

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 и оборудование восстановления бил
роторной дробилки

Студент

Д.А. Новиков
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

При утилизации отходов поливинилхлорида расходным инструментом являются дробящие элементы – билы роторов. Периодическая замена бил сказывается на стоимости переработки отходов, существенно повышая её и делая экономически невыгодной в условиях современной российской действительности.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления снашивающихся деталей роторных дробилок для измельчения ПВХ отходов.

Базовый вариант технологии восстановления и упрочнения с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов.

На основании выполненных работ были сформулированы и решены задачи: 1) составить технологический процесс нанесения защитного покрытия; 2) подобрать необходимое оборудование для осуществления операций проектного технологического процесса; 3) назначить параметры режима; 4) выполнить планировку участка.

Выполнен анализ проектной технологии восстановления и упрочнения на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,19 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при восстановлении и упрочнении деталей машин.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния вопроса восстановления деталей машин.	7
1.1 Сведения о конструкции изделия и условиях его работы	7
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Предварительный отбор и анализ источников научно-технической информации.	11
1.4 Обоснование способа восстановления детали	13
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	20
2 Проектная технология восстановления и упрочнения.	21
2.1 Описание операций технологического процесса восстановления и упрочнения	21
2.2 Выбор необходимого оборудования и расчет режимов наплавки	22
2.3 Планировка участка для восстановления и упрочнения бил дробилки	26
Заключение по второму разделу	29
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	30
3.1 Технологическая характеристика объекта	30
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	31
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	32
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	33
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.	35
3.6 Заключение по разделу	36
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических	

решений	37
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	37
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	39
4.3 Расчет штучного времени	40
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	44
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	50
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	53
Заключение по экономическому разделу	56
Заключение	57
Список используемой литературы	58

Введение

Поливинилхлорид служит сырьём для изготовления более 3000 видов различных материалов. Изделия из этого материала применяются в лёгкой, пищевой, электротехнической, автомобильной промышленности, машиностроении, строительной отрасли, судостроении, медицине. Такое широкое применение поливинилхлорида объясняется его уникальными свойствами: эксплуатационными, диэлектрическими, физико-химическими [1, 2]

В связи с широким применением поливинилхлорида мировая цивилизация столкнулась с существенной проблемой – загрязнение окружающей среды отходами полимерных материалов. Большую часть этих отходов представляют собой отработанные изделия из полистерола, полиэтилена, различных пластмасс, полипропилена, и резинотехнических изделий. Основным методом утилизации этих отходов является складирование на полигонах твёрдых бытовых отходов или сжигание. Эти методы приводят к загрязнению окружающей среды.

В природе не существует микроорганизмов, способных эффективно разлагать полимерные материалы, превращая их в безопасные для окружающей среды вещества. Эти полимерные отходы при захоронении не проходят стадию биологического разложения, длительное время (десятки и сотни лет) находятся в окружающей среде и сами выступают источником интенсивного инфекционного заражения [3].

Сжигание поливинилхлорида приводит к выделению крайне вредных веществ. В числе этих ядовитых для всего живого веществ можно отметить: фосген, бензпирены, хлористый водород. Фосген является боевым отравляющим веществом, которое предполагается использовать во время мировой войны. Бензпирены являются очень сильными канцерогенами. Хлористый водород при взаимодействии с парами воды становится соляной кислотой, раздражая и разрушая органы дыхания и слизистые [3, 4].

Сжигание поливинилхлорида приводит к выделению диоксинов, распространение которых происходит на существенные расстояния. При этом диоксины встраиваются в пищевые цепочки растительного и животного мира. В последствии они попадают в тело человека, аккумулируясь там. Разложение диоксинов происходит очень медленно, порядка 100 лет, они подавляют иммунную систему, приводят к образованию злокачественных новообразований, вызывают ускоренное старение организма, нарушают репродуктивную функцию и генные изменения, угнетают умственную и психическую активность [5, 6].

Единственно правильным решением борьбы с пластиковыми отходами – их повторное использование. Мировой опыт показывает, что затраты на утилизацию пластиковых отходов не только не превышают, но и существенно ниже затрат на уничтожение [7, 8]. Таким образом, утилизация (переработка и повторное использование) полимерных отходов не только решает экологические проблемы, но и позволяет получить существенный экономический эффект. Однако в настоящий момент в России переработке подвергается лишь незначительный процент отходов поливинилхлорида. Это объясняется трудностями предварительной подготовки (организация селективного сбора, сортировки, очистки) отходов, а также недостаточным уровнем оснащения перерабатывающих предприятий.

При утилизации отходов поливинилхлорида расходным инструментом являются дробящие элементы – билы роторов. Билы изготавливаются из износостойкой стали 110Г13Л. Периодическая замена бил сказывается на стоимости переработки отходов, существенно повышая её и делая экономически невыгодной в условиях современной российской действительности.

В связи с этим актуальной является цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления снашивающихся деталей роторных дробилок для измельчения ПВХ отходов.

1 Анализ современного состояния вопроса восстановления деталей машин

1.1 Сведения о конструкции изделия и условиях его работы

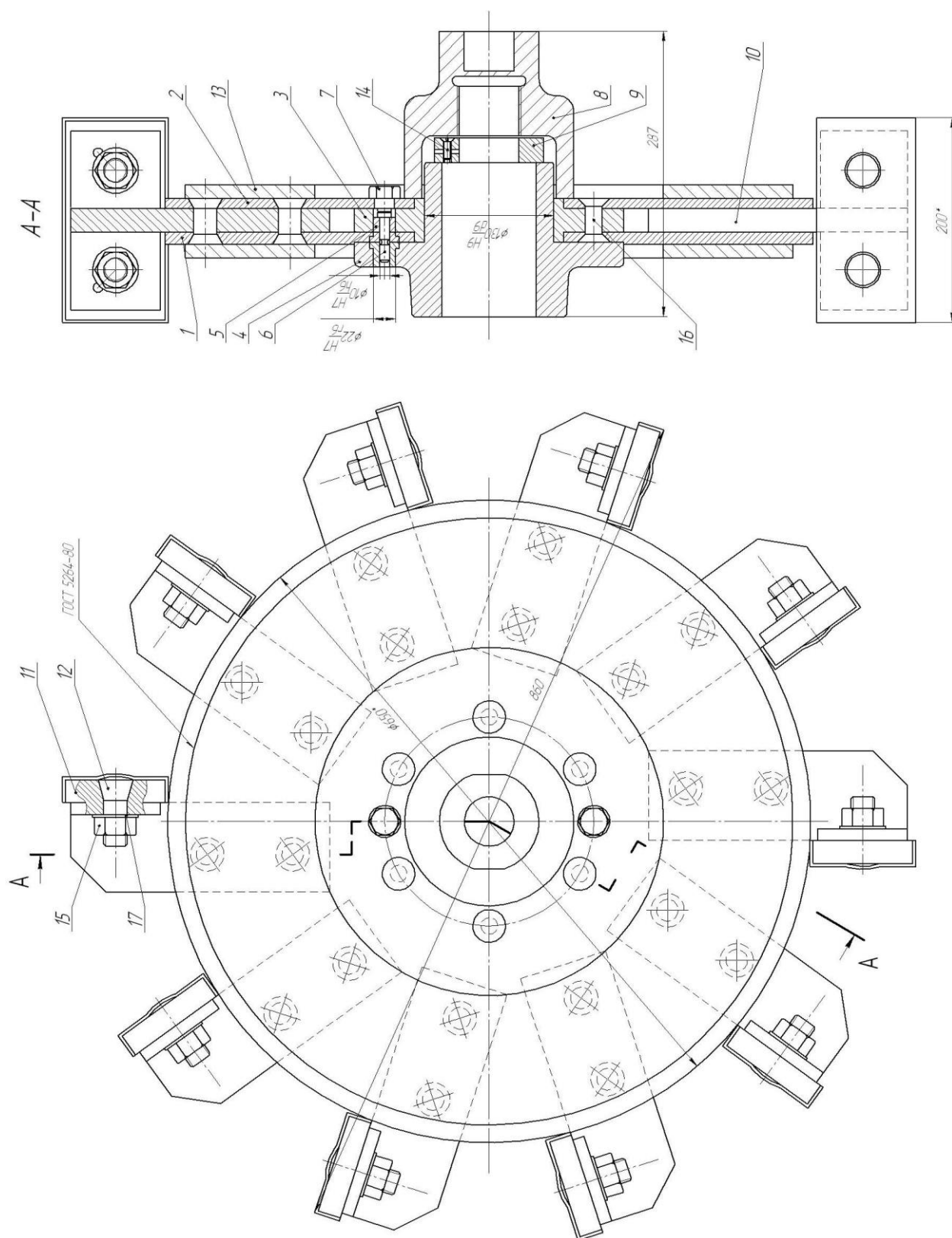
В ближайшем будущем переработка ПВХ отходов станет перспективным направлением работы промышленных предприятий. Из стадии накопления отходов современное общество переходит в стадию их переработки. На складе предприятия накоплено более 500 тонн плёнки и других отходов ПВХ (рис. 1.1), количество этих отходов стремительно растёт.



