</p>	<p>1) низкая производительность; 2) качество швов зависит профессиональной подготовки электросварщика;</p>

Продолжение Таблицы 3

Способ сварки углеродистых сталей	Эскиз (рисунок) способа сварки	Преимущества способа сварки	Недостатки способа сварки
<p>Полуавтоматическая (частично механизированная) в среде защитных газов</p>	 <p>1- сварочная проволока; 2- газовое сопло; 3- токоподводящий мундштук; 4- корпус горелки; 5- рукоятка горелки; 6- механизм подачи проволоки; 7- атмосфера защитного газа; 8- сварная дуга; 9- сварная ванна.</p>	<p>1) высокая производительность 2) качественные швы; 3) нет необходимости удалять шлак (отсутствие флюсов и покрытых электродов); 4) более высокая эффективность</p>	<p>1) оборудование более сложное в сравнении с ручной электродуговой сваркой; 2) необходимо принимать меры по защите работников и оборудования при работе на открытых участках; 3) дополнительные затраты на закупку защитных газов</p>
<p>Автоматический процесс сварки под флюсом</p>	 <p>1 — токопровод; 2 - механизм перемещения проволоки; 3 — проволока; 4 — жидкий шлак; 5 — флюс; 6 — шлаковая корка; 7 — сварной шов; 8 — основной металл заготовки; 9 — жидкий металл; 10 — электрическая дуга.</p>	<p>1) универсальна для всех видов сталей; 2) высокопроизводительный метод; 3) высококачественное выполнение швов</p>	<p>1) ограничение по положению выполнения сварки; 2) оборудование имеет высокую стоимость</p>

Продолжение Таблицы 3

Способ сварки углеродистых сталей	Эскиз (рисунок) способа сварки	Преимущества способа сварки	Недостатки способа сварки
<p>Механизированный (автоматический) процесс сварки с применением порошковой проволоки</p>	 <p>1 – основной металл заготовки; 2 – механизм перемещения проволоки; 3 – порошковая проволока; 4 – токоподвод; 5 – электродуга; 6 – жидкий шлак; 7 – остывшая шлаковая корка.</p>	<p>1) возможно проводить сварку всех видов конструкционных сталей; 2) более производительный процесс сварки, чем при сварке покрытым электродом; 3) нет ограничений по положению в пространстве проведения процесса сварки.</p>	<p>1) увеличенная стоимость расходных материалов; 2) более низкое качество шва, так как часть нерасплавленного активного порошка попадает в сварочную ванну, что способствует появлению посторонних включений; 3) качество выполняемых швов во многом зависит от квалификации рабочего.</p>
<p>Механизированная и автоматическая сварка плавящимся электродом (проволокой сплошного сечения) в защитной среде</p>	 <p>1 – сварочная дуга; 2 – проволока; 3 – основной металл заготовок; 4 – среда газов; 5 – расплавленный металл шва.</p>	<p>1) нет ограничений по положению в пространстве проведения процесса сварки; 2) возможность соединения всех видов конструкционных сталей. 3) более производительный процесс сварки, чем при сварке покрытым электродом.</p>	<p>1) сильное разбрызгивание материала электрода, 2) оборудование имеет высокую стоимость</p>

1.5 Обоснование задач бакалаврской работы

1. Выбрать метод сварки для выполнения сварных соединений деталей в изделии.
2. Подобрать оборудование для сварки.
3. Усовершенствовать базовую технологию изготовления конструкции для снижения трудоемкости процесса и повышения производительности технологического процесса изготовления кессона.

2 Разработка проектного технологического процесса сварки кессона

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Коэффициент наплавки является показателем производительности сварочного процесса, который определяется по формуле (1).

$$K_n = m_n / I \cdot t, \text{ г/(Ач)} \quad (1)$$

где m_n – масса наплавляемого металла, г;

I – сила сварочного тока, А;

t – продолжительность горения дуги (наплавки), ч.

Показателем тепловой характеристики является погонная энергия сварки, которая выражается в количестве тепла, введенное на единицу длины сварочного шва. Удельная (погонная) энергия сварки определяется по формуле (2):

$$q_n = (I \cdot U \cdot \eta / (V \cdot 3600)), \text{ МДж/м}, \quad (2)$$

где η – коэффициент мощности процесса, который зависит от способа сварки;

I – сила сварочного тока, А;

U – напряжение на дуге, В;

V – скорость перемещения дуги, м/ч

Приведем значения коэффициента наплавки и удельной энергии для различных видов электродуговой сварки в таблице 5.

Таблица 4 – Значения коэффициента наплавки и удельной энергии некоторых видов дуговой сварки

Виды сварки	Значение коэффициента мощности сварочного процесса	Значение коэффициента наплавки, г/(Ач)	Величина удельной энергии, МДж/м	Величина удельной энергии, ккал/см (1 МДж/м = 2,4 ккал/см)
Ручная дуговая сварка покрытым электродом	0,8	от 8,5 до 11	от 0,5 до 8	от 1,2 до 19,2
Аргонодуговая сварка	0,9	от 2,5 до 3,5	0,12	0,288
Сварка под флюсом	1,0	от 14 до 18	от 2,0 до 12	от 4,8 до 28,8
Сварка в среде защитного газа (углекислый газ)	от 0,5 до 0,6	от 13 до 22	от 0,2 до 0,6	от 0,48 до 14,4
Сварка с применением порошковой проволоки	от 0,5 до 0,6	от 9 до 24	от 0,1 до 8	от 0,24 до 19,2

Для изготовления кессона выбираем дуговую сварку в среде защитных газов. Этот вид сварки более эффективен.

Основные преимущества данного метода сварки:

- возможность минимального деформирования свариваемых деталей в результате высокой концентрации электрической дуги,
- более высокопроизводительный процесс сварки с применением плавящегося электрода,
- возможность выполнения процесса сварки в различных пространственных положениях,
- повышение качества благодаря обеспечению эффективной защиты расплавленного металла, например, применяя в качестве защитной среды инертные газы, аргон или гелий;
- наблюдение и регулирование процесса образования сварочной ванны, электрической дуги, плавлением электрода и образования шва;
- частичная автоматизация процесса.

Главный недостаток - это обеспечение устойчивой защиты места сварки от внешних воздействий окружающей среды, которые могут вызвать разрушение защитного газового потока, выходящего из сварочной горелки и образование дефектов в сварном шве.

Данный вид сварки проводится плавящимся и неплавящимся (вольфрамовым) электродом. При использовании сварки с неплавящимися электродами качество сварных швов достигает высокого уровня, вместе с тем производительность ниже, чем при процессе сварки плавящимися электродами. Технология, использующая специальные плавящиеся электроды более эффективна.

Сварка плавящимся электродом в защитной среде инертных газов приводит к образованию дефектов в виде пор в сварочном шве, в большей степени в сварных соединениях деталей из углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому данный способ сварки не очень распространен. Факторы, которые влияют на возникновение пористости шва в процессе сварки в инертных газах и их смесях: большое количество примесей в защитных газах, активных газов в проволоке и в основном металле; малое количество раскислителей в проволоке; плохая подготовка поверхности свариваемых заготовок, то есть присутствие влаги, следов коррозии, грязи и другое.

Наилучшим газом в качестве среды защитных газов для процесса сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей является углекислый газ или его смесь. Способ сварки в CO₂ плавящимся электродом с помощью проволоки более предпочтительней для производства нашего изделия.

