

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология наплавки поршня гидроцилиндра

Студент

И.А. Куковякин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение качества на операции наплавки бронзы на поверхность поршня цилиндра оборудования для нанесения покрытий.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1. Разработан технологический процесс комбинированной наплавки аргоновой дугой. 2. Подобраны режимы наплавки. 3. Подобрано оборудование. 4. Проанализированы опасные факторы сопутствующие разработанному техпроцессу и разработаны мероприятия по их нейтрализации. 5. Экономически обоснованы предложенные технические решения.

Пояснительная записка содержит _56_ стр., _9_ рисунков, _5_ таблиц. Графическая часть работы содержит 6 листов формата А1.

Для повышения срока службы покрытия предложено применить двудуговую наплавку, что позволяет получать низкую зону сплавления, гибко регулировать тепловложение в основной и присадочный материал. Дополнительно предложено применять при наплавке электрод с плоской рабочей частью. Проведенные теоретические исследования показали, что максимальную износостойкость обеспечивает БрАМц 9-2. Применение электрода с плоской рабочей частью позволяет за один проход наплавлять нужный слой бронзы на поверхность поршня. Разработана технология двудуговой наплавки бронзы БрАМц 9-2 на поверхность поршня. Подобрано соответствующее оборудование.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Проведена экономическая оценка проекта.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	6
1.2 Анализ свойств материала поршня	8
1.3 Применяемая технология наплавки слоя бронзы	12
1.4 Варианты повышения характеристик наплавленного слоя	15
1.5 Задачи работы.....	19
2 Разработка технологического процесса.....	20
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	24
3.1 Характеристика разработанного технического объекта.	24
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	25
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	26
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	27
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	30
3.6 Заключение по разделу	31
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений	32
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов	32
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	35
4.3 Размер капитальных по базовому и проектному вариантам	36
4.4 Расчет технологической себестоимости	39
4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	49
4.6 Выводы по разделу.....	50
Заключение	51
Список используемых источников.....	52

Введение

Предприятие ООО Завод промышленных покрытий сравнительно молодое, строительство началось в 2005 году. Строительство завода не является чьей то прихотью – защита от коррозии является актуальной. Определение коррозии, как оно сформулировано в ИСО, звучит так. «Физико-химическое взаимодействие между металлом и окружающей средой, приводящее к изменению свойств металла и которое может часто приводить к нарушению функции металла, окружающей среды или технической системы, частью которой они являются». К настоящему времени разработано множество методов борьбы с коррозией. Применяют специальные добавки в металлы, (легирование) химические методы и покрытия. Покрытия применяют наиболее часто. Наше предприятие специализируется на цинк-ламельных покрытиях, получаемых технологиями гальванического осаждения по технологиям DELTA-MKS. Технологическое оснащение предприятия обеспечено оборудованием фирм AQUACOMP HARD, Driesch, Ecoteam. Поставленные данными фирмами технологические комплексы оснащены, в том числе, гидравлическими системами. Гидравлические системы получили широкое применение в различных машинах и технологическом оборудовании. Традиционно гидравлическая система состоит из насоса, трубопроводов, коммутационного оборудования, гидроцилиндров. Гидроцилиндры являются важным элементом гидросистем. Принцип действия гидравлических систем основан на свойствах текучести и несжимаемости жидкости, используемой в качестве рабочей среды. Однако использование в гидросистемах жидкости требует обеспечения высокой степени уплотнения между поршнем и гильзой цилиндра, высоких антифрикционных характеристик данной пары трения.

Сложные технологические комплексы нуждаются и в обслуживании. Поэтому на предприятии имеется ремонтно-механический участок.

Поскольку закупалось оборудование ведущих зарубежных фирм, оно оснащено, в том числе, и всем необходимым для поддержания его в работоспособном состоянии.

Однако некоторые исполнительные механизмы гидросистем, гидроцилиндры, выходят из строя или начинают работать неэффективно по причине износа. В гидроцилиндрах должна обеспечиваться высокая степень уплотнения между поршнем и гильзой цилиндра, высокие антифрикционные характеристики данной пары трения. Поскольку предприятия поставщики оборудования не обеспечили поставку технологий восстановления гидроцилиндров, разработка технологии для восстановления данных деталей наплавкой является актуальной.

Как правило применяют наплавку на поршень бронзы. Существуют различные технические решения, ручная дуговая наплавка покрытыми электродами, наплавка под флюсом сплошной проволокой, наплавка порошковой проволокой. Например, на ОАО Тяжмаш, Сызрань, применяют ручную аргонодуговую наплавку неплавящимся электродом поршня цилиндра мельницы валковой. При этом в технологический процесс введены операции послойного контроля с заваркой выявленных дефектов. Также приходится заваривать недопустимые дефекты после операции окончательного контроля.

Цель настоящей работы – повышение качества на операции наплавки бронзы на поверхность поршня цилиндра оборудования для нанесения покрытий.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Гидравлическая система применяемая в технологическом оборудовании, как правило, состоит из агрегатов трех групп:

1. Насосы, насосные станции.
2. Краны, клапаны управления, преобразователи давления.
3. Гидродвигатели, силовые цилиндры, гидроусилители.

Важную роль в обеспечении функционирования гидросистем играют гидроцилиндры. Устройство гидроцилиндра достаточно простое, гильза, крышки, поршень. Гидроцилиндр преобразует энергию жидкости в возвратно-поступательное перемещение поршня. Поршень связан с исполнительными механизмами технологических линий по нанесению покрытий.

Общий вид поршня гидроцилиндра представлен на рисунке 1.1. Условия эксплуатации гидроцилиндра – статические и знакопеременные нагрузки. Жидкость внутри – масло. Следовательно, коррозионного воздействия среды нет. Также нет абразивного действия частиц. Износ идет по механизму трения металл по металлу.