Рисунок 1.1 – Отходы ПВХ пленки на складах предприятия

Жизненный цикл отходов состоит из нескольких этапов: образование отходов, их накопление и организация хранения, проведение первичной обработки (сортировки, осушения, прессование), перемещении отходов на участок переработки, проведение вторичной переработки [4, 9].

Ротор размольной камеры является сборной конструкцией (рис. 1.2), которая включает в себя 20 деталей, между собой эти детали соединяются с использованием различных видов соединений (заклёпочные, прессовые, резьбовые).



1 – диск левый; 2- диск правый; 3 – втулка ротора; 4- втулка; 5 – втулка большая;
 6 – штифт; 7 – болт-пробка; 8 – гайка; 9 – контргайка; 10 – билодержатель; 11 – била;
 12 – болт; 13 - кольцо (2 шт.)

Рисунок 1.2 – Ротор размольной камеры в сборе

Работа ротора размольной камеры характеризуется абразивных изнашиванием, которому в особой степени подвергаются била (позиция 11). Била принимают непосредственное участие в размоле. Кроме абразивного изнашивания била могут подвергаться механическим повреждениям из-за попадания в размольную камеру посторонних предметов.

При размоле отходов происходит вращение ротора с частотой порядка 1000 об/мин. Таким образом, ротор подвергается влиянию циклических периодических нагрузок. Из-за ослабления его соединений может нарушиться балансировка и увеличится износ ротора.

Как показывает практика, наиболее частой причиной выхода из строя ротора является износ била или механическое повреждение билодержателя. Поэтому предприятие нуждается в организации стабильных поставок и проведения ремонта именно этих запасных частей. Била, которые участвуют в размоле, должны иметь повышенную твердость и стойкость по отношению к абразивному изнашиванию.

В целях уменьшения интенсивности изнашивания бил их поверхность наплавляют сормайтowymi электродами. Ручная дуговая наплавка штучными сормайтowymi электродами позволяет получить поверхность твердостью 60 HRC. Наплавленный металл имеет высокую износостойкость при истирания абразивными компонентами.

Недостатками ручной дуговой наплавки штучными электродами является: 1) низкая производительность; 2) высокая трудоёмкость технологического процесса; 3) интенсивное выгорание легирующих элементов наплаваемого материала.

В целом, конструкция ротора является технологичной. Все его составляющие детали обладают имеют простую форму. Ко всем обрабатываемым поверхностям может быть обеспечен свободный доступ, отсутствуют глухие отверстия. Все поверхности, которые будет необходимо обработать, располагаются либо параллельно, либо перпендикулярно друг другу или базовым плоскостям.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления била роторной дробилки применяется сталь 110Г13Л, которая является сталью для отливок, обладающая за счёт легирования особыми свойствами.

Сталь 110Г13Л нашла применение при изготовлении деталей, которые работают под действием высоких статических и динамических нагрузок, от которых требуется высокая стойкость по отношению к изнашиванию. Например, щёк и конусов дробилок, корпусов вихревых и шаровых мельниц, железнодорожных крестовин, зубьев и передних стенок ковшей экскаваторов.

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 110Г13Л

C	Mn	Ni	Si	Cr	S	P
0.9 - 1.5	11.5 - 15	до 1	0.3 - 1	до 1	до 0.05	до 0.12

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 110Г13Л

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	KCU (Дж/см ²)	НВ
20 -20 -40 -60 -80	360-380	654-830	34-53	34-43	260-350 240-320 220-300 190-300 90-210	186-229

После закалки в исходном состоянии структура стали 110Г13Л – аустенитная, обладает высокой вязкостью и имеет твёрдость порядка 250 НВ. Динамические нагрузки и холодная деформация приводит к протеканию в стали 110Г13Л процессов самоупрочнения, в результате которых её твёрдость возрастает до 600 НВ.

При отливке деталей с большой толщиной из стали 110Г13Л очень трудно обеспечить удовлетворительное качество металла внутренних зон футеровки. В структуре металла существуют различные зоны поражения

такими дефектами, как поры и раковины (рис. 1.3).

Сталь 110Г13Л не используется для изготовления сварных конструкций, но она широко применяется при проведении износостойкой наплавки.

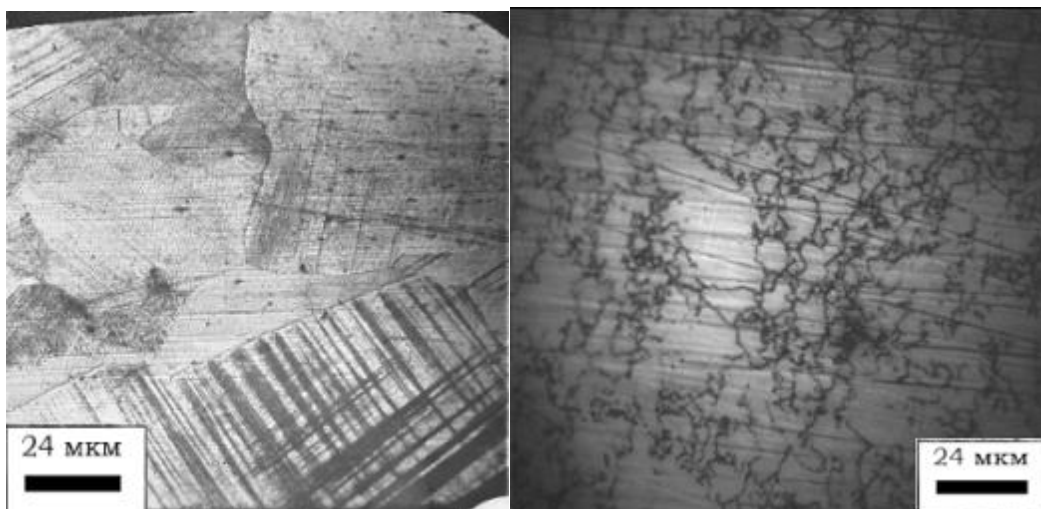


Рисунок 1.3 - Микроструктура стали 110Г13Л: а) образец с ударной вязкостью порядка 300 Дж/см²; в) образец с ударной вязкостью порядка 80 Дж/см² [11]

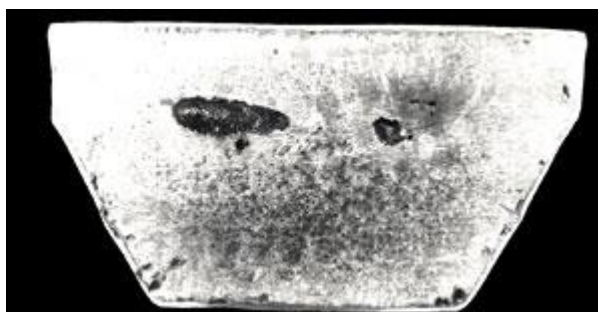


Рисунок 1.4 – Макроструктура литой футеровки из стали 110Г13Л

1.3 Предварительный отбор и анализ источников научно-технической информации

Выполнен поиск и анализ источников научной информации по вопросу повышения эффективности наплавки деталей машин износостойкими составами. Поиск источников научно-технической информации вёлся в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковой системы GOOGLE по ключевым

словам «износостойкая наплавка», «сталь 110Г13Л», «Автоматическая сварка», «Сварочное производство».

