

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 Восстановление изношенных деталей мельницы молотковой  
аксиальной ММА 1500x1300x750

Студент

Д.Ф. Данилов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(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**

Цель настоящей работы – повышение производительности при наплавке быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных.

В исполнительской части выпускной квалификационной работы выполнены следующие задачи: выбрана порошковая проволока, обеспечивающая для стали 110Г13Л получение покрытия нужных свойств; выбраны режимы наплавки; разработан типовой технологический процесс наплавки; выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; выполнена экономическая оценка варианта наплавки самозащитной проволокой.

Структурно работа состоит из пояснительной записки объемом 51 страниц формата А1, 6ти рисунков, 8ми таблиц и графической части объемом 6 листов формата А1.

## 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 .....	9
1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного слоя.....	11
1.4 Задачи работы.....	18
2 Разработка технологического процесса восстановления.....	19
2.1 Подбор присадочного материала.....	19
2.2 Технология наплавки.....	20
3 Безопасность и экологичность технического объекта .....	22
3.1 Характеристика разработанного технического объекта. ....	22
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	23
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков .....	24
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	25
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	28
3.6 Заключение по разделу .....	28
4 Экономическое обоснование разработанных технических решений.....	30
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов.....	31
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	32
4.3 Капитальные вложения в оборудование.....	34
4.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов. ....	38
4.5 Цеховая себестоимость.....	43
4.6 Заводская себестоимость.....	43
4.7 Определение экономической эффективности.....	44
4.8 Выводы по разделу.....	45
Заключение .....	46
Список используемых источников.....	47

## Введение

Для использования в технологическом цикле предприятий некоторые полезные ископаемые нуждаются в измельчении. Общий принцип измельчения – механическое воздействие на породу, но поскольку размер измельченных фракций требуется в разных случаях различным, и свойства измельчаемых веществ значительно различаются, на практике применяют множество конструктивно различных устройств. Это шаровые мельницы, молотковые дробилки, валковые дробилки, щековые дробилки, вибрационные дробилки и т.д.

Мельницы молотковые аксиальные позволяют измельчить уголь, гипс, до пылевидного состояния с одновременной подсушкой перерабатываемого продукта. Измельчение перерабатываемого продукта реализуется за счет ударов билами, ударами о корпус и трения частичек продукта друг о друга.

Таким образом, детали молотковой аксиальной мельницы, непосредственно участвующие в дроблении частиц продукта, подвергаются действию ударных нагрузок и абразивного износа. Кроме того, высокие скорости вращения ротора требуют от материала прочности, чтобы противостоять центробежным нагрузкам. Данным условиям эксплуатации соответствует сталь 110Г13Л. Хотя, в некоторых случаях, молотки и билы изготавливают из низкоуглеродистой стали, а износостойкий слой наплавляют.

Тем не менее, и в том и в другом случае в процессе эксплуатации детали молотковой мельницы энергично изнашиваются. Поэтому предусмотрены такие конструктивные ухищрения, как возможность переворачивать изношенные детали – у них две рабочих поверхности. Окончательно изношенные детали восстанавливают дуговой наплавкой штучными электродами слоя, толщиной равной износу. Поэтому работы, направленные на увеличение продолжительности эксплуатации быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных обладают

актуальностью.

В настоящее время для наплавки износостойкого слоя на предприятии применяют штучные электроды ОЗН-6, ОЗН-7, ВСН-6, ЭНУ-2, Т-590, Т-620. Хотя все перечисленные электроды предназначены для получения износостойких слоев, у каждого есть свои отличительные особенности. Так при наплавке электродом ОЗН-6 наплавленный слой содержит свыше 4% титана. Благодаря столь высокому содержанию титана обеспечивается хорошее сопротивление износу и ударам наплавленного слоя. Наплавленный электродами ОЗН-7 и ОЗН-7М слой содержат около 4% хрома при содержании углерода 0,7%. В наплавленном электродами ВСН-6, ЭНУ-2, Т-590, Т-620 слое содержится свыше 1% углерода. В слое полученном наплавкой ВСН-6 и ЭНУ-2 содержится 14% хрома. Слой наплавленный электродами Т-590 и Т-620 содержит хром свыше 20%, и углерод 3,2%. Если перечисленные ранее электроды отличает стойкость наплавленного слоя к возникновению трещин, то слой наплавленный электродами Т-590 и Т-620 характеризуется склонностью к появлению трещин.