1.2 Анализ свойств материала поршня

С учетом условий эксплуатации для поршня цилиндра применяют, согласно технологической документации, сталь 37Cr4, 41Cr4. Нанесенный слой из бронзы 2.0960 аналог БрАМц 9-2, или бронзы 2.1020, аналог БрОФ 6,5-0,15, или 2.0855 аналог БрКМЦ 3-1.

Механические свойства и химический состав стали 37Cr4 приведены в таблицах 1.1 и 1.2 [1].

Таблица 1.1 - Химический состав стали 37Cr4 в %, согласно EN 10083-3:2006.

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Медь	Никель	Сера	Фосфор
				Не более			
0,34-0,41	<0,4	0,6-0,9	0,9-1,2	0,3	0,3	0,035	0,025

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 37Cr4.

Временное сопротивление, σ_B МПа	Предел текучести, σ_T МПа	Относительное удлинение, δ_0 , %
Не менее		
750	510	14

Оценим свариваемость материала конструкции. Свариваемость — это комплексная технологическая характеристика металлических материалов, зависящая от многих факторов. Основное общее определение свариваемости установлено ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют».

Анализ свариваемости стали 37Cr4 позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним

способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25...0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35...0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$\text{HCC} = \frac{C \left(S + P + \frac{\text{Si}}{25} + \frac{\text{Ni}}{100} \right) 10^3}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}},$$

Аналогично первой формуле после выполненных расчетов проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя и по величине предела прочности.

Однако расчетные формулы не могут учесть все факторы эксплуатации сварного изделия. Поэтому выполняют сварку технологических проб и по результатам анализа делают вывод о свариваемости. Вывод о свариваемости делают на основании появления горячих или холодных трещин.

Кроме того, в некоторых случаях выполняют разрушение сваренного образца или фрагмента сваренного образца при статическом растяжении или ударном воздействии.

Для наплавки применяется бронза. Бронзами называют сплавы меди с оловом, алюминием, бериллием и некоторыми другими элементами.

Бронзы бывают простыми (БрА5, БрБ2) и сложными. В сложных бронзах, кроме основных, есть легирующие элементы (Ni, Fe, Mn и др.).

Например, бронза БрАПЖ6Н6 содержит соответственно 11 % Al, 6 % Fe, 6 % Ni, остальное—Си.

Бронзы бывают однофазными, состоящими из одной фазы — твердого раствора, и двухфазными, в которых второй фазой обычно является химическое (металлическое) соединение.

Однофазные бронзы хорошо обрабатываются давлением, их поставляют в виде листов, прутков, труб; двухфазные обладают хорошими литейными свойствами.

Предлагаемая для наплавки вместо импортной бронзы 2.0960 бронза БрАМц 9-2 - алюминиевая бронза. Обладает высоким сопротивлением при знакопеременной нагрузке. Из нее изготавливают трубные доски конденсаторов, износостойкие детали, винты, валы, детали для гидравлических установок; полуфабрикаты (полосы, ленты, прутки, проволока, поковки); проволоку для ручной сварки в защитных газах алюминиево-марганцевой бронзы, мышьяковистой латуни, меди и медно-никелевого сплава с алюминиево-марганцевой бронзой, для ручной и механизированной наплавки на сталь.

Химический состав бронзы БрАМц 9-2 приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Нормируемый химический состав бронзы марки БрАМц 9-2 в %.

Медь	Кремний	Марганец	Алюминий	Цинк	Олово	Свинец	Фосфор
				Не более			
86-90,5	До 0,1	1,5-2,5	8-10	1	0,1	0,03	0,01

Прочность данной бронзы, в зависимости от сортамента 470-590 МПа.

Пластичность – 5-15%.

Предлагаемая для наплавки вместо импортной бронзы 2.1020 бронза БрОФ 6,5-0,15 - бронза оловянная, обрабатываемая давлением. Из нее изготавливают ленты, полосы, прутки, применяемые в машиностроении; подшипниковые детали, трубы-заготовки для изготовления биметаллических сталебронзовых втулок; проволоку для ручной сварки в защитных газах оловянно-фосфористой бронзы и оловянных бронз.

Химический состав бронзы БрОФ 6,5-0,15 приведен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Нормируемый химический состав бронзы марки БрОФ 6,5-0,15 в %.

Медь	Никель	Фосфор	Олово	Цинк	Железо	Свинец	Сурьма
				Не более			
92,28 - 93,8	До 0,2	0,1-0,25	6-7	0,3	0,05	0,02	0,002

Прочность данной бронзы, в зависимости от сортамента 350-570 МПа.
Пластичность – 12-40%.

Предлагаемая для наплавки вместо импортной бронзы 2.0855 бронза БрКМцЗ-1 выпускается в виде полос, лент, прутков и проволоки, имеет структуру однородного твердого раствора и легко обрабатывается давлением. В нагартованном состоянии применяется для пружин и пружинящих деталей, а также взамен оловяннофосфористых и оловянноцинковых бронз для деталей различного назначения. Из нее изготавливают детали всех видов для химических аппаратов, пружины и пружинящие детали, детали для судостроения, а также сварных конструкций. Бронза коррозионно-стойкая и жаропрочная.

Химический состав бронзы БрКМцЗ-1 приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Нормируемый химический состав бронзы марки БрКМцЗ-1 в %.

Медь	Кремний	Марганец	Алюминий	Цинк	Олово	Свинец	Фосфор
				Не более			
86-90,5	2,75-3,5	1,0-1,5	8-10	1	0,1	0,03	0,01

Прочность данной бронзы, в зависимости от сортамента 390-490 Па.

Пластичность – 10-15%..

1.3 Применяемая технология наплавки слоя бронзы

Те гидроцилиндры, которые в процессе эксплуатации начинают подтекать, на их поверхности в результате осмотра обнаруживаются потеки

гидравлической жидкости, демонтируются ремонтными службами предприятия и отправляются на ремонтно-механический участок.

Проведению восстановительной наплавки изношенного бронзового слоя предшествует внешний осмотр и выявление дефектов и пороков детали.