В **первой** работе [10] представлены исследования в области повышения эффективности процесса наплавки деталей машин в углекислом газе. Для этого предложено обеспечить импульсную подачу электродной проволоки, что позволит управлять геометрией наплавленного валика, уменьшить глубину проплавления основного металла и добиться существенного повышения стабильности горения дуги. В результате потери электродного металла на угар и разбрызгивание уменьшаются, что делает возможным переход на высокопроизводительные режима наплавки.

Результаты этой работы показывают высокую эффективность наплавки в углекислом газе, эта работа будет использована при анализе способов восстановления детали.

Во **второй** работе [11] предложены технология плазменной наплавки деталей машин и состав присадочного порошка на основе железа. Использование при наплавке предложенного присадочного порошка позволяет получать необходимые эксплуатационные свойства наплавленных поверхностей при существенно сниженной стоимости наплавки по сравнению с наплавкой никелевыми сплавами. По сравнению с ручной дуговой наплавкой плазменно-порошковая наплавка по предложенной технологии позволяет существенно повысить качество наплавленного металла. При этом уменьшается припуск на механическую обработку, проведение наплавочных работ требует меньших финансовых затрат.

Результаты этой работы показывают высокую эффективность плазменной наплавки и будут использованы при анализе способов восстановления детали.

В **третьей** работе [12] выполнено исследование влияния экзотермической смеси, входящей в состав наполнителя самозащитной порошковой проволоки, на параметры наплавленного валика. В ней доказана

высокая эффективность восстановления штамповой оснастки с применением дуговой механизированной сварки порошковыми проволоками.

Результаты этой работы показывают высокую эффективность наплавки с применением порошковой самозащитной проволоки и будут использованы при анализе возможных способов восстановления детали.

В **четвёртой** работе [13] исследовано влияние присадочного порошка ПГ-10Р6М5 различных фракций на структуру наплавленного металла, полученного плазменно-порошковым способом наплавки.

Результаты этой работы доказывают эффективность применения восстановительной плазменной наплавки по отношению к изношенным деталям. Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса.

В **пятой** работе [14] изложен накопленный в промышленности опыт по разработке материалов, технологий и техники восстановительной и изготовительной дуговой наплавки деталей различных машин и механизмов. Основное внимание уделено энергосберегающим материалам и технологиям, позволяющим выполнять наплавку деталей из углеродистых сталей без или с минимальным подогревом.

Результаты этой работы будут использованы в выпускной квалификационной работе при анализе состояния вопроса и составлении проектной технологии восстановительной наплавки.

1.4 Обоснование способа восстановления детали

Работа бил ротора происходит в условиях постоянного абразивного изнашивания. Для работы в таких условиях требуется твердый износостойкий материал. Получение деталей с износостойкой поверхностью возможно двумя способами:

- повышение износостойкости материала для изготовления била;
- нанесение и упрочнение износостойкой поверхности.

Как показывает практика, выход из строя ротора происходит, как правило, не из-за износа поверхности била, а по причине механической поломки билодержателя. Таким образом, целесообразнее всего будет для изготовления билодержателя использовать более дешевый материал, при этом проводя соответствующее упрочнение его поверхности.

На основании предварительного анализа научно-технической информации Можно предложить следующие способы упрочнения

- ручная электродуговая наплавка;
- наплавка в среде углекислого газа;
- электродуговое напыление;
- газопламенное напыление;
- наплавка намораживанием износостойкого слоя.

Выбор материала для осуществления каждого способа выполняется при условии учёта различных критериев, к которым следует отнести [15, 16, 17]:

- возможность использования рассматриваемого материала при выполнении того или иного способа восстановления;
- достижение максимальной твердости нанесённого покрытия.

Ручная электродуговая наплавка (рис. 1.5) проводится главным образом с использованием электродов с основным покрытием в тех случаях, когда механизированные способы применить нельзя. В основном такой процесс наплавки получил распространение при нанесении износостойких покрытий в единичном производстве.

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд

недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

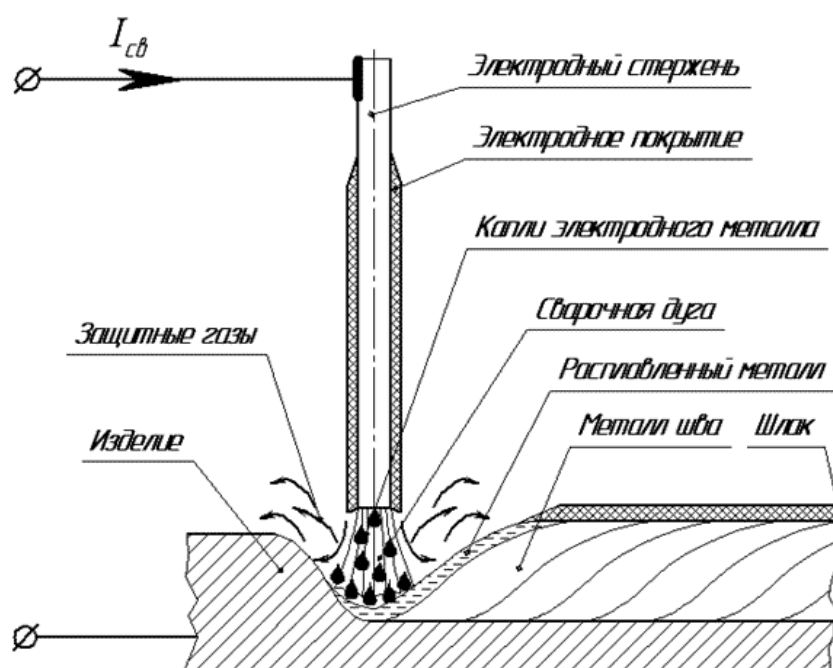


Рисунок 1.5 – Схема ручной дуговой сварки (наплавки) штучным электродом

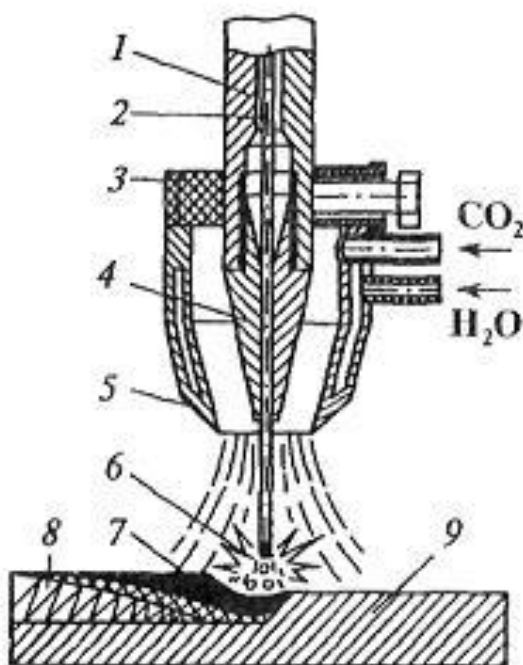
Наплавка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 1.6) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться.

Дуговая **наплавка в среде защитных газов** (рис. 1.6) может считаться самым технологичным и универсальным способом, позволяющим проведение наплавки во всех пространственных положениях. При этом достаточно широк диапазон применяемых наплавочных материалов от

малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей [18, 19].

Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

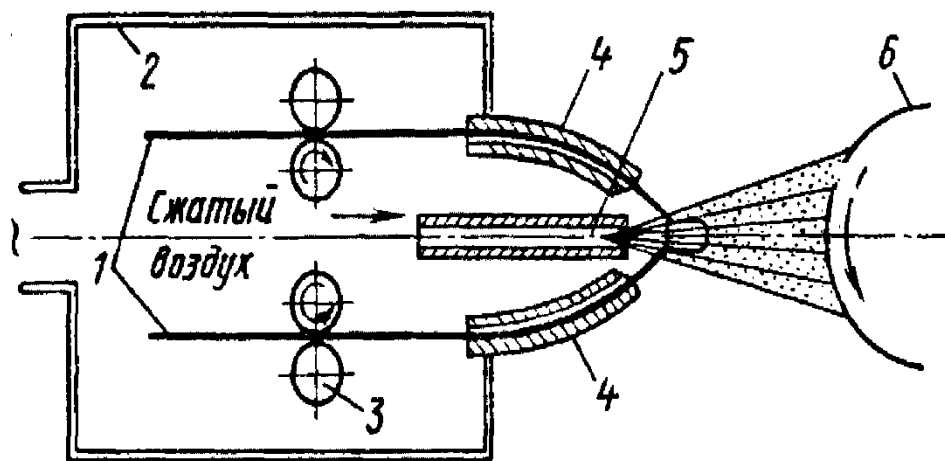
Однако применение данного способа наплавки ограничивается малой эффективностью управления размерами наплавляемого валика – при наплавке в углекислом газе наблюдается повышенная глубина проплавления основного металла, низкая стабильность размеров наплавленного валика, большие потери электродного металла из-за разбрызгивания.



1 - мундштук; 2 - электродная проволока; 3 - горелка; 4 - наконечник; 5 - сопло горелки; 6 - электрическая дуга; 7 - сварочная ванна; 8 - покрытие; 9 - восстанавливаемая деталь

Рисунок 1.6 – Схема наплавки в среде углекислого газа

При **электродуговом напылении** (рис. 1.7) происходит расплавление металлических проволок под действием тепла электрической дуги, которая горит между этими проволоками. Через электрическую дугу продувают струю сжатого газа, которая сдувает расплавленный металл и в виде частиц переносит его на наплавляемую поверхность.



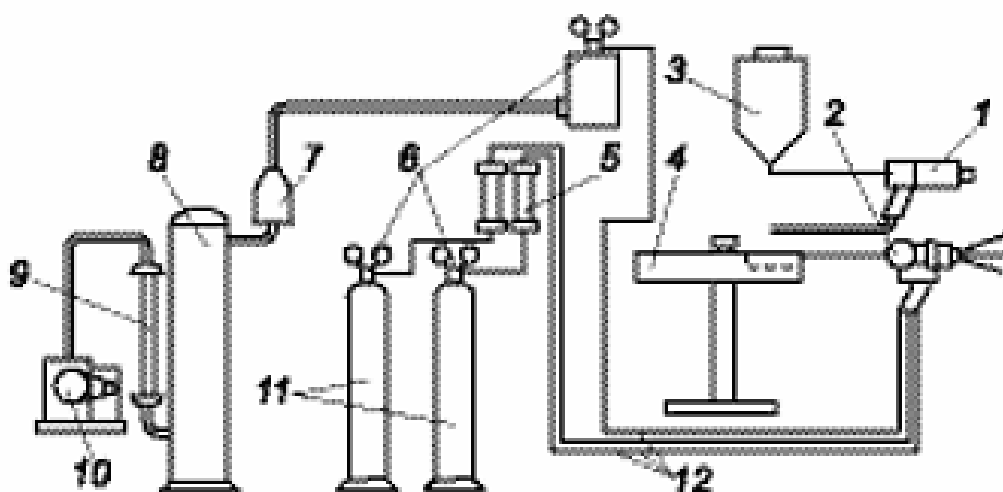
1—электродная проволока; 2—провода от трансформатора;
3 — ролики; 4-направляющие; 5—сопло; 6—деталь

Рисунок 1.7 – Схема процесса металлизации

В числе преимуществ электродугового напыления следует отметить: максимальную производительность процесса, которая составляет до 50 кг/ч; высокий термический КПД; высокая адгезионная и когезионная прочность наносимых покрытий. Этот способ обладает высокой экономичностью по сравнению с электродуговой наплавкой – затраты на нанесение 1 кг покрытия в два раза ниже.

В качестве недостатков способа необходимо отметить: при нанесении покрытий частицы интенсивно взаимодействуют с газовой средой, в результате чего происходит насыщение напыленного металла кислородом и азотом, также вследствие этого напылённый металл содержит большое количество оксидов. Возможности способа ограничиваются необходимостью применения только токопроводящих напыляемых материалов. При горении проволок происходит интенсивное выгорание легирующих элементов, при этом потери карбидных и других упрочняющих фаз доходят до 20% [20].

При **газопламенном напылении** (рис. 1.8) происходит нагрев напыляемых материалов газовым пламенем, на поверхность нагретых деталей наносятся частицы металла под действием струи сжатого газа.



1 - порошковый распылитель; 2 – проволочный распылитель; 3 – порошковый питатель;
4 – бухта проволоки на вращающемся столе; 5 – ротаметры газовые; 6 – редукторы;
7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр; 10 – компрессор; 11 – газовые баллоны

Рисунок 1.8 - Схема установки газопламенного напыления

Нагрев металла выполняется за счёт энергии сгорания ацетилена или пропан-бутана, а перенос напыляемого материала происходит продуктами сгорания углеводородного топлива или сжатым воздухом. Напыляемый материал может быть выполнен в виде порошков, шнуров или проволоки.

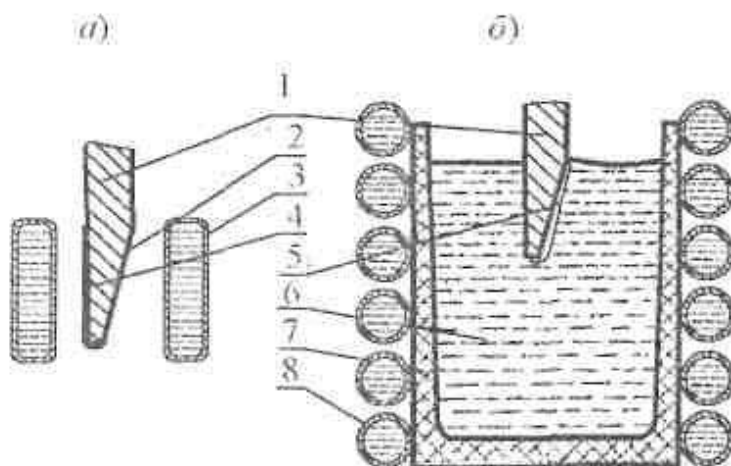
Под действием тепла сгораемого газа частицы напыляемого материала расплавляются, разгоняются до скорости порядка 120 м/с и ударяются в подготовленную поверхность детали, налипая друг на друга и формируя покрытие [20].

При **наплавке намораживанием** (рис. 1.9) очищают от оксидной плёнки поверхность заготовок, погружают её в расплав и на поверхности заготовки происходит затвердевание сплава. После кратковременной выдержки заготовку извлекают из расплава, при этом на её поверхности образуется слой покрытия.

Данный процесс, позволяющий получать покрытия в выском сопротивлением износу, широко применяется при восстановлении почворезущих инструментов сельскохозяйственной и строительной техники.

При наплавке намораживанием выполняют следующие операции:

подготовка присадочного материала и восстанавливаемой поверхности, активация поверхности заготовок, погружение заготовки в расплав, выдержка заготовки в расплаве, извлечение заготовки из расплава и её охлаждение.



1 – восстанавливаемая деталь; 2 – флюс; 3 – индуктор;
4 – теплоизолирующий материал; 5 – покрытие; 6 – расплав; 7 – тигель

Рисунок 1.9 – Схема процесса наплавки намораживанием: активация поверхности деталей (а) и погружение детали в расплав (б)

По сравнению с другими способами нанесения износостойких покрытий намораживание позволяет получать слой необходимого химического состава с максимальной толщиной, при этом твёрдость нанесённого слоя и его износостойкость очень высоки. Также следует учесть, что намораживание, как и другие способы наплавки, позволяет получить максимальную прочность сцепления покрытия с основой, равную 600 МПа, в то время, как при напылении прочность сцепления составляет не более 100 МПа.