Проанализировав вышеперечисленное можно сделать вывод, что для повышения производительности сварочных работ благодаря увеличению скорости сварки, выбираем частично механизированную (полуавтоматическую) сварку в среде углекислого газа. Тем самым уменьшаем трудоемкость, вместе с тем повышаем производительность из-за частичной замены ручного труда на автоматизированный.

2.2 Обоснование последовательности и содержания операций, режимов обработки, выбора технологических и вспомогательных материалов, оборудования и приспособления

Для выполнения сварочных работ выбираем инверторный сварочный полуавтомат последнего поколения АОТАИ MIG 500. Данный аппарат используется для сваривания деталей из легированных, высоколегированных, углеродистых сталей. Инвертор предназначен для промышленного использования и имеет следующие преимущества:

- низкое энергопотребление,
- компактный,
- быстрое разжигание дуги с плавной подачей проволоки,
- регулировка тока и напряжения,
- применение обычной и порошковой проволоки,
- качественный сварной шов,
- регулируемая подача проволоки,
- наличие электронного управления,
- функция «отжиг дуги» не дает образовываться «шарику» на конце проволоки,
- отсутствие разбрызгивания благодаря технологии контроля формы волны сварочного тока.

Основные технические характеристики инверторного сварочного полуавтомата АОТАИ MIG 500 приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики

Параметр	Значение
Напряжение электрической сети, В	3X380 +/- 20%
Частота электрической сети, Гц	50/60
Потребляемая мощность аппарата, кВА	25
Потребляемый ток, А	38
Диапазон сварочного напряжения, В	15-50

Продолжение Таблицы 5

Параметр	Значение
Диапазон сварочного тока, А	60-500
ПВ при 40 градусах Цельсия	60 %
КПД, %	87
Коэффициент мощности, %	0,95
Степень защиты	IP23
Класс изоляции	Н
Вес, кг	50
Габариты, мм	636×322×584
Блок подачи проволоки	Открытый
ВАХ источника	Жесткая
Диаметр проволоки, мм	1.0~1.6

В начале производства необходимо сверить документацию на закупочные изделия, основные и расходные материалы: стальной прокат ГОСТ 19903-2005, шпильки ГОСТ 18746-80, сгоны ГОСТ 8969-75, фланец (паспорт) и другое.

Заготовительная операция.

Во время выполнения заготовительной операции осуществляется получение со склада необходимого материала, контроль качества поступившего металлопроката, механическая очистка от поверхностных загрязнений.

Для устранения деформации металлических заготовок производят правку металла. Она выполняется вручную, с помощью молотка, кувалды, или специальным приспособлением, винтовым прессом.

Очистка поверхности металла от грязи, пыли и коррозии выполняется с помощью металлических щеток или наждачного круга. Обезжиривание проводится тканью по ГОСТ 7138-83 или ГОСТ 11680-76 с использованием ацетона по ГОСТ 2768-84.

Разметку деталей, согласно рабочих чертежей, проводят вручную при помощи линейки, угольника, штангенциркуля или штангенрейсмаса.

При раскрое деталей для прямой продольной и поперечной резки листового металла применяем гидравлическую гильотину НГ 20Г.02. Для раскроя деталей в форме круга и вырезания отверстий в них используем плазморез FUBAG PLASMA 65T.

Удаление заусенцев и подготовка кромок выполняются вручную, при помощи напильников, и зачистными кругами с применением угловых шлифовальных машин.

Вальцовочная операция.

Для придания деталям цилиндрической формы применяется трехвалковая электромеханическая машина IRONMAC MPR 6-1500.

Гибочная операция.

Ручку изготавливают при помощи ручного профилегиба Stalex YP-9.

Сварочная операция.

Непосредственно перед сваркой производится зачистка и обезжиривание свариваемых заготовок.

Сборка соединений под сварку должна выполняться с использованием прихваток. Прихватки выполняются электродуговой сваркой размером 30-50 мм с промежуточным шагом 200-500 мм.

Сборочные прихватки выполняются с применением аналогичных режимов, что и основная сварка.

Основными параметрами процесса сварки в защитном среде газа CO₂ являются: полярность и вид электрического тока, сила сварочного тока, напряжение дуги, скорость процесса сварки, расход углекислого газа, диаметр проволоки и другие.

Свариваем постоянным током обратной полярности, потому что процесс сварки током прямой полярности ведет к не стабильному горению электрической дуги, уменьшению коэффициента наплавки и сильному разбрызгиванию металла.

Диаметр проволоки и параметры режима сварки выбираем в зависимости от толщины материала заготовок. В нашем случае толщина равна 4 мм.

Сварку производим инверторным сварочным полуавтоматом АОТАИМIG 500. Операция выполняется без разделки кромок стыковым, угловым и швом по кругу, согласно чертежам деталей. Сварка выполняется в нижнем положении. Зазор между кромками составляет 0-1,5 мм, сварка осуществляется за 1 проход, диаметр проволоки 1,2-1,4 мм ГОСТ 2246-70, сварочный ток 180-200 А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин.

Фрезерная операция.

Вырезаем в заготовках отверстия, согласно чертежам, на фрезерном станке 6К82Ш 405800, используя корончатое сверло Kornor HSS и сверло ГОСТ 10902-77.

Операция контроля качества.

Сварные соединения должны соответствовать требованиям, предъявляемым к готовой конструкции, поэтому на каждом этапе производства кессона проводится контроль качества выполненных работ. Сварные швы подвергают контролю двумя неразрушающимися способами:

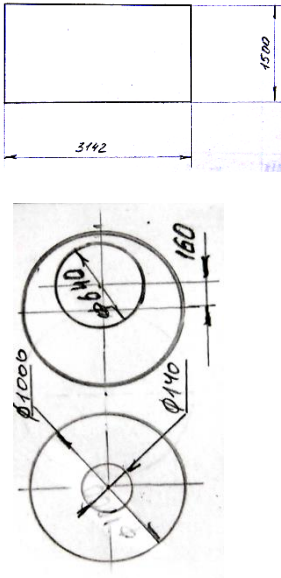
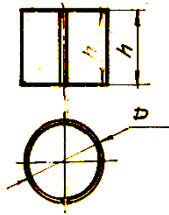
- внешним осмотром проверяют 100% швов, контролируют геометрию и форму, также выявляют возможные непровары, применяют оптические приборы, фонари, шаблоны и измерительные инструменты;
- радиационным методом просвечивают место соединения с помощью специального аппарата и выявляют возможные дефекты в шве.

Сборочная операция.

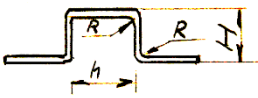

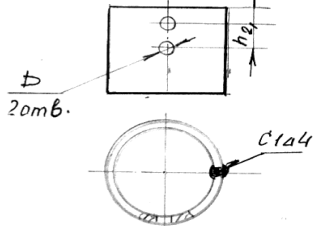
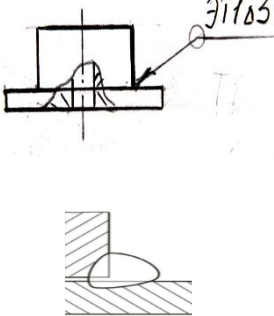
Проводится окончательная сборка изделия, монтаж дополнительных узлов, покрытие наружной и внутренней поверхностей емкости антикоррозийными материалами, согласно технической документации.

Последовательность операций представлена в таблице 6.