При этом выполняется следующая последовательность действий:

- детали промывают, удаляя с поверхности гидравлическую жидкость;
- осматривают деталь, выявляя повреждения и мелкие дефекты.

Достоверность дефектации деталей во многом определяется качеством очистки их поверхности. Чтобы удалить гидравлическую жидкость с поверхности деталей, их следует отмывать в керосине или растворителях, при этом использование бензина недопустимо. Деталь следует погрузить в емкость с керосином на 6...8 часов. После промывки следует насухо протереть деталь протирочным материалом (ветошью).

Дефектация проводится после промывки, в результате дефектации детали разделяют на три группы:

- к первой группе относят детали, размеры и внешний вид которых соответствуют требованиям, такие детали отправляют на участок сборки;
- ко второй группе относят детали, которые подлежат ремонту; повреждения таких деталей и их износ могут быть исправлены с применением имеющихся на предприятии технических средств;
- к третьей группе относят забракованные детали; восстановление этих деталей экономически нецелесообразно или не может быть проведено с применением имеющихся в наличии технических средств, такие детали утилизируют как металлический лом.

По результатам осмотра следует выявить степень износа поверхности каждого поршня и определить целесообразность проведения дальнейшего ремонта.

Перед выполнением восстановительной наплавки следует закрыть асбестом те поверхности, которые требуется предохранить от расплавленного металла [9, 12].

При выполнении восстановительной наплавки следует избегать перегрева наплавленного слоя. В связи с этим каждый слой наплавляют отдельными валиками, при наложении каждого валика следует дожидаться его полного остывания.

Затем идет очистка наплавляемой бронзовой проволоки химическим способом. Непосредственно перед наплавкой наплавляемую поверхность штока обезжиривают Уайт-спиритом.

Затем выполняется предварительный подогрев газовой горелкой наплавляемой поверхности до температуры 150-200°C.

После чего фиксируют шток гидроцилиндра в патроне токарного станка.

Перед наплавкой контролируют количество бронзовой проволоки в бухте. Наплавка должна выполняться без перерывов. Устанавливается горелка сварочная и механизм подачи проволоки в исходное положение, включается вращение детали и включается подача защитного газа, затем включается ток.

Производится наплавка слоя проволокой, $I=130...170$ А, $U=22...24$ В, полярность обратная, скорость наплавки 10...12 м/час, расход аргона 5-8 литров в мин. Наплавлять по 2-3 слоя. После наплавки каждого слоя поверхность металла очищать металлической щеткой от шлака, окалины до металлического блеска и производить визуальный контроль на наличие пор, трещин, непроваров. Выявленные дефекты удалить шлифованием с последующей заваркой.

После наплавки обеспечить замедленное охлаждение наплавленной детали. Здесь возможны такие варианты как поместить деталь в песок или обернуть ее слоем асбеста.

Остывшие поршни подвергаются визуальному контролю и магнитопорошковому контролю. Аппаратура, используемая при магнитопорошковом контроле дефектоскоп магнитный ДМПУ-1 и порошок ДИАГМА 1200.

1.4 Варианты повышения характеристик наплавленного слоя

При наплавке бронзы на сталь в зоне сплавления и в наплавленном металле вследствие окисления элементов сплава, например алюминия [9], наблюдается образование оксидных включений, способствующих зарождению газовых пор. Кроме того, на образование пор оказывает влияние водород. Источником водорода является повышенная влажность защитного газа и повышенное содержание его в проволоке.

Другая проблема – образование в процессе наплавки различных микродефектов, в первую очередь трещин, на границе «сталь-бронза».

Кроме того, возникают кристаллизационные трещины. Стойкость против кристаллизационных трещин зависит от интервала кристаллизации сплава и от содержания железа в шве [8].

Помимо кристаллизационных трещин в околошовной зоне стали образуются холодные трещины. Их образование обусловлено пластическими свойствами наплавляемой бронзы.

Помимо применения дуговых методов наплавки возможно гальваническое нанесение покрытия. Металлопокрытия получаемые гальваническим осаждением обладают высокой твердостью и высокой прочностью сцепления с основой. Повышается контактная жесткость в сопряжениях, снижается объемный и массовый износ деталей, уменьшается сила трения и температура в тяжело нагруженных парах трения. Однако, резко снижается сопротивление усталости из-за отрицательного воздействия растягивающих остаточных напряжений и высокой хрупкости покрытий. Их нельзя использовать в агрессивных средах из-за значительной пористости.

Однако недостатком является низкая производительность при нанесении таких покрытий и низкая экологичность процесса

Поэтому останавливаемся на дуговом методе нанесения покрытий. В настоящее время известны различные направления устранения перечисленных выше недостатков при дуговой наплавке бронзы на сталь

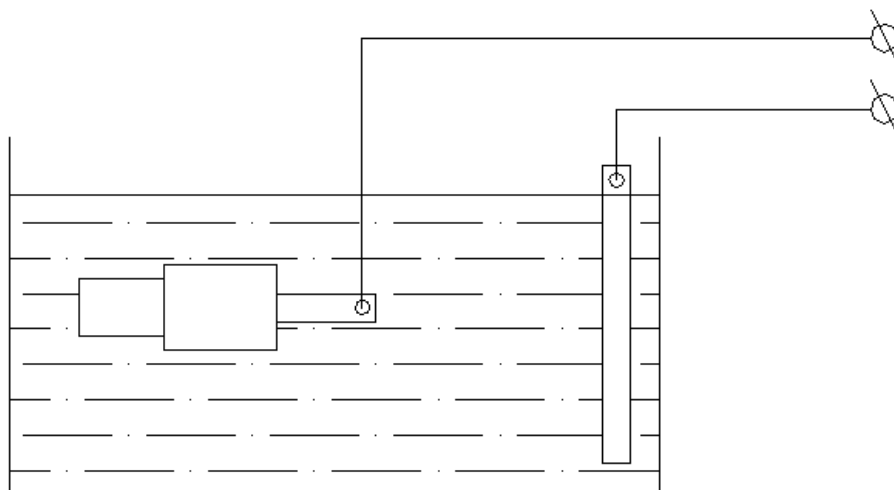


Рисунок 1.2 - Схема гальванического осаждения.