Таким образом, на основании вышеизложенного следует сделать вывод, что упрочнение била ротора размольной камеры с использованием намораживания позволяет удовлетворить все требования по обеспечению технологических и механических параметров, минимизирует трудоемкость и финансовые затраты на упрочнение деталей.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Во введении была поставлена цель – повышение эффективности восстановления изнашивающихся деталей роторных дробилок для измельчения ПВХ отходов.

При анализе возможных способов восстановления и упрочнения рассмотрены:

- 1) ручная электродуговая наплавка штучными электродами;
- 2) наплавка в среде углекислого газа;
- 3) электродуговое напыление;
- 4) газопламенное нанесение покрытий;
- 5) наплавка намораживанием износостойкого слоя.

Анализ преимуществ и недостатков позволил доказать эффективность восстановления и упрочнения бил с использованием технологии намораживания износостойкого слоя.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) составить технологический процесс нанесения защитного покрытия;
- 2) подобрать необходимое оборудование для осуществления операций проектного технологического процесса;
- 3) назначить параметры режима;
- 4) выполнить планировку участка.

2 Проектная технология восстановления и упрочнения

2.1 Описание операций технологического процесса восстановления и упрочнения

При изготовлении билодержателя предусматривается выполнение следующих технологических операций:

- Изготовление деталей;
- Сварка;
- Сборка.

Поэтому принимаем следующую технологическую последовательность изготовления.

Для изготовления била ротора следует выполнить следующие операции:

- Получение заготовки;
- Механическая обработка;
- Термообработка.

Технология наплавки билы предусматривает последовательное выполнение следующих операций.

Первая операция – подготовка билы (рис. 2.1, *а*). Поверхность заготовки очищают от ржавчины с использованием дробеструйной камеры. Далее заготовки промывают проточной водой и обезжиривают с использованием ацетона. Неупрочняемые поверхности заготовки покрывают слоем меловой обмазки.

Вторая операция – активация поверхности (рис. 2.1, *б*). На восстанавливаемые поверхности наносят слой водного раствора жидкого стекла и порошкообразного флюса. Состав наносимого слоя (по массе) – 40 % буры и 60 % борного ангидрида.

После нанесения активационного покрытия заготовки помещают в индуктор и нагревают до температуры 850...900 °С. После достижения указанной температуры заготовки выдерживают 10...12 с, в течение этого времени происходит активация поверхностей. Температуру нагрева контролируют по пирометру.

Третья операция – намораживание (рис. 2.1, в). При выполнении этой операции нагретую заготовку погружают в расплав «Сормайт-1». Погружённую в расплав заготовку выдерживают в течение 0,8...1,2 с. После этого заготовку вынимают и выдерживают её на воздухе до полного остывания.

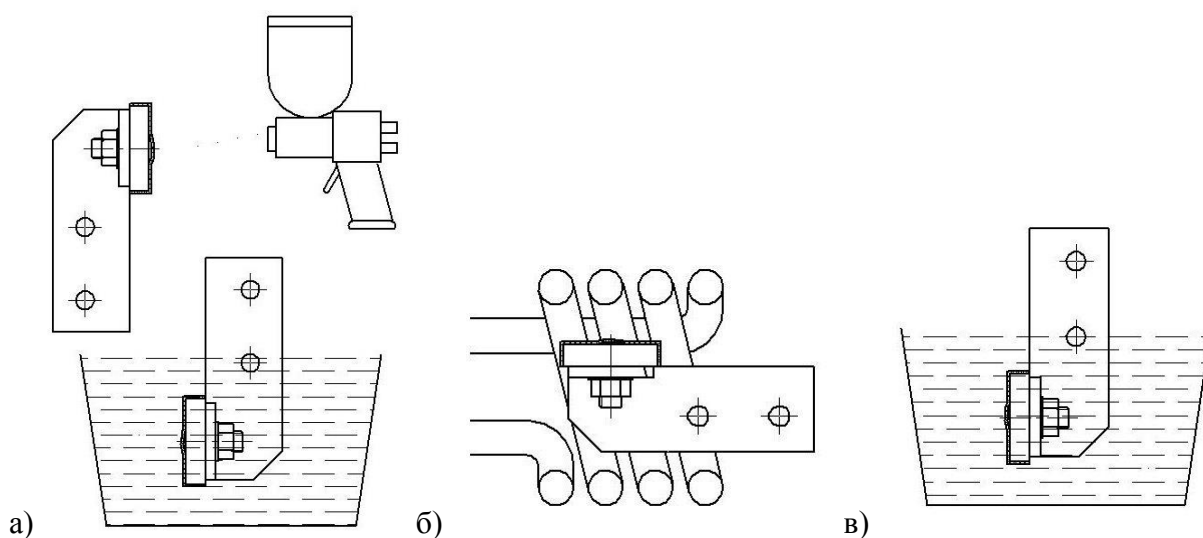


Рисунок 2.1 – Операции технологического процесса восстановления и упрочнения бил дробилки: подготовка (а), активация поверхности (б), намораживание (в)

2.2 Выбор необходимого оборудования и расчет режимов наплавки

Индукторы для закалки и нагрева плоских поверхностей выполняют в виде плоских спиралей или одиночных витков, располагающихся над нагреваемой поверхностью. Индуктированный ток вследствие эффекта близости концентрируется под индуктором. При закалке плоских поверхностей чаще всего используется непрерывно-последовательный нагрев

Нагрев будем вести непрерывно-последовательным способом. Для

расчета используем следующие параметры:

– толщина пластины $d=25$ мм;

– ширина $l_n=100$ мм

Частоту индуктора выберем $f=25000$ Гц.

Из [24] находим время нагрева $t_k=15$ с; удельная мощность – $p_0 = 1,5$ кВт.

Ширина паза в магнитопроводе:

$$\nu = \frac{0,6P_{\Gamma}}{l_n \cdot p_0}; \quad (2.1)$$

Принимаем $P_{\Gamma} = 100$ кВт, тогда

$$\nu = \frac{0,64 \cdot 100}{20 \cdot 1,5} = 2,1 \text{ см}$$

Ширина индуктирующего провода (на изоляцию с каждой стороны оставим $b=0,15$ см):

$$b = a - 2 \cdot \Delta b \quad (2.2)$$

тогда $b = 2,1 - 2 \cdot 0,15 = 1,8$ см

Высота индукторного провода выбирается из наличия сортамента круглых трубок, из которых изготавливается прямоугольная трубка для провода. При этом нужно иметь в виду, что для пропуска воды высота трубки в свету не должна быть меньше 0,5 см.

Ширина башмака магнитопровода:

$$c = (0,3...0,75)a = 0,63...1,6 \text{ см}$$

Принимаем $c=1$ см.

Напряжение на индуктирующем проводе:

$$U = l_n \cdot U_0 \sqrt{p_0} \quad (2.3)$$

$$U = 20 \cdot 0,75 \sqrt{1,2} = 16,4 \text{ В}$$

Ток в индукторе:

$$I = a \cdot I_0 \sqrt{p_0} \quad (2.4)$$

$$I = 2,1 \cdot 3400 \sqrt{1,2} = 7821 \text{ А}$$

Определяем реактивное сопротивление токопроводящих шин:

Размеры шины:

$$l = 10 \text{ см}$$

$$b_1 = 2.5 \text{ см}$$

$$b_2 = 9 \text{ см}$$

$$b' = \frac{9 + 2.8}{2} = 5.75 \text{ см} \quad - \quad \text{длина контактной колодки понижающего трансформатора.}$$

Реактивное сопротивление:

$$x_{ш} = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot l_{ш} \cdot (2.3 \cdot \lg \frac{4 \cdot l_{ш}}{b' + \Delta} + 0.5) \quad (2.5)$$

$$x_{ш} = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot 2500 \cdot 10 \cdot (2.3 \cdot \lg \frac{4 \cdot 10}{5.75 + 0.14} + 0.5) = 1500 \text{ Ом}$$

Падение напряжения на токопроводящих шинах:

$$U_{ш} = 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot 7821 = 50.84 \text{ В}$$