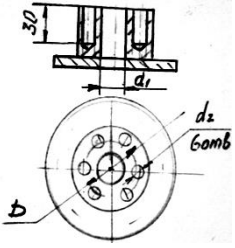
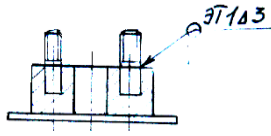
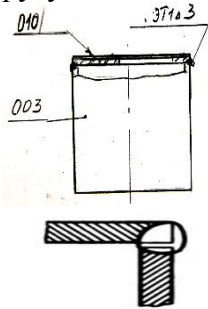
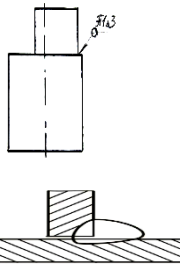
Таблица 6 - Проект технологического процесса изготовления кессона

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Заготовительная		<p>Линейка, штангенциркуль, штангенрейсмас, угольник, гидравлическая гильотина НГ 20Г.02, плазморезка FUBAG PLASMA 65T</p>	<p>Разметка, обрезка листов металла в размеры: стенка 1500x3142 мм; горловина 500x2042 мм; обойма 2072x10 мм; дно диаметр 1000 мм с отверстием $\phi=140$ мм; потолок диаметром 1000 мм с отверстием $\phi=640$ мм; пластина диаметром 650 мм; ручка 20x204,5 мм, зачистка заусенцев, обезжиривание</p>	
Вальцовочная		<p>Вальцовочный станок трехвалковая электромеханическая машина IRONMAC MPR 6-1500.</p>	<p>Придать цилиндрическую форму стенке, горловине, обойме</p>	

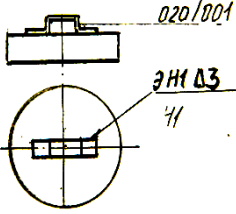
Продолжение Таблицы 6

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Гибочная		Ручной профилегиб Stalex UP-9	Согнуть ручку	
Сварочная	<p>Сварить стенку, горловину, обойму встык</p> 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 1, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-200А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1,5, проволока ГОСТ 2246-70
Фрезерная		Фрезерный станок 6К82Ш 405800, Корончатое сверло Kornor HSS	Вырезать два отверстия в стенке $\phi=30$ мм	
Сварочная	<p>Приварить фланец ко дну по кругу угловым швом</p> 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 1, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-240А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1мм, проволока ГОСТ 2246-70

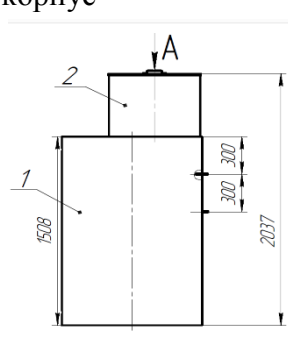
Продолжение Таблицы 6

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Фрезерная		Фрезерный станок 6К82Ш 405800, сверло ф10 ГОСТ 10902-77	Просверлить 6 отверстий ф=10 мм во фланце глубина 30мм,	
Сварочная	<p>Вварить шпильки во фланец по кругу угловым швом</p> 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Вварить шпильки М10х65 во фланец	Шпильки ГОСТ 18746-80
Сварочная	<p>Произвести сварку стенки и дна, стенки и потолка угловым швом по кругу</p> 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 1, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-240А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1мм, проволока ГОСТ 2246-70
Сварочная	<p>Приварить горловину к корпусу, обойму к крышке по кругу угловым швом</p> 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 1, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-240А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1мм, проволока ГОСТ 2246-70

Продолжение Таблицы 6

Название технологической операции	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Сварочная	Приварить сгоны по кругу угловым швом	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 2, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-240А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1мм, проволока ГОСТ 2246-70, сгоны 1"х200 ГОСТ 8969-75
Сварочная	Приварить ручку на крышку в нахлестку 	Инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500	Число проходов 2, диаметр проволоки 1,2-1,4мм, сварочный ток 180-240А, сварочное напряжение 21-23 В, скорость сварки 35-55 м/ч, расход газа 7-9 л/мин	Зазор 0-1мм, проволока ГОСТ 2246-70
Операция контроля качества	Проверка геометрии и формы шва с помощью метода визуального контроля Метод радиографического контроля	Оптические приборы, фонари, шаблоны и измерительные инструменты. Аппарат Арина-9, пленка Kodak.	Обнаружение трещин, прожогов, пор и непроваров Обнаружение трещин, прожогов, пор и непроваров и посторонних включений	ГОСТ 7512- 82

Продолжение Таблицы 6

Название технологической операция	Эскиз (рисунок)	Технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления	Режимы обработки заготовок	Примечание
Сборочная	<p>Одеваем крышку на корпус</p> 			
Покраска	Обработать поверхность внутри грунтовкой, снаружи эмалью	Грунтовка ГФ-021, эмаль ПФ-115		

Выводы

1. Приведен анализ методов сварки. Обоснован выбор частично механизированной сварки в среде защитного газа CO₂. При изготовлении кессона много сварочных операций. Заменяв ручную сварку на частично механизированную сварку в среде углекислого газа, повышаем скорость выполнения сварочных работ, в результате чего возможно увеличение производительности и уменьшение трудоемкости в частично механизированном процессе, путем существенного уменьшения ручного труда рабочих.

2. Разработана последовательность, содержание операций и режимов обработки.

4. Выбраны оборудование, приспособления и технологические вспомогательные материалы.

3. Разработан проектный технологический процесс сварки кессона.

3 Оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений

Изготовление кессона предусматривает выполнение следующих операций: заготовительная, вальцовочная, гибочная, сварочная, фрезерная, контроль качества.

Заготовительная операция выполняется рабочим. При помощи линейки, штангенциркуля, штангенрейсмаса, угольника производится разметка заготовок деталей. Рабочий выполняет резку металла гидравлической гильотиной НГ 20Г.02 и плазморезом FUBAG PLASMA 65T. Используя ветошь рабочий обезжиривает поверхности бензином и уайт-спиритом.

Вальцовочная операция выполняется слесарем используя вальцовочный станок трехвалковую электромеханическую машину IRONMAC MPR 6-1500.

Гибочная операция выполняется слесарем на ручной профилегибочной машине Stalex UP-9.

Сварочная операция выполняется сварщиком применяя инверторный сварочный полуавтомат AOTAI MIG 500 с использованием сварочной проволоки и защитного газ CO₂.

Фрезерная операция выполняется слесарем на фрезерном станке 6К82Ш 405800, применяя корончатое сверло Kornor HSS.

Контроль качества сварных швов выполняется дефектоскопистом рентгенографирования используя лупы, аппарат Арина-9 и пленку Kodak.

Таблица 7 - Технологический паспорт изделия

Технологическая операция изготовления кессона	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Технологическое оборудование, техническое устройство, приспособление	Технологические и вспомогательные материалы, вещества
Заготовительная	Рабочий	Линейка, штангенциркуль, штангенрейсмас, угольник, гидравлическая гильотина НГ 20Г.02, плазморез FUBAG PLASMA 65T	Ветошь, бензин, уайт-спирит
Вальцовочная	Слесарь	Вальцовочный станок трехвалковая электромеханическая машина IRONMAC MPR 6-1500.	
Гибочная	Слесарь	Ручной профилегиб Stalex UP-9	
Сварочная	Сварщик	Инверторный сварочный полуавтомат AOTAI MIG 500	Сварочная проволока, защитный газ CO ₂
Фрезерная	Слесарь	Фрезерный станок 6K82Ш 405800, корончатое сверло Kornor HSS	
Контроль качества	Дефектоскопист рентгенографирования	Лупы Арина-9	пленка Kodak.