Например, в работе [4] разработан рациональный состав наплавочного материала для создания технологии дуговой наплавки алюминиевой бронзы на сталь штучными электродами, обеспечивающей высокое качество и работоспособность наплавленного металла в условиях трения «металл по металлу», и проведена экспериментальная оценка его служебных свойств.

Разработаны технические условия и технологический регламент изготовления электродов марок АБ-4/1 и АБ-17/РЗМ. Производство электрода марки АБ -4/1 освоено ЗАО «Завод сварочных материалов», Березовский Свердловской области. К достоинствам следует отнести, что помимо устранения пористости и трещинообразования снижается коэффициент трения в паре покрытие – сталь.

Главный недостаток в данной работе заключается в том, что от механизированной наплавки проволокой мы переходим к наплавке штучными электродами. При этом снижается производительность, требуется рабочий более высокой квалификации.

В работе [5] повышение качества наплавленного слоя реализуется путем использования комбинированного аргонодугового способа наплавки.

Для осуществления процесса наплавки алюминиевой бронзы на сталь была создана установка на базе токарно-винторезного станка ТВ-4. Вместо резцедержателя была установлена опорная рама, к которой крепился механизм подачи присадочной проволоки, сварочная головка, с 4мя степенями свободы. Особенность сварочной головки – использование неплавящегося вольфрамового электрода диаметром 1,5 мм с плоско заточенным торцом.

Принципиальная схема установки для наплавки, рисунок 1.3, следующая.

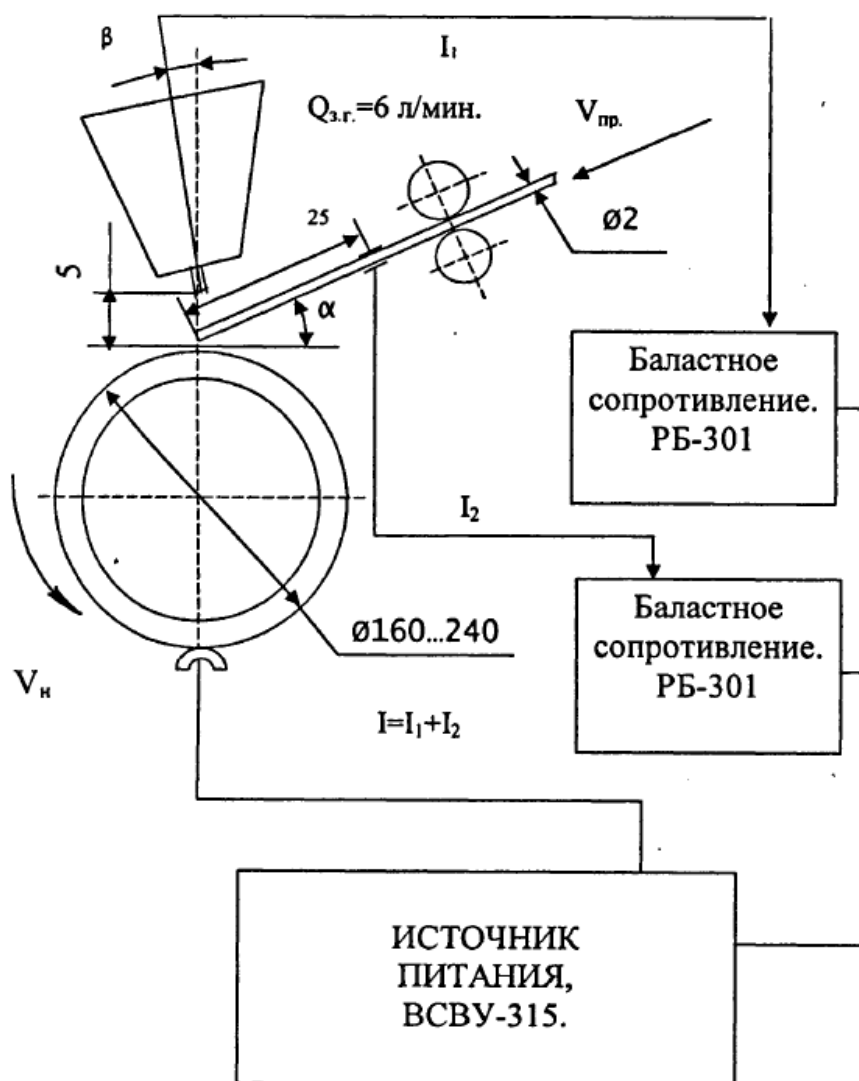


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема установки для наплавки

Наплавку производили присадочной проволокой Бр АМц-9 2 на цилиндрические образцы. Обработку результатов экспериментов проводили по стандартным методикам. Испытания на трение и износ проводили на машине с замкнутым кинематическим контуром фирмы «Амслер» по схеме трения скольжения частичного вкладыша о вращающийся ролик. Контртело изготавливалось из стали 0X10H20T2.

Применение двухдугового способа наплавки позволяет гибко регулировать тепловложение в основной и присадочный металл. Определены режимы послесварочной дуговой обработки наплавленного слоя, с целью его сглаживания и уменьшения пористости.

Следует отметить, что данное техническое решение используется достаточно давно [7].

Целью работы [6] получение механических характеристик сварного шва на уровне бронзы при аргонодуговой сварке алюминиевых бронз с углеродистыми и низколегированными сталями.

По результатам комплекса исследований химического состава получаемого сварного шва, его структуры, и механических свойств разработана технология аргонодуговой сварки алюминиевых бронз с углеродистыми и низколегированными сталями. Основное отличие предложенного технического решения от применяемых традиционно заключается в предварительной наплавке подслоя на сталь с минимальным расплавлением стали. Затем выполняется сварка подслоя с бронзой, что обеспечивает получение временного сопротивления и ударной вязкости сварных соединений на уровне свойств бронзы.