Таким образом, для наплавки быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных имеется широкий спектр наплавочных материалов. Однако сам процесс наплавки штучными электродами характеризуется низкой производительностью.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – повышение производительности при наплавке быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Мельницы молотковые применяют для размола топлива. Работают они, как правило, совместно с котельными агрегатами. Отличительная особенность от других типов агрегатов для измельчения веществ заключается в том, что параллельно измельчению происходит подсушивание продукта топочными газами, а поскольку измельчение ведется до мелких фракций, продукт измельчения уносится уходящими топочными газами. Принцип действия мельницы понятен из рисунка 1.1.

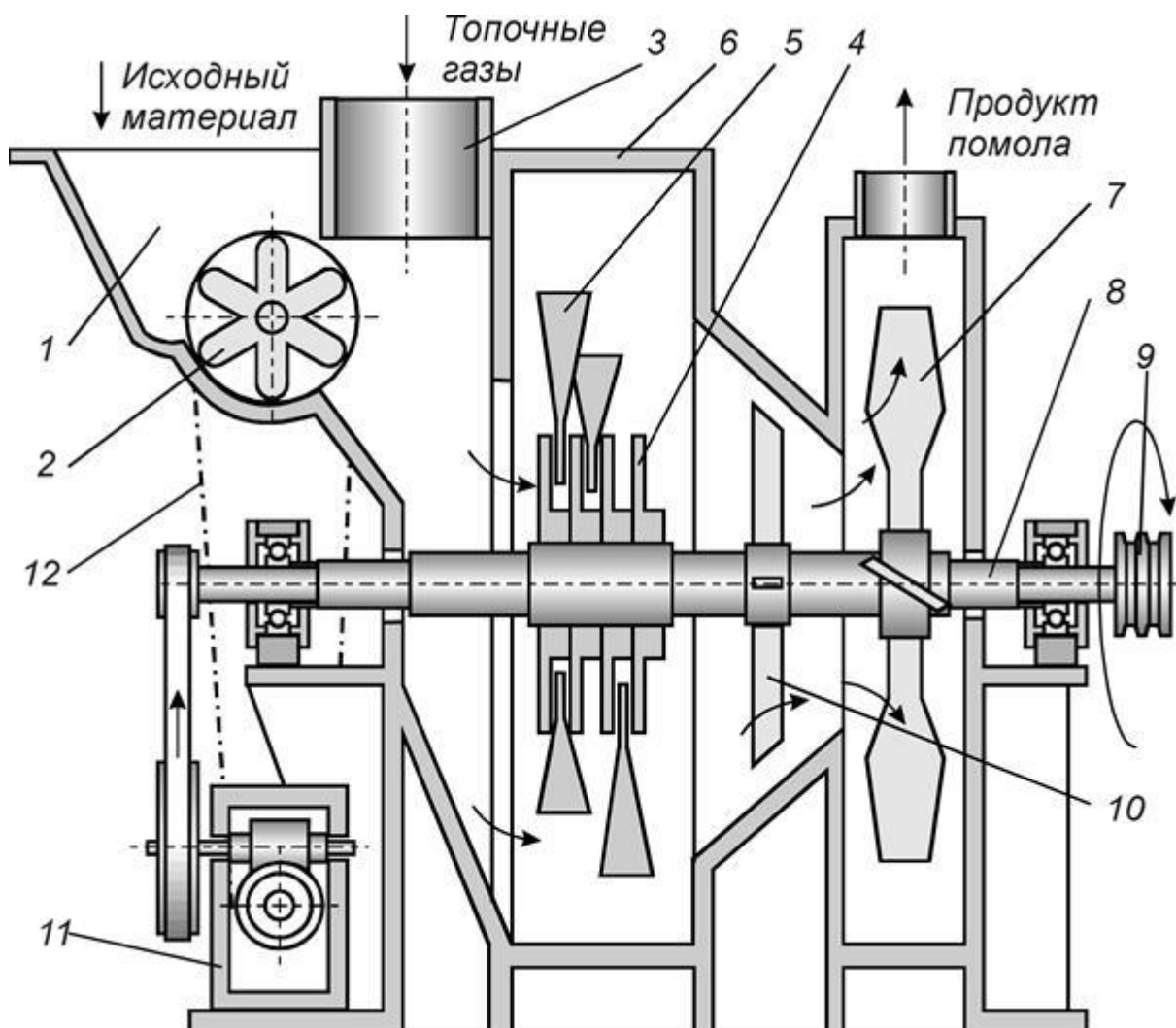


Рисунок 1.1 – Схема мельницы молотковой аксиальной

Материал в камере 6 измельчают билы 5 шарнирно подвешенные на роторе 4. Питатель 2 обеспечивает подачу материала в камеру из