Рассмотрим профессиональные риски каждой операции.

Источником опасности в заготовительной операции являются гидравлическая гильотина НГ 20Г.02 и плазморезка FUBAG PLASMA 65T.

Вредные производственные факторы: острые кромки заготовок, заусенцы на поверхности заготовок, движущиеся элементы оборудования, наличие высокого напряжения в электросетях, горячие поверхности деталей.

Вальцовочная операция опасна, так как применяется вальцовочный станок трехвалковая электромеханическая машина IRONMAC MPR 6-1500. Опасные факторы в вальцовочной операции: наличие высокого напряжения в электросетях, движущиеся механизмы, подвижные элементы оборудования, передвигающиеся детали.

Опасный производственный фактор гибочной операции это движущиеся механизмы ручного профилегиба Stalex YP-9.

Источником опасности сварочной операции является инверторный сварочный полуавтомат АОТАИ MIG 500. Опасные факторы в сварочной операции: повышенное напряжение в электросетях, ультрафиолетовое излучение, наличие токсичных сварочных газов, повышенная температура поверхности заготовок.

В ходе фрезерной операции применяется фрезерный станок 6К82Ш 405800 и корончатое сверло Kornog HSS, поэтому возникают опасные производственные факторы такие как: движущиеся элементы станка, повышенное напряжение в электросетях, наличие стружки и металлических опилок.

Операция контроля качества связана со следующими опасными факторами: острые кромки и заусенцы, повышенное напряжение в электросетях. Источником опасного фактора является рентгеновские лучи аппарата Арина-9.

Таблица 8 - Определение профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция изготовления кессона	Опасный и/или вредный производственный фактор при изготовлении кессона	Источник опасного и/или вредного производственного фактора при изготовлении кессона
Заготовительная операция: разметка, резка	1) не обработанные кромки заготовок 2) наличие заусенцев на поверхности деталей 3) движущиеся элементы оборудования 4) наличие высокого напряжения в электросетях 5) горячие поверхности деталей	Гидравлическая гильотина НГ 20Г.02, плазморезка FUBAG PLASMA 65T
Вальцовочная	1) наличие высокого напряжения в электросетях 2) движущиеся механизмы, подвижные элементы оборудования 3) передвигающиеся детали	Вальцовочный станок трехвалковая электромеханическая машина IRONMAC MPR 6-1500.
Гибочная	1) движущиеся механизмы	Ручной профилегиб Stalex YP-9
Сварочная	1) повышенное напряжение в электросетях 2) ультрафиолетовое излучение 3) наличие токсичных сварочных газов 4) повышенная температура поверхности заготовок	Инверторный сварочный полуавтомат AOTAI MIG 500
Фрезерная	1) движущиеся элементы станка 2) повышенное напряжение в электросетях 3) наличие стружки и металлических опилок	Фрезерный станок 6K82Ш 405800, корончатое сверло Kornor HSS
Операция по контролю качества	1) повышенное напряжение в электросетях 2) рентгеновские лучи	Аппарат Арина-9

Необходимо разработать меры, снижающие влияние опасных производственных факторов на рабочих.

Удаление острых кромок, заусенцев, работа с разогретыми наружными поверхностями деталей необходимо вести после инструктажа по технике безопасности в индивидуальных средствах защиты: перчатках, очках и спецодежде.

Оборудование с движущимися элементами должно иметь сигнальные надписи, яркую окраску и надежные ограждения.

Необходимо заземлять имеющееся электрооборудование, а также проводить контроль изоляции во избежание поражения работника повышенным напряжением и от короткого замыкания.

Неестественно высокая величина ультрафиолетового излучения на участке выполнения сварочных работ. Поэтому его необходимо экранировать защитными щитами от воздействия излучения на других работников. Следовательно, сварщик обязан работать в спецодежде, перчатках и маске, которая защищает глаза от ультрафиолета.

Таблица 9 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор при изготовлении кессона	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Режущие кромки и заусенцы, разогреты наружные поверхности деталей	Инструктаж по технике безопасности	Средства индивидуальной защиты при выполнении сварочных работ: спецодежда, перчатки, очки/ маска.

Продолжение Таблицы 9

Опасный и/или вредный производственный фактор при изготовлении кессона	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Движущиеся части и механизмы оборудования, передвигающиеся заготовки деталей	сигнальные надписи, яркая окраска и надежное ограждение	
Разогретая до высокой температуры поверхности заготовок, разбрызгивание расплавленного металла, искры от электродуги	Инструктаж по технике безопасности	Средства индивидуальной защиты при выполнении сварочных работ: спецодежда, перчатки, очки/ маска.
Скачки напряжения в электросетях, замыкание которой может произойти через тело человека	Наличие исправного заземления электрического оборудования. Контроль изоляции электрооборудования	
Ультрафиолетовое излучение (повышенное значение)	Защита специальными экранами рабочие места сварщика	Средства индивидуальной защиты при выполнении сварочных работ: спецодежда, перчатки, очки/ маска.

Таблица 10 - Выявление классов и опасных факторов пожара

Участок, цех, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сварочный цех	АОТАИ М IG 500 – инверторный сварочный полуавтомат	Пожары, возникающие по причине воспламенения обмотки электрических проводов,	Пламя, искры, повышенная температуры окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, уменьшения видимости в дыму	Короткое замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части оборудования, агрегатов и изделий и иного имущества, химический ожег от средств тушения

Таблица 11 – Применяемые технические средства для обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Углекислотный огнетушитель ОУ-5	Пожарные автомобили общего назначения	-	-	Краны пожарные напорные, пожарные рукава	План эвакуации	Топор, лопата, багор, песок	Телефон в помещении начальника цеха, кнопка извещения о пожаре

Таблица 12 – Виды организационных и технических мероприятий по предотвращению пожара.

Наименование технологического процесса, оборудования технологического объекта	Наименование реализуемых организационных (организационно-технические) мероприятия	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Частично механизированная (полуавтоматическая) сварка в среде защитного газа CO ₂	Обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, в сварочном цехе должны быть индивидуальные средства защиты и предусмотрена местная вентиляция

Таблица 13 — Определение экологических факторов технического участка

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Частично механизированная (полуавтоматическая) сварка в среде защитного газа (CO ₂)	Заготовительная, гибочная, вальцовочная, фрезерная, сборочная, сварочная,	Образующиеся газообразные вещества сопутствующие процессу сварки	-	Ветошь пропитанная маслом, металлическая стружка, металлолом, упаковка от сварочной проволоки, бытовые отходы

Таблица 14 — Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Частично механизированная сварка в среде защитного газа
Мероприятия по уменьшению негативного антропогенного воздействия	Наличие контейнеров для отдельного сбора бытовых и производственных отходов, специальный контейнер для металлолома с необходимыми надписями на контейнерах, проведение инструктажа сотрудников, занятых на сварочном производстве о необходимости обязательной утилизации в контейнеры производственного мусора и металлических отходов. Сбор отработанной ветоши для последующей утилизации.

Выводы.

1. Представлена структура технологического процесса, даны технологические операции изготовления кессона, специальности работников, необходимое оборудование.

2. Определены профессиональные риски по имеющемуся технологическому процессу изготовления емкости.