Однако толщина наплавляемого подслоя применительно к данному изделию непропорционально большая и после механической обработки свойства слоя бронзы будут определяться свойствами подслоя и антифрикционные характеристики слоя будут недостаточны из-за высокого содержания железа.

1.5 Задачи работы

Анализ конструктивных особенностей изделия, условий его эксплуатации, базового технологического процесса наплавки показал, что избежать высокой пористости покрытия и трещин на границе сплавления покрытие – основной металл можно применив комбинированную аргонодуговую сварку. При этом за счет отдельного регулирования тепловложения в основной и дополнительный металлы возможно минимизировать проплавление в основной металл.

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели мы должны решить следующие задачи: 1. Разработать технологический процесс комбинированной наплавки аргоновой дугой. 2. Подобрать режимы наплавки. 3. Подобрать оборудование. 4. Проанализировать опасные факторы сопутствующие разработанному техпроцессу и разработать мероприятия по их нейтрализации. 5. Экономически обосновать предложенные технические решения.

2 Разработка технологического процесса

Первые операции проектного технологического процесса остаются без изменений.

Режимы наплавки слоя комбинированным способом следующие. Диаметр вольфрамового электрода 1,5 мм. Диаметр бронзовой проволоки 2 мм. Угол подачи присадочной проволоки 15°. Ток в присадочной проволоке 60 А, при общем сварочном токе 130 А. Скорость подачи присадочной проволоки 63 см/мин. Напряжение на дуге $U=18$ В, полярность прямая. Скорость наплавки $V_n=34$ см/мин, расход аргона 6 литров в мин.

При этом используется вольфрамовый электрод. Одно из требований к неплавящемуся электроду – исключение попадания материала электрода в сварной шов. Поэтому материал, из которого изготовлен неплавящийся электрод, должен обладать высокой температурой кипения. Температура плавления вольфрама составляет 3422°C. По температуре плавления уступает лишь углероду, с той поправкой, что углерод не плавится, а возгоняется. Температура кипения 5555°C самая высокая среди исследованных элементов таблицы Менделеева. Попытки замены вольфрама другим, более дешевым материалом пока не увенчались успехом.

Поэтому, в основном, неплавящиеся электроды изготавливают из вольфрама. Реже применяют графит.

Неплавящиеся вольфрамовые электроды предпочтительно применять с добавками тория, оксида иттрия, лантана. Важным преимуществом для нашего случая является легкость зажигания дуги и стабильность ее горения. Неплавящиеся электроды применим WL диаметром 2 мм. Лантанированные электроды хорошо работают на низких, средних и больших токах, а также требуют на 10–15% меньшую силу тока для обеспечения поджига дуги. Кроме того, по сравнению с торированными они не радиоактивны. Стойкость лантанированного вольфрамового электрода превосходит торированные и церированные. Лантанированные электроды обозначают ЭВЛ.

Диаметр неплавящегося электрода для толщины соединяемого металла 3 мм принимаем 2,0-3,0 мм.

Как было сказано ранее [9] от заточки вольфрамового электрода во многом зависит качество сварного соединения. Для случая наплавки слоя принимаем вариант заточки с плоской поверхностью [6]. Применение такого электрода позволяет получить более плавную профилограмму наплавленного слоя. Это объясняется тем, что с увеличением угла при рабочей части электрода изменяется характер распределения давления дуги, рисунок 2.1.

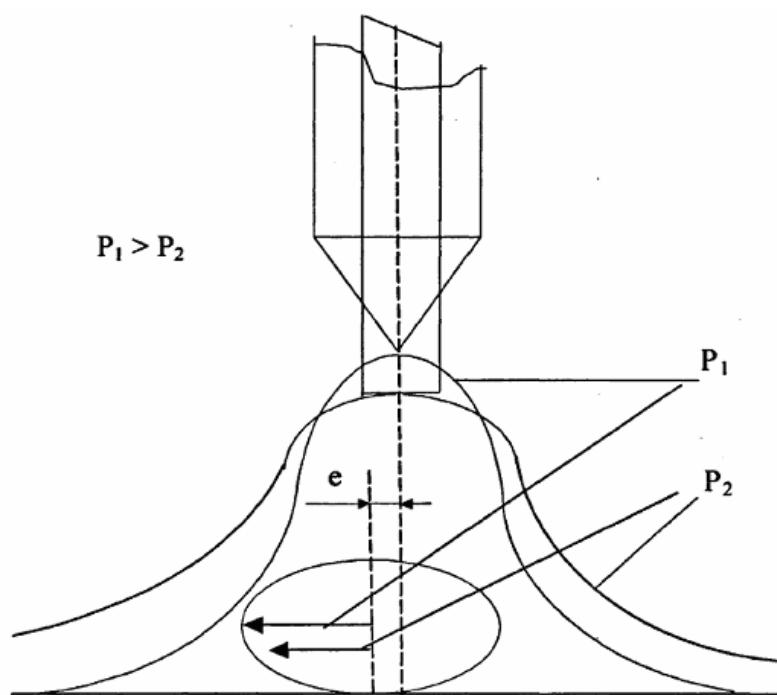


Рисунок 2.1.

Наплавлять по 2-3 слоя. После наплавки каждого слоя поверхность металла очищать металлической щеткой от шлака, окалины до металлического блеска и производить визуальный контроль на наличие пор, трещин, непроваров. Выявленные дефекты удалить шлифованием с последующей заваркой.

После наплавки деталь обернуть асбестом или уложить в термоконтейнер для обеспечения замедленного охлаждения.

После охлаждения производится визуальный контроль наплавленного покрытия и магнитопорошковый контроль. Аппаратура,

используемая при магнитопорошковом контроле дефектоскоп магнитный ДМПУ-1 и порошок ДИАГМА 1200.