Напряжение на индукторе:

$$U_H = 16.4 + 50.84 = 67.24 \text{ В}$$

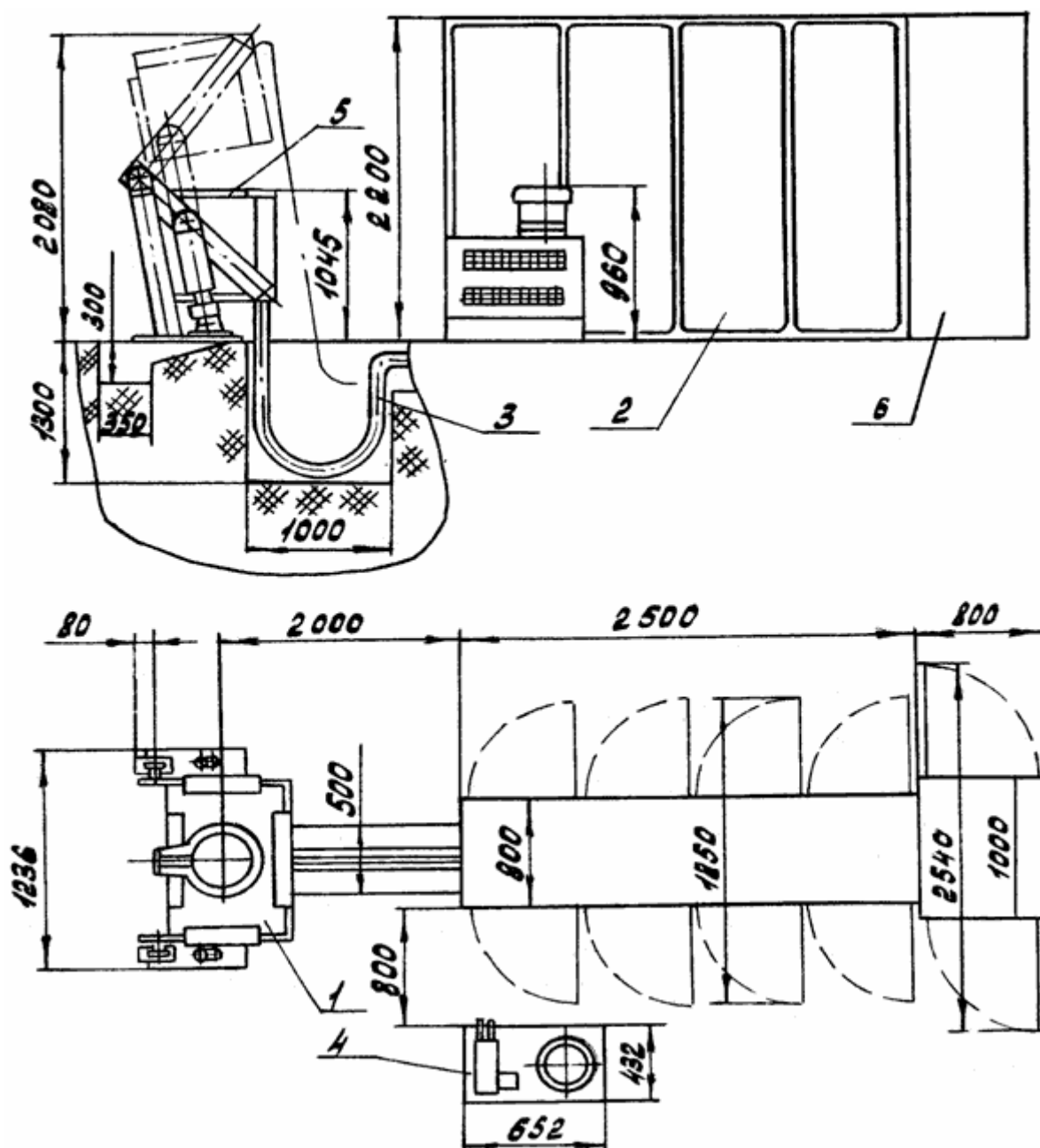
Мощность, подводимая к индуктору

$$P_H = \frac{p_0 \cdot l_n \cdot a}{\eta_n}; \quad (2.6)$$

$$P_H = \frac{1.2 \cdot 20 \cdot 2.1}{0.8} = 63 \text{ кВт};$$

Для плавки сормайта выбираем электропечь индукционную плавильную типа ИСТ-0,06/0,1.

Электропечь может быть использована в литейных производствах промышленных предприятия всех отраслей народного хозяйства и для поставок на экспорт, в страны с умеренным и тропическим климатом.



1 – электропечь индукционная ИСТ-0,06/0,1; 2 – шкаф управления;
3 – токопровод; 4 – гидропривод; 5 – шаблон; 6 – тиристорный преобразователь частоты

Рисунок 2.2 – Габаритные, установочные размеры и рекомендуемое размещение комплектующего оборудования плавильной печи

Основные параметры и характеристики, необходимые для изучения и правильной эксплуатации изделия и его составных частей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика печи

Наименование показателя	Норма параметра	
	номинальная	допустимая
Ёмкость номинальная, т	0,06	
Мощность питающего преобразователя, кВт, не более	320	
Мощность потребляемая кВт, не более	100	
Номинальное напряжение питания преобразователя, В	380	
Число фаз:		
– питающей сети	3	
– контурной цепи	1	
Частота тока, Гц:		
– питающей сети	50	
– контурной цепи	2400	
Номинальная температура перегрева металла, °С, не более:	1600	1500
Скорость расплавления и перегрева, т/ч	0,15	0,16
Удельный расход электроэнергии на расплавление и перегрев металла, кВт ч/т:	717	717
Номинальное напряжение управления и сигнализации, В	220	
Давление в системе водяного охлаждения, МПа	0,3 – 0,6	
Площадь, занимаемая изделием, м. кв.	28	
Средний ресурс до капремонта индуктора, ч	6000	
Расход воды для охлаждения, м3/час	2,6	
Масса электропечи, т	2,6	

2.3 Планировка участка для восстановления и упрочнения бил дробилки

Участок восстановления и упрочнения размещается в уже существующем здании ремонтного цеха. Колонны здания располагаются по сетке 12×18 м. Между осями колонн в продольном направлении расстояние составляет 18 м. Между осями колонн в поперечном направлении – 12 м. Предусмотрено наличие магистрального проезда шириной 3,6 м. Ширина главных ворот составляет 4,2 м.

Производственный участок (рис. 2.3) предусматривает размещение следующего оборудования: 1 - станок ленточно-отрезной 8544; 2 - станок вертикально-сверлильный 2А135; 3 - станок вертикально-фрезерный 6Р12; 4 - выпрямитель сварочный ВД 306; 5 - стол сварщика; 6 - индукционная закалочная установка ИЗ-4-100/В; 7 - высокочастотная плавильная установка

ИСТ6; 8 - пульт управления; 9 - верстак ВС-2.

Перемещение деталей и оборудования по территории цеха осуществляется мостовым краном, который имеет грузоподъемность 5 тонн.

Технологическое оборудование на участке располагается в соответствии с принятой последовательностью выполнения операций. Это позволяет сократить межоперационное время, затрачиваемое при перемещении деталей с операции на операцию.

Проектирование участка выполняем с использованием рекомендаций, приведённых в работах [21, 22, 23].

Участок восстановления и упрочнения включает в себя три отделения: первое отделение – механическое; второе отделение – сварочное; третье отделение – термическое.

На территории механического отделения расположен ленточно-отрезной станок 8544, станок вертикально-сверлильный 2А135, станок вертикально-фрезерный 6Р12. Всё технологическое оборудование подключено к подаче сжатого воздуха. Возле каждого станка размещаются стеллажи и шкафы с инструментом.

Размещение технологического оборудования проводим в пролетах вдоль проезда. С учётом рекомендаций, приведённых в работе [21], приняты следующие минимальные расстояния между оборудованием и от оборудования до строительных элементов:

- а) расстояние между тыловыми сторонами оборудования составляет 1,2 м;
- б) расстояние между оборудованием по фронту составляет 1,5 м;
- в) расстояние от оборудования до колонн или стен здания составляет 1 м.

На территории сварочного отделения расположен сварочный пост с выпрямителем ВД 306 и стол сварщика.