В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие:

- режущие и колющие кромки инструмента, оборудования, заготовок и деталей;
- нагретые до высоких температур поверхности оборудования, материала и свариваемых деталей;
- движущиеся части машин и механизмов,
- повышенная ультрафиолетовая радиация,
- разбрызгивание расплавленного металла и искры от сварки,
- рентгеновские лучи.

3. Определены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

4. Проанализированы экологические факторы и разработаны меры по достижению экологической безопасности на производственном участке.

4 Оценка эффективности предложенных технических решений

При изготовлении кессона выполняется много сварочных работ.

Предлагается выполнять процесс частично механизированным (полуавтоматическим) способом сварки в среде защитного газа CO₂. Особенности данного метода: высоко производительный вид сварки, сварные соединения высокого качества. Сравним предложенный технологический процесс по экономическим показателям с базовым.

Таблица 15 – Значения переменных (исходных данных) для расчетов
Таблица исходных данных

Обозначение заданной исходной величины	Наименование заданной исходной величины	Единица измерения заданной исходной величины	Значение в базовом технологическом процессе	Значение в проектном технологическом процессе
Впр	Программа выпуска кессона в год	шт.	500	500
ТСч	Тарифная ставка часовая	руб/час	182,48	182,48
Нсоц	Количество процентов отчисления на социальные нужды	-	30,2	30,2
Нтр	Количество процентов отчислений на текущий ремонт оборудования	-	24	24
Наоб	Количество процентов амортизации на оборудования	-	20	20

Продолжение Таблицы 15

Обозначение заданной исходной величины	Наименование заданной исходной величины	Единица измерения заданной исходной величины	Значение в базовом технологическом процессе	Значение в проектном технологическом процессе
Нап	Количество процентов амортизационных отчислений на здания	-	3	3
КДк	Количество календарных дней в году	-	365	365
КДвых	Количество выходных дней в году	-	120	120
КДпр	Количество праздничных дней в году	-	19	19
ТРсм	Продолжительность рабочей смены	Ч	8	8
С	Число рабочих смен	-	1	1
Ц _{элек}	Цена сварочных электродов	руб/кг	252	-
Ц _{зг}	Цена защитного газа	руб/литр	-	3,8
q	Основной расход защитного газа на 1 метр шва	л/мин	-	9
Рэл(пр)	Расход электродов (проволоки) на 1 кессон	кг	3,84	1,67
Ц _{пров}	Стоимость проволоки за 1 кг	руб.	-	250
L _ш	Длина шва	м	14,22	14,22
V _{св}	Скорость сварки	м/ч	10	40

Продолжение Таблицы 15

Обозначение заданной исходной величины	Наименование заданной исходной величины	Единица измерения заданной исходной величины	Значение в базовом технологическом процессе	Значение в проектном технологическом процессе
R _м	Расход стали на 1 кессон	кг	275	275
Ц _м	Стоимость 1 кг стали	руб.	54,3	54,3
Цэ	Цена 1 кВтч электроэнергии	руб.	6,6	6,6
Цп	Цена одного квадратного метра площади здания цеха	руб.	7500	7500
Сп	Площадь, занимаемая под сварочные работы	м ²	4	4
n _{об. прин}	Количество оборудования, принятого для выполнения работ	-	1	1
Ц _{об}	Суммарная цена используемого оборудования	руб.	77500	114980

Расчет необходимого времени для производства сварочных операций для изготовления одного изделия ТШТ выполняется по формуле (3):

(3)

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{ол} + T_{об}, \text{ ч}$$

где T_o - основное (машинное) время, ч;

T_v – время вспомогательное, $T_v = T_o \cdot 0,1$ (10% от маш. времени), ч;

Тол - время на отдых и личные надобности, $T_{об} = T_{об} 0,05$ (5% от машинного времени), ч;

Тоб - время обслуживания рабочего места, $T_{об} = T_o \cdot 0,08$ (8% от машинного времени), ч.

$$T_o = L_{ш}/V_{св} , ч \quad (4)$$

Базовый процесс: $T_o = 14,22/10 = 1,42$ ч.

Проектный процесс: $T_o = 14,22/40 = 0,36$ ч.

Таблица 16 — Трудоемкость сварочного процесса

Вид процесса	T_o , ч	T_v , ч	Тол, ч	$T_{об}$, ч	$T_{шт}$, ч
Базовый	1,42	0,142	0,071	0,114	1,75
Проектный	0,36	0,036	0,018	0,029	0,44

Определим капитальные вложения при изготовлении кессона, используя базовый вариант технологического процесса на имеющемся оборудовании и при замене его на новое технологическое оборудование при выполнении процесса сварки изделия.

Вычисление капитальных вложений даст нам возможность сравнить два технологических процесса производства кессона на имеющемся и на предложенном оборудовании.

По формуле (5) вычислим общие капитальные вложения $K_{Во}$ в оборудование:

$$K_{Во} = K_{Вп} + K_{Вс}, \text{ руб.} \quad (5)$$

где $K_{Вп}$ — прямые капитальные вложения в оборудование, руб., определяется по формуле (6);

КВс. - сопутствующие капитальные вложения в приобретенное оборудование (только для проектного процесса сварки) вычисляются по формуле (6), руб.

$$КВп = \sum U_{об} \cdot k_3, \text{ руб.} \quad (6)$$

где $\sum U_{об}$ - стоимость всего применяемого сварного оборудования, руб.;

k_3 — коэффициент загрузки сварного оборудования, который вычисляется по формуле (7):

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (7)$$

где $n_{об.расчетн}$ — количество единиц оборудования, которое необходимо для выполнения принятого процесса изготовления изделия, вычисляется по формуле (8):

$$n_{об.расчетн} = \frac{V_{пр} \cdot T_{шт}}{\Phi_{эф}} \quad (8)$$

где значение $V_{пр}$ определяем из таблицы 16.

$\Phi_{эф}$ — фонд времени работы сварочного оборудования, ч, формула (9):

$$\Phi_{эф} = (КДк — КДвых — КДпр) \cdot ТРсм \cdot С \cdot (1 - k_{рп}), \text{ ч,} \quad (9)$$

где значения КДк, КДвых, КДпр, ТРсм, С берем из таблицы 16.

$k_{рп} = 0,06$ — потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку.

Подставим в формулу (9) исходные данные и найдем $\Phi_{эф}$:

$$\Phi_{эф} = (365 — 120 — 19) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1700 \text{ ч}$$

Определим количество единиц оборудования по формуле (8):

$$\text{Базовый процесс: } n_{\text{об.расчетн}} = \frac{500 \cdot 1,75}{1700} = 0,515.$$

$$\text{Проектный процесс: } n_{\text{об.расчетн}} = \frac{500 \cdot 0,44}{1700} = 0,13.$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования подставив значения переменных в формулу (7):

$$\text{Базовый процесс: } k_3 = \frac{0,515}{1} = 0,515.$$

$$\text{Проектный процесс: } k_3 = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

Подставим в формулу (5) рассчитанный коэффициент загрузки оборудования и найдем прямые капитальные вложения в оборудование:

$$\text{Базовый процесс: } \text{КВп} = 77500 \cdot 0,515 = 39912,5 \text{ руб.}$$

$$\text{Проектный процесс: } \text{КВп} = 114980 \cdot 0,13 = 14947,4 \text{ руб.}$$