Для сварки комбинированным способом, согласно схеме, рисунок 1.3, необходимы 2 балластных реостата, РБ-301.

Реостат балластный типа РБ-301 предназначен для регулирования тока при ручной дуговой сварке и наплавке металлов плавящимся электродом от многопостовых сварочных выпрямителей и генераторов постоянного тока. Реостат включается в цепь сварочного поста последовательно со сварочной дугой.

Балластный реостат является омическим сопротивлением и состоит из шести ступеней, которые могут включаться при помощи рубильников, расположенных на передней стенке реостата. Элементы сопротивления реостата изготовлены из жаростойкой фехральной проволоки диаметром 5 мм и 3,2 мм.

Элементы сопротивления выполнены в виде плоской спирали и в случае необходимости могут быть легко отсоединены и вынуты из каркаса.

Количество параллельно соединенных элементов рассчитано по номинальному току каждой ступени, поэтому во избежание перегрева частей реостата, при эксплуатации максимальный ток ступеней не должен превышать величин, указанных на заводском щитке. Стенки и крышка реостата съемные, что обеспечивает легкий доступ к элементам сопротивлений при профилактических и ремонтных работах. Для перемещения реостат снабжен двумя ручками и салазками. Общий вид реостата на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Реостат балластный РБ-301

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Характеристика разработанного технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология наплавки поршня гидроцилиндра». В процессе выполнения бакалаврской работы разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при наплавке на поршень изношенной поверхности гидроцилиндра технологического оборудования слоя бронзы.

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, рисунок 3.1. Понадобится источник питания сварочной дуги ВСВУ-315, на схеме обозначен 1. Кроме того, понадобятся два балластных реостата РБ-301. В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

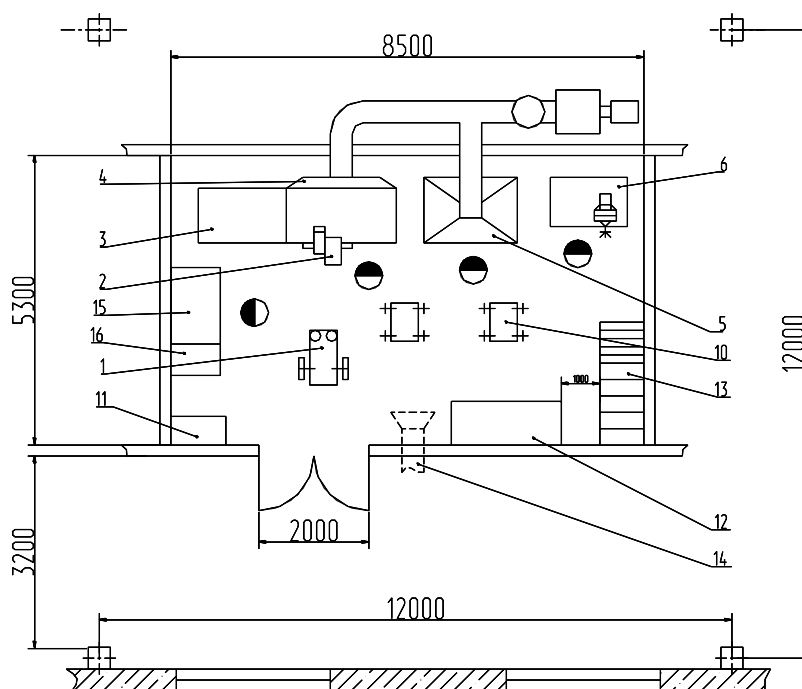


Рисунок 3.1 – Схема компоновочная участка наплавки

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Наплавка изношенной поверхности	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2		Дефектация	Контролер основного производства	Штангенциркуль	
3		Наплавка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Источник питания ВСВУ-315.	Проволока БрКМцЗ-1, круг абразивный
4		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при наплавке изношенной поверхности поршня гидроцилиндра технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Поршень
2	Дефектация	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Поршень
3	Наплавка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Источник питания ВСВУ-315, присадочная проволока БрКМц3-1, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Поршень

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и наплавляемые детали.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно

классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 3.4 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок наплавки	Источник питания ВСВУ-315	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; В) высокая температура окружающей среды; Г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические средства

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Наплавка изношенных поверхностей поршней гидроцилиндра	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами, создание на производственном участке добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Наплавка изношенных поверхностей поршней гидроцилиндра	Входной контроль	-	-	-
	Дефектация		-	
	наплавка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Наплавка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования производственных отходов в соответствующие емкости.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса восстановления наплавкой изношенных поверхностей поршня гидроцилиндра. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по наплавке изношенных поверхностей поршней гидроцилиндра. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции восстановления работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных в бакалаврской работе технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса наплавки изношенных бил сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу) и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений

В данном разделе бакалаврской работы производится сравнение двух вариантов наплавки слоя бронзы на поршень гидроцилиндра.

Базовый вариант наплавки предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами. Разработанный проектный вариант предусматривает применение механизированной сварки в среде инертного газа проволокой.

Сравним недостатки базового варианта, возможность устранения их в проектном варианте. Результаты сравнения оформим в виде таблицы 5.1.

Таблица 4.1 - Сравнительные характеристики базового и проектного варианта.

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварщику приходится контролировать длину дуги, подачу присадочного материала, нужен квалифицированный рабочий.	Подача присадки механизирована, можно использовать рабочего меньшего разряда, экономим заработную плату с начислениями.
Остаются огарки электродов, следовательно, большой расход присадочного материала	За счет применения проволоки расход присадочного материала сокращается.
Низкая скорость сварки, следовательно, низкая производительность	При механизированной сварке сила тока больше, скорость сварки больше, следовательно выше производительность процесса наплавки слоя бронзы.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные, необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	20175	66000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{п-з}} + t_{\text{о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{н.п}} \quad (4.1)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{о}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{всп}} = 10\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{обсл}} = 5\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{отл}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{отл}} = 5\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{п-з}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и

проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{оп-з} = 1\%$ от t_0 .