Сварочное отделение снабжено вытяжной вентиляцией. На территории термического отделения расположена индукционная печь ИСТ 0,06/0,1, индуктор, верстак ВС-2. Термическое отделение снабжено вытяжной вентиляцией.

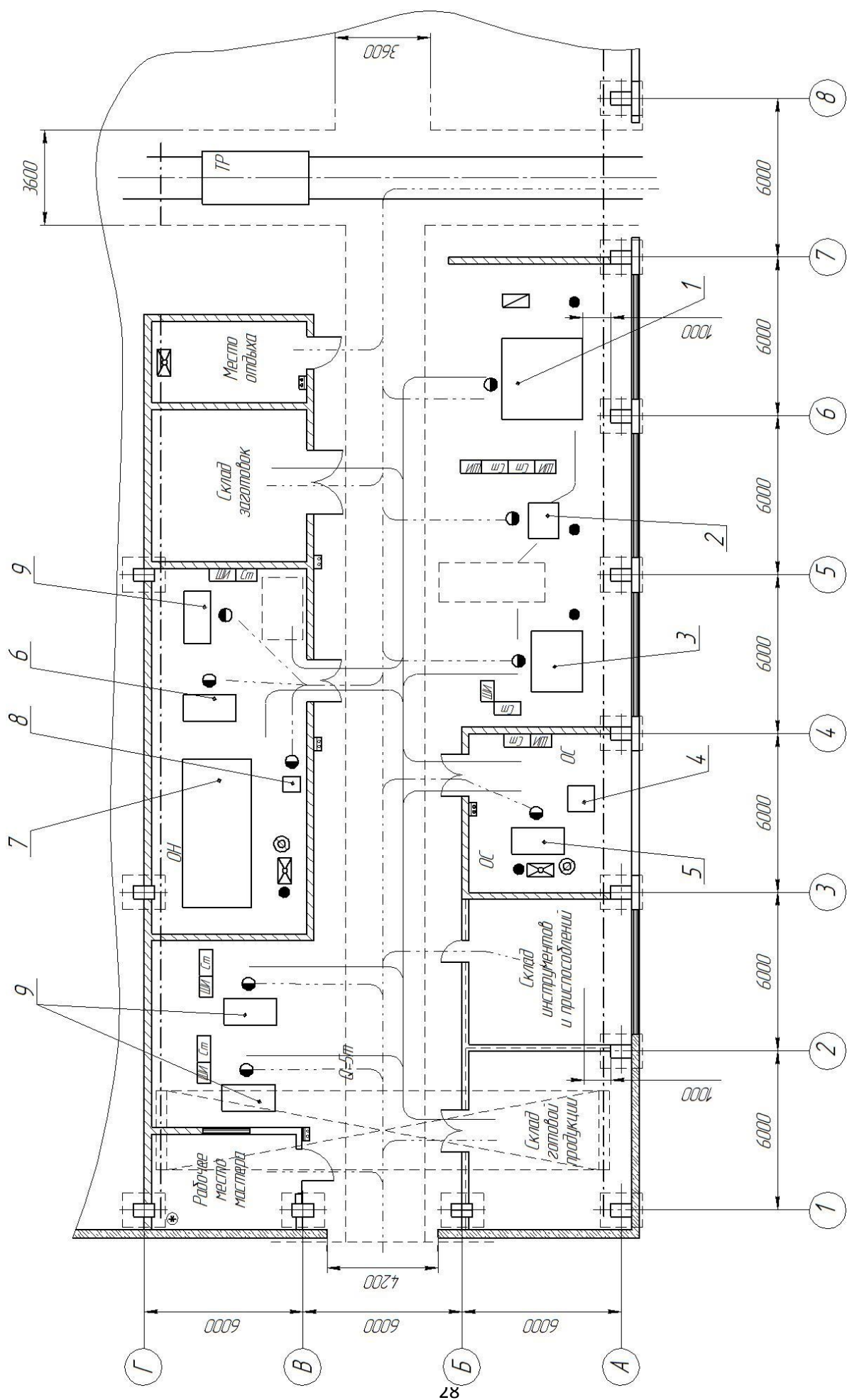


Рисунок 2.3 — Планировка производственного участка

Участок восстановления упрочнения бил включает в себя также места складирования заготовок и готовых деталей, склад абразивов, склад инструмента и приспособлений, рабочее место мастера, место отдыха. На территории участка предусмотрено расположение противопожарных постов. Место отдыха оборудовано вытяжной вентиляцией.

Заключение по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления снашивающихся деталей роторных дробилок для измельчения ПВХ отходов.

Предварительный анализ состояния вопроса позволил доказать актуальность поставленной цели и темы выпускной квалификационной работы.

На основании выполненных работ были сформулированы и решены задачи:

- 1) составить технологический процесс нанесения защитного покрытия;
- 2) подобрать необходимое оборудование для осуществления операций проектного технологического процесса;
- 3) назначить параметры режима;
- 4) выполнить планировку участка.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает:

- 1) анализ проектной технологии, выявление опасных и вредных производственных факторов, оценку безопасности проектной технологии;
- 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановления и упрочнения бил роторной дробилки. В соответствии с базовой технологией сварка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой наплавки на намораживание.

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.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Подготовительные и сборочные операции	Слесарь-сборщик	Дробеструйная камера	Круг абразивный, ацетон, щетка металлическая
2. Активация поверхности	Термист	Индуктор, пирометр	Флюс, жидкое стекло
3. Намораживание	Электросварщик	Индукционная печь	Графитовый тигель, флюс, расплав Сормайт-1
4. Контроль качества	Дефектоскопист	Дефектоскоп	Кисточка, масло, твердомер

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовительные и сборочные операции	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 	Дробеструйная камера
2. Активация поверхности	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	Индуктор, пирометр
3. Намораживание	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Индукционная печь

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информационные об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в операторе в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение 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 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

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 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановление и упрочнение	Дробеструйная камера, индуктор, пирометр, индукционная печь, дефектоскоп	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

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 (вызываю тся)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения

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
Восстановление и упрочение бил дробилки	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Восстановление и упрочение бил дробилки	Подготовительная операция, активация поверхности, намораживание, контрольные операции	Выделяемые от расплава аэрозоли, газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при испарении расплава.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке восстановления соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

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

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановления и упрочнения бил роторной дробилки.

В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов восстановления и упрочнения принято решение о замене ручной дуговой наплавки штучными электродами на нанесение покрытия методом намораживания. За счёт замены способа восстановления предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

Таблица 4.1 – 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_{cm}	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
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	40	60
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
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
Стоимость оборудования: - станок токарный ТК 36 с ЧПУ GSK980TD (FANUC) - установка наплавки наморачиванием	Цоб	Руб.	895000 -	895000 406000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
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	12	40
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	0,85
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 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_n = (D_p \cdot T_{cm} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{cm}, \quad (4.1)$$

где T_{cm} – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{\text{п}}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{\text{см}}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{\text{н}} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{\text{э}} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

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

(4.3)

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}},$$

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;

$t_{\text{МАШ}}$ – 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: $t_{\text{ОП-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт. баз}} = 1,0 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт. проектн.}} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,48 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одну ремонтную наплавку по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/1,21 = 1697$ ремонтных наплавок за год;

$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/0,48 = 4280$ ремонтных наплавок за год.

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $\Pi_{\Gamma}=1000$ ремонтных наплавок в год.

Требуемое в этом случае количество наплавочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.5)$$

где Π_{Γ} – годовая программа – принятое ранее количество ремонтных наплавок, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

$F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{\text{вн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{1,21 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,57$$

$$n_{\text{расч.пр}} = \frac{0,48 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,23$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 0,57/1 = 0,57,$$

$$K_{зп} = 0,23/1 = 0,23.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При ремонтной наплавке используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки, для которой расходным материалом являются штучные электроды. Проектная технология восстановительной наплавки намораживанием. Затраты на наплавочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_b = 345 \text{ р/кг} \cdot 0,3 \text{ кг} \cdot 1,05 = 109 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = 150 \text{ р/кг} \cdot 0,3 \text{ кг} \cdot 1,05 = 47 \text{ руб..}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$.

Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (4.8)$$

где $C_{ч}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{д}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{осн.баз.} = 1,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 455 \text{ руб.}$$

$$З_{осн.проектн.} = 0,48 \cdot 200 \cdot 1,88 = 180 \text{ руб.}$$

Объём $З_{доп}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{доп} = \frac{K_{доп}}{100} \cdot З_{осн} \quad (4.9)$$

где $K_{доп}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{доп.базов.} = 455 \cdot 12/100 = 55 \text{ рублей;}$$

$$З_{доп.проектн.} = 180 \cdot 12/100 = 22 \text{ рублей;}$$

$$\Phi ЗП_{базов..} = 455 + 55 = 510 \text{ рублей;}$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 180 + 22 = 202 \text{ рублей.}$$

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

$$О_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 510 \cdot 34 / 100 = 173 \text{ руб.},$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 202 \cdot 34 / 100 = 69 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

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

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

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{895000 \cdot 21,5 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 113 \text{ рублей,}$$

$$A_{об.пр} = \frac{1301000 \cdot 21,5 \cdot 0,48}{2054 \cdot 100} = 65 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{э-э}б = \frac{12 \cdot 1,21 \cdot 3,02}{0,7} = 63 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-э}np} = \frac{40 \cdot 0,48 \cdot 3,02}{0,85} = 68 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 113 + 63 = 176 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 65 + 68 = 133 \text{ рублей}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + Осс + З_{\text{ОБ}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 109 + 510 + 173 + 176 = 968 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 47 + 202 + 69 + 133 = 451 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

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 (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 968 + 1,5 \cdot 455 = 968 + 683 = 1651 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 451 + 1,5 \cdot 180 = 451 + 270 = 721 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{очн}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

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

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз.}} = 1651 + 1,15 \cdot 455 = 1651 + 523 = 2174 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 721 + 1,15 \cdot 180 = 721 + 207 = 928 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	109	47
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	510	202
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	173	69
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	176	133
5. Величина технологической себестоимости	Стех	968	451
6. Объем цеховых расходов	Рцех	683	270
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	1651	721
8. Объем заводских расходов	Рзав	523	207
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{зав}}$	2174	928

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 895000 - (895000 \cdot 2 \cdot 21,5/100) = 510150 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 510150 \cdot 0,57 = 290786 \text{ рублей}$$

Величину $\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}} = \text{К}_{\text{ОБ.ПР}} + \text{К}_{\text{ПЛ.ПР}} + \text{К}_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = \text{Ц}_{\text{ОБ.ПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = 1301000 \cdot 1,05 \cdot 0,23 = 314192 \text{ руб.}$$

Объём $\text{К}_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{СОП}} = \text{К}_{\text{ДЕМ}} + \text{К}_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 895000 \cdot 0,05 = 44750 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1301000 \cdot 0,05 = 65050 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 44750 + 65050 = 130100 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 314192 + 130100 = 444292 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 444292 - 290786 = 153506 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где Π_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{УД.Баз.}} = 290786/1000 = 29 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УД.Проектн.}} = 444292/1000 = 44 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,21 - 0,48}{1,21} \cdot 100\% = 60\% \quad .$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\% \quad .$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad . \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{968 - 451}{968} \cdot 100\% = 53\%$$

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{ЭУ.Г.} = (2174 - 928) \cdot 1000 = 1246000 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{\text{ок}} = \frac{153506}{1246000} = 0,3$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уг}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.31)$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = 1246000 - 0,33 \cdot 153506 = 1195343 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии восстановления и упрочнения с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. В проектном варианте технологии предложено использовать наплавку на морозостойкостью. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать наплавленную поверхность без дефектов, повышая производительность.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 60 %, увеличивается производительность труда на 150 %, уменьшается технологическая себестоимость на 53 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,24 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,19 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,3 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления снашивающихся деталей роторных дробилок для измельчения ПВХ отходов.

Базовый вариант технологии восстановления и упрочнения с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов.

При анализе возможных способов восстановления и упрочнения рассмотрены: 1) ручная электродуговая наплавка штучными электродами; 2) наплавка в среде углекислого газа; 3) электродуговое напыление; 4) газопламенное нанесение покрытий; 5) наплавка намораживанием износостойкого слоя. Анализ преимуществ и недостатков позволил доказать эффективность восстановления и упрочнения бил с использованием технологии намораживания износостойкого слоя.

На основании выполненных работ были сформулированы и решены задачи: 1) составить технологический процесс нанесения защитного покрытия; 2) подобрать необходимое оборудование для осуществления операций проектного технологического процесса; 3) назначить параметры режима; 4) выполнить планировку участка.

Выполнен анализ проектной технологии восстановления и упрочнения на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,19 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при восстановлении и упрочнении деталей машин.

Список используемой литературы

1. Шварев, Е.П. Состояние рынка поливинилхлорида в России и странах СНГ / Е.П. Шварев, Е.С. Ключин, В.В. Гузеев, В.Б. Мозжухин // Международные новости мира пластмасс. – 2004. – № 5–6. – С. 36–37.
2. Михасенок, О.Я. Тенденции индустрии пластмасс / О.Я. Михасенок, // Полимерные материалы. – 2003. – №1. – С. 6–9.
3. Гринин, А.С. Промышленные и бытовые отходы: Хранение утилизация, переработка / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. М. : ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
4. Пальгунов П. П. Утилизация промышленных отходов / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. М. : Стройиздат, 1990. - 352с. : ил.
5. Shecter A. Levels of dioxins, dibenzofurans and selected other chlorinated organic compounds in food from Russia / A. Shecter, P. Furst., C. Furst., M. Grachev, A. Beim, V. Koptug // Chemosphere. 1992. – Vol. 25. – P. 2009–2015.
6. Winters D. L. Trends in dioxin and PCB concentrations in meatsamples from several decades of the 20th century / D. L. Winters, S. Anderson, M. Lorber, J. Ferrario, C. Byrne // Organohalogen Compounds. 1998. – Vol. 38. – P. 75–78.
7. Пономарёва, В.Т. Использование пластмассовых отходов за рубежом / В.Т. Пономарёва, Н.Н. Лихачёва, З.А. Ткачик // Пластические массы. – 2002. – № 5. – С. 44 – 48.
8. Вторичное использование полимерных материалов / под ред. Е.Г. Любешкиной. – М., 1985. – 192 с.
9. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. СанПиН 2.1.7.1322-03
10. Максимов, С.Ю. Повышение эффективности наплавки путём применения импульсной подачи электродной проволоки / С.Ю. Максимов, И.В. Лендел // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.. – Луганск: ЧНУ, 2016. – № 2. – С. 171–175.

11. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплётчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

12. 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.

13. Рябцев, И.А. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла 10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом / И.А. Рябцев, Е.Ф. Переплётчиков, И.В. Миц, И.А. Бартенев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 23–27.

14. Рябцев, И.А. Материалы и энергосберегающие технологии наплавки для восстановления и изготовления деталей машин и механизмов / И.А. Рябцев, Ю.М. Кусков [и др.] // Автоматическая сварка. – 2007. – № 3. – С. 21–26.

15. Восстановление деталей: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова — М.: Машиностроение. – 2003.

16. Куликов, В.П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебное пособие / В.П. Куликов. – Мн.: Эко-перспектива. – 2003.

17. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение. – 1987.

18. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

19. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: ЭкоТехнолопя, 2007. – 192 с.
20. Восстановление деталей: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова — М.: Машиностроение. – 2003.
21. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Учебник для машиностроительных вузов. М.: «Высшая школа». – 1969.
22. Иванов, В.П. Проектирование участков ремонтно-восстановительного производства: Конспект лекций. Часть I. – Новополюцк: ПГУ; 2002.
23. Иванов, В.П. Проектирование участков ремонтно-восстановительного производства: Конспект лекций. Часть II. – Новополюцк: ПГУ; 2002.
24. Гробова, Л.С. Индукционные тигельные печи: учебное пособие / Л.С. Гробова, Л.И. Иванова. – Екатеринбург. – 2002.
25. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
26. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
27. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
28. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
29. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.