загрузочного бункера 1, а вентилятор 7 удаляет размолотые до требуемой степени дисперсности частицы. Крестовина 10 отражает крупные частицы обратно в рабочую камеру.

Мельницы типа ММА работают совместно с котельными агрегатами. Тонко размолотое топливо поступает в топку котла, в свою очередь топочные газы через рукав 3 поступают в камеру 6 подсушивая топливо. Поскольку перегрев вала 8 и подшипников недопустим, температура поступающих в мельницу газов не должна превышать 350—400° С. В некоторых случаях, у крупных мельниц, вал охлаждается водой.

Марка ММА 1500х1300х750 означает молотковую мельницу аксиальную с диаметром ротора 1500 мм и рабочей длиной ротора 1300 мм и частотой вращения ротора 750 оборотов в минуту. У данной мельницы окружная скорость бил составляет 57 м/сек. Общее число бил на роторе 60 штук. Ширина била 110 мм при высоте 200 мм. Указанное число оборотов ротора обеспечивает электродвигатель мощностью 200 кВт.

Различные варианты конструкции бил представлены на рисунке 1.2.

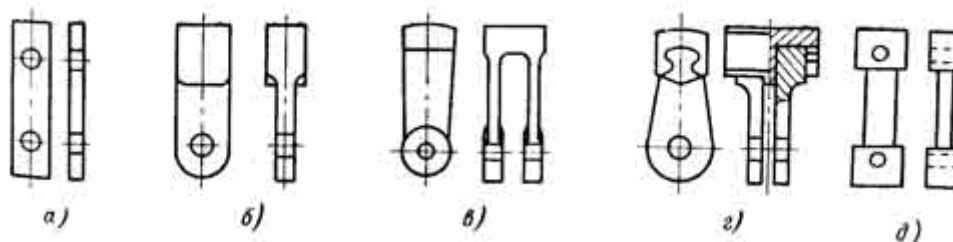


Рисунок 1.2 – Конструктивные варианты бил

Варианты б) в) г) позволяют после износа рабочей поверхности переворачивать 1 раз – две рабочие поверхности. Варианты а) и д) можно переворачивать четыре раза.

В процессе измельчения продукта перечисленные детали подвержены действию абразивного износа и ударных нагрузок.

Под действием внешних нагрузок детали молотковых мельниц, молотки, била, подвергаются износу. Несмотря на конструктивные решения обеспечивающие переустановку изношенной детали после уменьшения ее массы до 25-35%, она утилизируется. В целом по стране нужда для промышленности в изнашиваемых деталях молотковых мельниц достигает сотен тысяч штук в год.

Изношенные била подлежат замене новыми. Следует отметить, что указанная операция характеризуется высокой трудоемкостью. Выполняется поштучное взвешивание с точностью до 25 грамм. Затем выполняется сортировка по группам, таким образом, чтобы разность масс в группе не превышала 50 грамм. Если указанное требование для каких то бил не выполняется – удаляют металл фрезерованием. Затем выполняется установка бил на ротор таким образом, чтобы близкие по массе, разница не более 10 грамм, билы располагались на диаметрально противоположных концах ротора. Перечисленные мероприятия должны обеспечивать уравновешенность ротора, поскольку частота его вращения 750 оборотов в минуту при диаметре 1500 мм.

Ресурс бил определяется характеристиками перерабатываемого вещества. Так при использовании подмосковного угля составляет 500 часов, экибастузского угля 800 часов.