Расчет машинного времени наплавки дефектного поршня гидроцилиндра берем из технологических карт.

Для базового варианта: общая протяженность сварного шва 4000 мм. Скорость сварки 8-10 метров час, или 160 мм/мин тогда

$$t_{машб} = 4000/160 = 25 \text{ мин} = 0,4 \text{ часа}$$

Для проектного варианта протяженность швов такая же, но скорость сварки 15-20 метров в час, или 300 мм/мин.

$$t_{машпр} = 4000/300 = 13,33 \text{ мин} = 0,22 \text{ часа}$$

Подставив в (4.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 25 + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 5\% + 25 \cdot 1\% = 31,5 \text{ мин.} = 0,525 \text{ час.}$$

$$t_{штпр} = 13,33 + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 5\% + 13,33 \cdot 1\% = 16,789 \text{ мин.} \\ = 0,28 \text{ час.}$$

4.3 Размер капитальных по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{общ}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (4.5)$$

где $K_{пр}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{соп}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{пр} = \sum \Pi_{об} \cdot k_z \quad (4.6)$$

где $\sum \Pi_{об}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} \quad (4.7)$$

где: $N_{пр}$ – годовая программа, 1000 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку одного стыка окрайки (штучное), мин.;

$\Phi_{эф}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (4.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (4.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_K - D_{вых} - D_{пр}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - k_{р.н}) \quad (4.9)$$

где: D_K – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{р.н}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

Для базового варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{1000 \cdot 3,72}{1812 \cdot 60} = 0,23 \text{ шт}$$

$$k_{3б} = \frac{0,23}{1} = 0,23$$

$$K_{\text{прб}} = 20175 \cdot 0,23 = 2340,25 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{1000 \cdot 1,83}{1812 \cdot 60} = 0,12 \text{ шт}$$

$$k_{3пр} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$K_{\text{прпр}} = 66000 \cdot 0,12 = 7056 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (4.10)$$

$K_{\text{монт}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{\text{дем}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{\text{площ}}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{монт}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям
 $k_{\text{монт}} = 0,2$.

$$K_{\text{монт}} = 66000 \cdot 0,2 = 1120 \text{ руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{дем}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям,
 $k_{\text{дем}} = 0,2$

$$K_{\text{дем}} = 20175 \cdot 0,2 = 305,25 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

где g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 1080 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 7056 + 1080 + 1425,25 = 9561,25 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 2340/1000 = 2,34 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 9561/1000 = 56,48 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости

Размер затрат на материалы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

Поскольку конструкция изделия, поршня гидроцилиндра, изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время технологии наплавки в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле:

$$ЗМ_{эл.} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (4.16)$$

где $Ц_{эл.}$ – стоимость электродов, руб/кг;

$Н_{эл.}$ – расход сварочной проволоки согласно нормативам, кг.

$$Н_{эл.} = У \cdot L_{ш.} \quad (4.17)$$

где $У$ – расход электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{ш.}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$У = кр \cdot М_{напл.мет} \quad (4.18)$$

где $кр$ – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$М_{напл.мет}$ – общее количество штучных электродов, нужных для формирования наплавленного слоя бронзы, кг.

$$М_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

где ρ – плотность бронзы, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 72 \text{ мм}^2$.

$$М_{напл.мет} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{эл} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 88 \cdot 0,227 = 12,96 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{б} = 12,96 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой технологии наплавки дефектных поршней гидроцилиндра в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{свпг} = ЗМ_{свпг} + Ззг \quad (4.20)$$

Размер затрат на присадочную проволоку определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ_{свпр} = Ц_{пр} \cdot Н_{пр} \quad (4.21)$$

где $Ц_{пр}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;
 $Н_{пр}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Норму расхода присадочной проволоки определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Н_{пр} = У \cdot L_{ш} \quad (4.22)$$

где $У$ - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно нормативам, кг/м;

$L_{ш}$. – общая длина ремонтного сварного соединения, м.

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (4.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;
 $M_{напл.мет}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для получения наплавленного слоя заданной толщины, кг.

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (4.24)$$

где ρ – плотность бронзы – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;
 F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{пр} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{свпр} = 69 \cdot 0,227 = 15,66 \text{ руб.}$$

Расходы на защитный газ определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (4.25)$$

где $Ц_{з.г.}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$Н_{з.г.}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норму расхода определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Н_{з.г.} = У_{з.г.} \cdot L + У_{доп} \quad (4.26)$$

где $У_{з.г.}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$У_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_o \quad (4.27)$$

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_o – вычисленное по формуле (4.2) время сварки шва.

$$У_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$У_{доп.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, $м^3$.

$$У_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (4.28)$$

где $t_{всп}$ – время расхода газа, мин;

$q_{зг}$ – норма расхода газа в единицу времени, $м^3/\text{мин}$.

$$У_{доп} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$Н_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$З_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 18,36 + 31,95 = 50,31 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{об}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (4.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении наплавки слоя бронзы, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

Для применяемого на предприятии варианта ремонтной наплавки:

$$P_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

Для предлагаемого варианта ремонтной наплавки

$$P_{обпр} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

Размер финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (4.30)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.31)$$

где Цоб – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

Наоб – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{шт}$ – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$\Phi_{эф}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$A_{обб} = \frac{2340,25 \cdot 0,41 \cdot 18 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 0,08 \text{руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{7056 \cdot 0,22 \cdot 18 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 0,13 \text{руб}$$

Объём отчислений на ремонт оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (4.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$.

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$P_{тр}^{б} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,027}{1812 \cdot 100} = 0,20 \text{руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,012}{1812 \cdot 100} = 0,16 \text{руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{\text{об}}^{\text{б}} = 0,24 + 0,20 = 0,44 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{об}}^{\text{пр}} = 0,21 + 0,16 = 0,37 \text{ руб.}$$

Объём затрат на производственные площади определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}} \cdot Ha_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.33)$$

где $Ц_{\text{пл}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$Ha_{\text{пл}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{пл}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м².