Только для проектного процесса вычисляются сопутствующие капитальные вложения по формуле (10):

$$\text{КВс} = \text{КВм} + \text{КВд} + \text{КВпл}, \text{ руб.}, \quad (10)$$

где КВм — расходы на предложенные технологические решения, в частности на монтаж нового оборудования, рассчитывается по формуле (11), руб.;

КВд — расходы на демонтаж оборудования. Применяемого в базовом процессе, определим по формуле (11), руб.;

КВпл — расходы на дополнительные производственные площади по оборудованию, предложенное в проектном технологическом варианте, определим по формуле (13), руб.

$$KB_M = \sum C_{об} \cdot k_{МОНТ}, \text{ руб.} \quad (11)$$

где $k_{МОНТ} = 0,2$ — коэффициент установки оборудования для проектного технологического процесса.

$$KB_M = 114980 \cdot 0,2 = 22996 \text{ руб.}$$

$$K_{дем} = \sum C_{об} \cdot k_{дем}, \text{ руб.} \quad (12)$$

где $k_{дем}$ — коэффициент демонтажа оборудования.

$$K_{дем} = 75000 \cdot 0,2 = 15000 \text{ руб.}$$

$$KB_{пл} = S_{п} \cdot C_{п} \cdot g \cdot k_3, \text{ руб.} \quad (13)$$

где $g = 3$ — коэффициент, который учитывает свободные зоны от рабочих мест сварщиков.

$$KB_{пл} = 4 \cdot 7500 \cdot 3 \cdot 0,13 = 11700 \text{ руб.}$$

Подставим найденные значения переменных в формулу (10) и определим сопутствующие капитальные вложения:

$$KB_c = 22996 + 15000 + 11700 = 49696 \text{ руб.},$$

Соответственно по формуле (3) вычисляем KB_0 :

Базовый процесс: $KB_0 = 39912,5 \text{ руб.},$

Проектный процесс: $KB_0 = 14947,4 + 49696 = 64643,4 \text{ руб.}$

Вычислим удельные вложения в оборудование по формуле (14):

$$K_{уд} = \frac{KB_0}{B_{пр}}, \text{ руб.} \quad (14)$$

Базовый процесс: $K_{уд} = \frac{39912,5}{500} = 79,8$ руб.,

Проектный процесс: $K_{уд} = \frac{64643,4}{500} = 129,3$ руб.

По формуле (15) определяются расходы на материалы РМ:

$$PM = PM_{осн} + PM_{всп}, \text{ руб.} \quad (15)$$

где $PM_{осн}$ — расходы на основной материал, определяется по формуле (16), руб.;

$PM_{всп}$ — расходы на вспомогательные материалы, вычисляются по формуле (17) для базового процесса, по формуле (4.16) для предложенного проектного процесса сварки кессона, руб.

$$PM_{осн} = P_m \cdot C_m, \text{ руб.} \quad (16)$$

где значения P_m , C_m определяем согласно таблицы 16.

Для двух сравниваемых процессов

$$PM_{осн} = 275 \cdot 54,3 = 14932,5 \text{ руб.}$$

Для базового варианта процесса сварки вспомогательные затраты равны затратам на электроды, формула (17):

$$PM_{всп} = PM_{элек}, \text{ руб.} \quad (17)$$

где $PM_{элек}$ — затраты на приобретение электродов, находятся по формуле (19), руб.;

Для проектного технологического процесса сварки кессона вспомогательные затраты вычисляются по формуле (18):

$$PM_{\text{всп}} = PM_{\text{св.пров}} + P_{\text{зг}}, \text{ руб.} \quad (18)$$

где $PM_{\text{св.пров}}$ — затраты на сварочную проволоку, рассчитывается по формуле (19), руб;

$P_{\text{зг}}$ — затраты на защитный газ, определяется по формуле (20), руб.

$$PM_{\text{элек}} = PM_{\text{св.пров}} = R_{\text{эл(пр)}} \cdot C_{\text{элек(пров)}}, \text{ руб.} \quad (19)$$

где значения величин $R_{\text{эл(пр)}}$, $C_{\text{элек(пров)}}$ определяем из таблицы 16.

Базовый процесс: $3M_{\text{элек}} = 3,84 \cdot 252 = 967,68$ руб.,

Проектный процесс: $3M_{\text{св.пров}} = 1,67 \cdot 250 = 417,5$ руб.

$$Z_{\text{зг}} = H_{\text{зг}} \cdot C_{\text{зг}}, \text{ руб.} \quad (29)$$

где $H_{\text{з}}$ — расход защитного газа, вычисляется по формуле (21), л;
значение $C_{\text{з}}$ — цена защитного газа за 1 л, руб.

$$H_{\text{зг}} = q \cdot T_0, \text{ л} \quad (21)$$

где значение q находим в таблице 16.

Подставим значения переменных и вычислим $H_{\text{зг}} = 9 \cdot 0,36 = 3,24$ л,
затем $Z_{\text{зг}} = 3,24 \cdot 3,8 = 12,31$ руб.

Подставим в формулу (18) значения вычисленных переменных и определим для проектного варианта: $3M_{\text{всп}} = 417,5 + 12,31 = 429,81$ руб.

Определим затраты на материалы подставив в формулу (15) значения найденных переменных:

Базовый процесс: $3M = 14932,5 + 967,68 = 15900,18$ руб.,

Проектный процесс: $3M = 14932,5 + 429,81 = 15362,31$ руб.

По формуле (22) найдем затраты на электроэнергию:

$$P_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot T_о}{\eta} Цэ , \quad (22)$$

где $P_{об}$ - полезная мощность сварного оборудования вычисляется по формуле (23), кВт;

η - коэффициент полезного действия сварного оборудования;

$Цэ$ — стоимость электроэнергии, руб./кВт.

$$P_{об} = I_{св} \cdot U_{д}, \text{ кВт} \quad (23)$$

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

$U_{д}$ — напряжение на дуге, В;

Базовый процесс: $P_{об} = 100 \cdot 36 = 3,6$ кВт,

Проектный процесс: $P_{об} = 200 \cdot 21 = 4,2$ кВт.

Подставим значения переменных в формулу (22) и найдем затраты на электроэнергию.

Базовый процесс: $P_{э-э} = 3,6 \cdot 1,42 \cdot 6,6 / 0,85 = 39,69$ руб.,

Проектный процесс: $P_{э-э} = 4,2 \cdot 0,36 \cdot 6,6 / 0,87 = 11,47$ руб.

Определим затраты на содержание оборудования по формуле (24):

$$З_{об} = A_{об} + P_{тр}, \text{ руб.} \quad (24)$$

где $A_{об}$ - отчисления на амортизацию оборудования, находятся по формуле (25), руб;

$P_{тр}$ — траты на текущий ремонт оборудования, вычисляются по формуле (26), руб.