Базовая технология восстановления изношенных деталей мельницы молотковой аксиальной предусматривает дуговую наплавку на изношенные поверхности слоя штучными электродами. При этом, могут применяться электроды ОЗН-6, ОЗН-7, ВСН-6, ЭНУ-2, Т-590, Т-620. Для всех перечисленных электродов важным является предварительная подготовка. Обязательной операцией является прокалка перед наплавкой в течение 1 часа. Температура прокалики для электродов ЭНУ-2, ВСН-6, Т-590, Т-620 - 160-200°C, остальные электроды нуждаются в прокалке при температуре 350°C.

Производители выпускают перечисленные электроды диаметром 4 и 5 мм. Сила тока при наплавке составляет для электродов ОЗН-6, ОЗН-7, ВСН-



6, 140-160 А, при диаметре 4 мм и 150-170 А при диаметре 5 мм. Для электродов ЭНУ-2 сила тока 210-240 А при диаметре 4 мм, и 240-270 А при диаметре 5 мм.

Однако главным недостатком является ограниченная длина присадки – электродного стержня. Через достаточно непродолжительный промежуток времени сварщику приходится останавливать процесс, так как присадка закончилась. Выполняется замена электрода и рестарт. Подобного рода старты и остановки негативно отражаются на качестве соединения. Кроме того, при сварке некоторых материалов требуется зачистка кратера перед рестартом, что также увеличивает трудоемкость сварки.

Другим недостатком ограниченной длины присадочного стержня, влияющим, в основном, на качество, является разогрев электродного стержня при пропуске сварочного тока. В начале процесса стержень имеет сравнительно низкую температуру. В процессе выполнения сварного шва происходит разогрев электродного стержня и обмазки. Поэтому условия выполнения сварного шва меняются, меняются и характеристики наплавленного металла.

## 1.2 Анализ свойств материала

Для бил применяют сталь 110Г13Л. Химический состав указанной стали, и, соответственно, механические свойства приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 110Г13Л, (Fe – остальное)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,9-1,4	0,8-1	11,5-15	до 1	до 0,05	до 0,12	до 1	до 0,3

Таблица 1.2 – Механические свойства отливок из стали 110Г13Л, при температуре 20°C

$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	НВ
МПа	МПа	%	%	
654-830	360-380	34-53	34-43	186-229

Несмотря на высокое содержание углерода в стали она характеризуется высокими значениями пластических свойств.

Рассмотрим свариваемость данного материала. Анализ свариваемости стали 110Г13Л 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 одним способом сварки может обеспечить свариваемость материала для одних условий эксплуатации, но для других условий эксплуатации тот же способ свариваемость не обеспечит. 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]:

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

Однако для исследуемой стали содержание углерода около 1 процента, поэтому используем формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

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

Если показатель превышает 4, есть риск появления горячих трещин.

### **1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного слоя**

По результатам выполненного анализа применяемого в настоящее время на предприятии технологического процесса наплавки были выявлены ряд недостатков.

Следовательно, технология восстановления нуждается в модернизации. Наиболее радикальным вариантом модернизации является замена способа наплавки. Промышленное применение нашли множество способов наплавки и нанесения покрытий. Однако, в первую очередь, замена должна обеспечивать экономический эффект. Поэтому логично замену способу сварки выполнить в два этапа. На данном этапе производится анализ достоинств и недостатков всех способов, которые возможны для восстановления нашего изделия и обеспечивающих устранение выявленных в первом разделе работы недостатков. На следующем этапе, в разделе 4 работы, проводится экономическая оценка замены согласно принятым методикам расчета экономической эффективности.

Наиболее радикальным методом замены является применение для восстановления газотермических и иных способов нанесения покрытий на изношенные поверхности деталей молотковых дробилок. Вообще, нанесение покрытий и слоев возможно гальваническими методами, наносят также в вакууме. Причем, технологии нанесения в вакууме обеспечивают практически неограниченные возможности по управлению структурой и свойствами наносимого слоя.

Однако вариант замены на вакуумные технологии нанесения покрытий не устраивают нас по следующим причинам. Оборудование для электронно-лучевого осаждения покрытий в вакууме является сложным в эксплуатации и дорогостоящим. Требуется высокой культуры производства и квалифицированного обслуживающего персонала. Также негативно на производительность процесса вакуумных технологий нанесения покрытий сказывается длительное время, расходуемое на откачку воздуха из вакуумной камеры. Правда время на данную операцию может быть значительно сокращено в установках с двумя шлюзовыми камерами, но наличие двух шлюзовых камер удорожает оборудование.