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{\text{пл}}^{\text{б}} = \frac{3000 \cdot 21 \cdot 0,525 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 3,38 \text{ руб}$$

$$З_{\text{пл}}^{\text{пр}} = \frac{3000 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 2,06 \text{ руб}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $З_{\text{доп}}$:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

где $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$ – основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата.

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_y \cdot k_{пф} \cdot k_H \quad (4.36)$$

где $k_{пр} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,087$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,14$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,076$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

После подстановки в формулу (4.35) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{осн}^Б = 0,525 \cdot 74,89 \cdot 1,88 = 73,91 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{ПР} = 0,28 \cdot 53,16 \cdot 1,88 = 27,98 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.37)$$

где k_d – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 73,91 \cdot 12 / 100 = 8,86 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 27,98 \cdot 12 / 100 = 3,35 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_Б = 73,91 + 8,86 = 82,77 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 27,98 + 3,35 = 31,33 \text{ руб.}$$

Объём $O_{сн}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot H_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где $N_{\text{соц}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{CH}^B = 82,77 \cdot 34 / 100 = 28,14 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{np} = 31,33 \cdot 34 / 100 = 10,65 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3М + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \Phi 3П + O_{\text{СН}} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХ}}^B = 12,96 + 82,77 + 28,14 + 4,1 + 13,04 = 141,01 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{IP} = 50,31 + 31,33 + 10,65 + 8,14 + 7,94 = 108,37 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} - 3_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^B = 141,01 + 73,91 \cdot 250 / 100 = 141,01 + 184,77 = 325,78 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{IP} = 108,37 + 27,98 \cdot 250 / 100 = 108,37 + 69,95 = 178,32 \text{ руб.}$$

Значение $C_{зав}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} = C_{цех} + k_{зав} \cdot Z_{осн} \quad (4.42)$$

где $P_{зав}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{зав}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{зав}^B = 325,78 + 73,91 \cdot 215/100 = 325,78 + 158,91 = 484,68 \text{ руб.}$$

$$C_{зав}^{ПП} = 178,32 + 27,98 \cdot 215/100 = 178,32 + 60,15 = 238,47 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на наплавку слоя на один поршень гидроцилиндра

Показатели	Услов. обозн	Калькуляция, руб	
		базовый	Проект
2	3	4	5
Затраты на материалы	ЗМ	12,96	50,31
Объём фонда заработной платы	ФЗП	82,77	31,33
Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	28,14	10,65
Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{об}	4,1	8,14
Затраты на площади	Зпл	13,04	7,94
Затраты на электроэнергию	З _{э-э}	0,77	0,63
Себестоимость технологическая	C _{тех}	141,01	108,37
Цеховые расходы		184,77	69,95
Себестоимость цеховая	C _{цех}	325,78	178,32
Заводские расходы		158,91	60,15
Себестоимость заводская	C _{зав}	484,68	238,47

4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

После подстановки в формулу (4.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Пр_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (484,68 - 238,47) \cdot 1000 = 246210 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_г = [(C_{зав}^б + E_n \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_n \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_г = [(484,68 + 0,33 \cdot 2,16) - (238,47 + 0,33 \cdot 56,48)] \cdot 1000 = 238225 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,525 - 0,28}{0,525} \cdot 100\% = 46\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.46)$$

$$П_T = \frac{100 \cdot 46}{100 - 46} = 85\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{\text{уГ}}} \quad (4.47)$$

$$T_{ок} = \frac{9561,25 - 2340,25}{246210} = 0,52 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (4.48)$$

4.6 Выводы по разделу

По сравнению с базовым вариантом трудоемкость в проектном варианте снизилась на 46%, себестоимость технологическая снизилась на 23%. Производительность труда повысилась на 85%. Эти результаты достигнуты за счет механизации процесса ручной дуговой наплавки. Однако для этого требуются дополнительные капитальные вложения в размере 7221 руб. Срок их окупаемости составит 0,06 года. Имеем экономический эффект в сфере производства в размере 243814 руб.

Заключение

В ходе анализа состояния вопроса наплавки бронзы на поверхность изношенного поршня выполнен анализ материала для изготовления поршня, анализ возможных вариантов наплавляемой бронзы, описана базовая технология описана базовая технология наплавки слоя бронзы, сформулированы трудности при дуговой наплавке слоя бронзы на сталь.

Анализ базового технологического процесса показал, что применяемый технологический процесс наплавки характеризуется высоким уровнем дефектов. Выполненный анализ возможных вариантов модернизации технологии наплавки бронз на поверхность стального изделия позволил сделать вывод, что использование технологии комбинированной аргонодуговой наплавки уменьшает пористость покрытия, уменьшает трещинообразование. Разработан технологический процесс комбинированной наплавки, определены режимы, обеспечивающие снижение дефектов.

Применение комбинированной наплавки по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда на 75%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическая эффективность предлагаемых технических решений» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 238255 руб.

Также рассмотрены вопросы безопасности труда при нанесении слоя бронзы по разработанной технологии. Показано, что применением существующих в промышленности средств защиты можно нейтрализовать опасные и вредные производственные факторы, при наплавке.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при ремонтной наплавке на поверхность стальных изделий слоя бронзы.

Можно сделать вывод о выполнении задач бакалаврской работы и о достижении ее цели.

Список используемых источников

1. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с
2. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
3. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
4. Банов, М.Д. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.: Под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия, 2000. – 400 с.
5. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
6. Масаков, В.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. Пособие / В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 184 с.
7. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
8. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
9. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
10. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.

11. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
12. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
13. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.
14. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.
15. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
16. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
17. Enancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
18. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
19. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
20. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
21. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

22. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
23. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
24. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
25. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
26. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
27. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
28. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
29. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
30. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
31. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной

- сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.
32. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
33. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
34. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
35. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
36. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.