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{об} \cdot T_{и}}{\Phi_{эф} \cdot 100}, \text{ руб.} \quad (25)$$

где значения переменных $Ц_{об}$, $N_{об}$ находим в таблице 16.

$$\text{Базовый процесс: } A_{об} = \frac{77500 \cdot 20 \cdot 1,75}{1700 \cdot 100} = 15,96 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } A_{об} = \frac{114980 \cdot 20 \cdot 0,44}{1700 \cdot 100} = 5,95 \text{ руб.}$$

$$P_{тр} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{тр} \cdot T_{ш}}{\Phi_{эф} \cdot 100}, \text{ руб.} \quad (26)$$

где значение $N_{тр}$ находим в таблице 16.

$$\text{Базовый процесс: } P_{тр} = \frac{77500 \cdot 24 \cdot 1,75}{1700 \cdot 100} = 19,15 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } P_{тр} = \frac{114980 \cdot 24 \cdot 0,44}{1700 \cdot 100} = 7,14 \text{ руб.}$$

Подставим в формулу (24) найденные переменные и определим затраты на содержание оборудования.

$$\text{Базовый процесс: } Z_{об} = 15,96 + 19,15 = 35,11 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } Z_{об} = 5,95 + 7,14 = 13,09 \text{ руб.}$$

Вычислим затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей по формуле (27):

$$Z_{плоч} = \frac{Ц_{п} \cdot S_{п} \cdot N_{ап} \cdot T_{ш}}{\Phi_{эф} \cdot 100}, \text{ руб.} \quad (27)$$

где значения $Ц_{п}$, $N_{ап}$, $S_{п}$ представлены в таблице 16.

$$\text{Базовый процесс: } Z_{плоч} = \frac{7500 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,75}{1700 \cdot 100} = 0,93 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } Z_{плоч} = \frac{7500 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0,44}{1700 \cdot 100} = 0,23 \text{ руб.}$$

Определим основную заработную плату по формуле (28):

$$ЗП_{осн} = ТСч \cdot Т_{шт} \cdot k_{зпл}, \text{ руб.} \quad (28)$$

где значение величины ТСч определяем по таблице 16.

$k_{зпл}$ — коэффициент начисления на основную заработную плату, определяется по формуле (29).

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_y \cdot k_{пф} \cdot k_n, \quad (29)$$

Для обоих рассматриваемых процессов

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,828.$$

Подставим значения переменных в формулу (28) и найдем основную заработную плату:

$$\text{Базовый процесс: } ЗПЛ_{осн} = 182,48 \cdot 1,75 \cdot 1,828 = 583,75 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } ЗПЛ_{осн} = 182,48 \cdot 0,44 \cdot 1,828 = 146,77 \text{ руб.}$$

Определим дополнительную заработную плату по формуле (30):

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_o}{100} \cdot ЗПЛ_{осн}, \text{ руб.} \quad (30)$$

$$\text{Базовый процесс: } ЗПЛ_{доп} = \frac{8}{100} \cdot 583,75 = 46,70 \text{ руб.},$$

$$\text{Проектный процесс: } ЗПЛ_{доп} = \frac{8}{100} \cdot 146,77 = 11,74 \text{ руб.}$$

Вычислим заработную плату работников, задействованных в основном производственном процессе сварки кессона ФЗП.

$$\text{ФЗП} = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \text{ руб.} \quad (31)$$

Для базового процесса изготовления кессона:

$$\text{ФЗП} = 583,75 + 46,70 = 630,45 \text{ руб.},$$

Для проектного процесса заработная плата работников

$$\text{ФПР} = 146,77 + 11,74 = 158,51 \text{ руб.}$$

По формуле (4.30) определим расходы на социальное страхование:

$$O_{\text{сн}} = \frac{H_{\text{соц}} \cdot \Phi_{3П}}{100}, \text{ руб.} \quad (32)$$

где значение $H_{\text{соц}}$ находим в таблице 16.

Для базового процесса изготовления кессона:

$$O_{\text{сн}} = \frac{30,2 \cdot 630,45}{100} = 190,40 \text{ руб.},$$

Для проектного процесса страховые взносы составят:

$$O_{\text{сн}} = \frac{30,2 \cdot 158,51}{100} = 47,87 \text{ руб.}$$

Вычислим себестоимость технологическую производства изделия по формуле (33):

$$СТ = ЗМ + P_{\text{э-э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{плоч}} + \Phi_{\text{ПР}} + O_{\text{сн}}, \text{ руб.} \quad (33)$$

Базовый процесс: $C_{\text{тех}} = 15900,18 + 39,69 + 35,11 + 0,93 + 630,45 + 190,4 = 16796,76 \text{ руб.},$

Для проектного процесса изготовления изделия технологическая себестоимость: $СТ = 15362,31 + 11,47 + 13,09 + 0,23 + 158,51 + 47,87 = 15593,48 \text{ руб.}$

Определим себестоимость цеховую по формуле (34):

$$СЦ = СТ + P_{\text{цех}}, \text{ руб.} \quad (34)$$

где $P_{\text{цех}}$ - цеховые расходы определяются по формуле (35), руб.

$$P_{\text{цех}} = k_{\text{цех}} \cdot ЗП_{\text{осн}}, \text{ руб.} \quad (35)$$

Базовый процесс: $P_{\text{цех}} = 2,5 \cdot 583,75 = 1459,38 \text{ руб.},$

Проектный процесс: $P_{\text{цех}} = 2,5 \cdot 146,77 = 366,93 \text{ руб.}$

Цеховая себестоимость базового процесса: $СЦ = 16796,76 + 1459,38 = 18256,14 \text{ руб.},$

Цеховая себестоимость проектного процесса: $CЦ = 15593,48 + 366,93 = 15960,11$ руб.

По формуле (36) определим себестоимость заводскую изделия:

$$CЗ = CЦ + PЗ, \text{ руб.} \quad (36)$$

где $P_{зав}$ - заводские расходы находятся по формуле (37), руб.

$$PЗ = k_{зав} \cdot ЗПЛ_{осн}, \text{ руб.} \quad (37)$$

Базовый процесс: $PЗ = 1,8 \cdot 583,75 = 1050,75$ руб.,

Проектный процесс: $PЗ = 1,8 \cdot 146,77 = 264,19$ руб.

Заводская себестоимость для базового процесса: $CЗ = 18256,14 + 1050,75 = 19306,89$ руб.,

Заводская себестоимость для проектного процесса: $CЗ = 15960,11 + 264,19 = 16224,30$ руб.

По формуле (38) определим полную себестоимость изделия:

$$CП = CЗ + PВН_{пр}, \text{ руб.} \quad (38)$$

где $PВН_{пр}$ - внепроизводственные расходы считаются по формуле (39), руб.

$$PПН_{пр} = k_{вн} \cdot CЗ, \text{ руб.} \quad (39)$$

Для базового варианта процесса: $PВН_{пр} = 0,05 \cdot 19306,8 = 965,34$ руб.,

Для проектного варианта процесса: $PВН_{пр} = 0,05 \cdot 16224,30 = 811,22$ руб.

Полная себестоимость базового процесса: $CП = 19306,89 + 965,3 = 20272,19$ руб.,

Полная себестоимость проектного процесса: $CП = 16224,30 + 811,22 = 17035,52$ руб.

Таблица 17 — Основные экономические показатели процесса изготовления изделия

Наименование статей затрат	Базовый вариант процесса изготовления кессона	Проектный вариант процесса изготовления кессона
Расхода на основные материалы, руб.	14932,5	14932,5
Расходы на вспомогательные материалы, руб.	967,68	417,5
Расходы на потраченную электроэнергию, руб.	39,69	11,47
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.	35,11	13,09
Расходы на содержание занимаемой под оборудование площади, руб.	0,93	0,23
Заработная плата (основная), руб.	583,75	146,77
Заработная плата (дополнительная), руб.	46,70	11,74
Выплаты на социальное страхование, руб.	190,40	47,87
Себестоимость техническая, руб.	16796,76	15593,48
Себестоимость цеховая, руб.	18256,14	15960,11
Себестоимость заводская, руб.	19306,89	16224,30
Затраты внепроизводственные, руб.	965,34	811,22
Себестоимость полная, руб.	20272,19	17035,52

Прибыль, которая может быть получена при уменьшении себестоимости можно определить по формуле (40):

$$\Pi_0 = \Delta_{\text{уг}} = (C_{\text{полн}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{проект}}) \cdot N_{\text{пр}}, \text{ руб.} \quad (40)$$

где $C_{\text{полн}}^{\text{баз}}$ и $C_{\text{полн}}^{\text{проект}}$ - полная себестоимость продукции соответственно базовая и проектная, руб.

$$\Pi_0 = (20272,19 - 17035,52) \cdot 500 = 1618335 \text{ руб.}$$

По формуле (41) определим годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = [(C_{\text{полн}}^{\text{баз}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{баз}}) - (C_{\text{полн}}^{\text{проект}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{проект}})] \cdot N_{\text{пр}}, \text{ руб.} \quad (41)$$

где $E_n=0,33$ и является нормативным коэффициентом сравнительной экономической эффективности.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = [(20272,19 + 0,33 \cdot 79,8) - 17035,52 + 0,33 \cdot 129,3] \cdot 500 = 1610167,50 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется, если проектный процесс более капиталоемкий, т. е. выполняется условие $k_{\text{уд}}^{\text{баз}} < k_{\text{уд}}^{\text{проект}}$.

$$T_{\text{ок}} = \frac{KB_o^{\text{проект}}}{\Pi_o}, \quad (42)$$

Срок окупаемости (расчетный) при значениях меньше 0,5 округляем до ближайшего целого и получаем скор окупаемости, который принимается как цель определения окупаемости капитальных вложений. В отрасли машиностроения срок окупаемости не может превышать 4 года, иначе процесс по использованию проектного процесса изготовления изделия считается мало эффективным. $T_{\text{ок}} = \frac{64643,4}{1618335} \approx 1 \text{ год.}$

Определим коэффициент экономической эффективности, тем самым мы определим будет ли положительный экономический эффект от потраченных средств на замену технологического оборудования для изготовления кессона.

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (43)$$

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{1} = 1.$$

$E_{cp} > E_n$ замена технологического оборудования эффективно.

Снижение трудоемкости технологического процесса изготовления кессона определяется по формуле (44):

$$\Delta T_{шт} = \frac{T_{шт}^{баз} - T_{шт}^{проект}}{T_{шт}^{баз}} \cdot 100\% \quad (44)$$

$$\Delta T_{шт} = \frac{1,75 - 0,44}{1,75} \cdot 100\% = 75\%$$

где $T_{шт}^{баз}$ – время, которое необходимо для изготовления одного кессона с помощью базового варианта процесса, ч;

$T_{шт}^{проект}$ – основное время изготовления одного изделия по проектному варианту, ч.

Уменьшения трудоемкости идет за счет замены ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку в среде защитного газа CO_2 .

Повышение производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta T_{шт}}{100 - \Delta T_{шт}} \% \quad (45)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 75}{100 - 75} = 300\%$$

Вывод по экономической эффективности проекта

Замена технологии сварки при изготовлении кессона с ручной дуговой сварки на полуавтоматическую в среде защитного газа CO_2 понизит полную себестоимость техпроцесса изготовления заданного изделия на 16%, снизит трудоемкость производственного процесса на 75% и повысит производительность работников, занятых производством кессона на 300%. В результате снижения себестоимости продукции рассчитанная чистая прибыль может достигнуть 1618335 руб., кроме того годовой экономический эффект изготовления кессона предложенным оборудованием будет равен 1610167,50 руб. За один год вложенные средства в предлагаемое новое оборудование окупятся. Мероприятие по внедрению предложенного нового технологического процесса эффективно.

Заключение

1. Проанализированы способы сварки углеродистых сталей, описан базовый технологический процесс изготовления кессона и его недостатки.

2. Обоснован выбор способа сварки, последовательности и содержания операций, режимов обработки.

3. Выбраны технологические и вспомогательные материалы, оборудование и приспособления для проектного технологического процесса изготовления кессона.

3. Разработан технологический процесс изготовления кессона.

4. Представлена оценка безопасности и экологичности процесса.

5. Проектный способ выполнения процесса сварки кессона уменьшит полную себестоимость технологического процесса изготовления кессона на 16%, трудоемкость в предложенном варианте технологического процесса снизится на 75%, при этом производительность увеличится на 300%. Возможно, что рассчитанная чистая прибыль может составить 1618335 руб., а годовой экономический эффект может быть равным 1610167,50 руб. За один год вложенные средства в предлагаемое новое оборудование окупятся. Мероприятие по внедрению предложенного нового технологического процесса эффективно.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н. П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учеб. пособие для вузов / Н. П. Алешин. - Гриф МО. - М.: Машиностроение, 2006. - 367 с.
2. Браверман В. Я., Белозерцев В. С., Лелеков А. Т., Решетнева М. Ф. Слежение за стыком при дуговой сварке//Решетневские чтения, 2009, с. 320-321.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: электрон. учеб. -метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018. - С.41
4. Климов А.С. Машиностроение. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы) / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2021. – 67 с.
5. Козулин М.Г. Конструирование приспособлений для сварочного производства: учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 81с.
6. Краснопевцева И.В Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В.Краснопевцева – Тольятти, 2015, – С.21
7. Лучкин Р.С. Проектирование сварных конструкций: учеб. -метод. пособие / ТГУ; каф. "Оборудование и технология сварочного производства и пайки". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2008. - 173 с.
8. Макарова И.В. «Пульс» ручной дуговой сварки//Экспозиция, 2007, №17. с. 36-37
9. Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для вузов / Б. Г. Маслов. - Гриф УМО. - М.: Академия, 2008. - 271 с.
10. Мартынов Н.О. Электропитание установок дуговой сварки в системах энергоснабжения//IN SITU, 2015, №4, с. 42-44.

11. Мотяхов М.А. Электродуговая сварка металлов. М., Высш. школа, 1975.
12. Овчинников, В. В. Дефекты сварных соединений: учеб. пособие / В. В. Овчинников. - М.: Академия, 2008. - 64 с.
13. Сас А.В., Островский М.А., Капустин О.Е. Контроль и управление параметрами режима ручной сварки//Территория. Нефтегаз, 2014, №8, с.77-79.
14. Сварка и резка материалов. Учебное пособие. Под ред. Казакова Ю.В. М.: ИЦ «Академия», 2009. - 480 с.
15. Сидоров В.П., Смирнов И.В., Смирнов А.И., Архипкин Д.И. Расчетная оценка энергоэффективности процесса дуговой сварки с управляемым тепловложением//Альтернативная энергетика и экология IS JAEE, 2012, №7, с. 149-153.21.
16. Ханпетов М. В. Сварка и резка металлов. Изд. 2-е. М., Строй издат. 1980, 232 с.
17. Цай Т. Н., Борович М. К., Мандриков А. П. Строительные конструкции. М., Стройиздат, 1984, 284 с.
18. Чвертко А. И., Патон В. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. М., Машиностроение, 1981. 264 с.
19. Чусовитин С.И. Бакалаврская работа на тему «Технология и оборудование для изготовления стыкового соединения фланца с трубой»: [Электронный ресурс]. URL: <http://s/dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/986/1/Чусовитин%20МСб-1202.pdf>. (Дата обращения 25.08.2022)
20. Шебеко Л. П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. М., Высш. школа. 1975, 344 с.