Меньшие технологические возможности у способа гальванического осаждения. Хотя оборудование и сама технология осаждения гораздо проще. Кроме того, при нанесении покрытия практически не происходит разогрев дефектного изделия. Следовательно, свойства материала изделия остаются неизменными. Тем не менее, главным недостатком способа гальванического нанесения покрытий является слабое сцепление наносимого слоя и подложки. С учетом того, что подлежащие восстановлению детали работают при ударных и абразивных нагрузках важным свойством наносимого покрытия является его хорошая адгезия.

Аналогичные недостатки и у разных способов напыления покрытий при распылении наносимого материала струей плазмы или струей продуктов сгорания углеводородов. По сравнению с гальваническим способом

напыляемое изделие, все же, нагревается до незначительных температур, но наносимый слой не переплавляется с основой.

Поэтому, по результатам анализа, с учетом условий эксплуатации, оставляем дуговую наплавку. Но наплавка дугой может быть реализована многими способами.

Для выбора способа наплавки на первом этапе воспользуемся такими критериями как:

1. Химические свойства соединяемых сваркой материалов;
2. Толщины наносимого наплавкой слоя;
3. Пространственные и геометрические параметры сварных соединений;
4. Выбор экономически целесообразных вариантов замены ручного труда сварщика.

Поскольку при дуговой наплавке предусматривается нагрев детали и присадочного материала до температуры расплавления, химические свойства интересуют, в первую очередь, в плане предотвращения взаимодействия расплавленного материала с окружающей средой. В состав некоторых материалов входят вещества, обладающие высоким сродством к кислороду. В процессе нагрева соединяемого материала такие вещества будут окисляться. В некоторых случаях опасность представляет азот. Возможно его растворение в расплавленном металле сварочной ванны и негативное действие на характеристики получаемого сварного соединения.

Протяженность сварного шва и его пространственную конфигурацию также необходимо принимать во внимание при анализе подходящих способов сварки. В некоторых случаях ограничение по сварке накладывается даже не на сам способ сварки, а на применяемые режимы сварки. Так при ручной дуговой сварке штучными электродами применяемые электроды классифицируются для сварки во всех пространственных положениях, для всех положений кроме вертикального на спуск, нижнего. Дело в том, что одна из функций обмазки штучных электродов – обеспечить необходимую

величину поверхностного натяжения сварочной ванны. Если компоненты, обеспечивающие данную функцию отсутствуют, расплавленный металл характеризуется высокой жидкотекучестью и сварка, например, в потолочном положении становится невозможной даже для сварщиков высокой квалификации.

Некоторые способы сварки по определению не могут применяться для разных пространственных положений. Так автоматическая сварка под слоем флюса пригодна для получения швов в нижнем положении. Кроме того, большинство способов автоматической сварки предпочтительны для прямолинейных и протяженных швов. Дело в том, что маневренность установок автоматической сварки ограничена. Как правило, требуется много времени для переналадки таких установок на новый шов. Поэтому для коротких швов сложной пространственной конфигурации предпочтительнее варианты, где сварщик вручную манипулирует горелкой или электрододержателем.

По выбору экономически целесообразного варианта замены ручного труда сварщика необходимо, в первую очередь, учитывать вид производства. Для условий массового и крупносерийного производства однотипной продукции рационально применять автоматические способы сварки. Реализуются они в заводских условиях в составе автоматических линий.

В условиях монтажа, а также при ремонтной сварке, где однотипные дефекты редкость предпочтительнее механизированные и ручные способы сварки. Также механизированные и ручные способы оправданы в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Далее, с учетом изложенной выше информации, рассмотрим возможные для нашего изделия способы сварки. Ранее были указаны недостатки способа ручной дуговой сварки штучными электродами причиной которых является ограниченная длина присадки.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения

проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют. Но данный способ в какой то степени ограничивает возможности технолога по управлению химическим составом наплавленного металла. В ряде случаев обмазка штучных электродов содержит легирующие компоненты.

Кроме того, стоимость некоторых газовых смесей, особенно содержащих большое количество аргона, высока.

Устранить приведенный здесь первым недостаток механизированной сварки в газовых смесях можно применив способ сварки порошковой проволокой, рисунок 1.3 Порошковая проволока по сути является вывернутым наизнанку штучным электродом, рисунок 1.4.

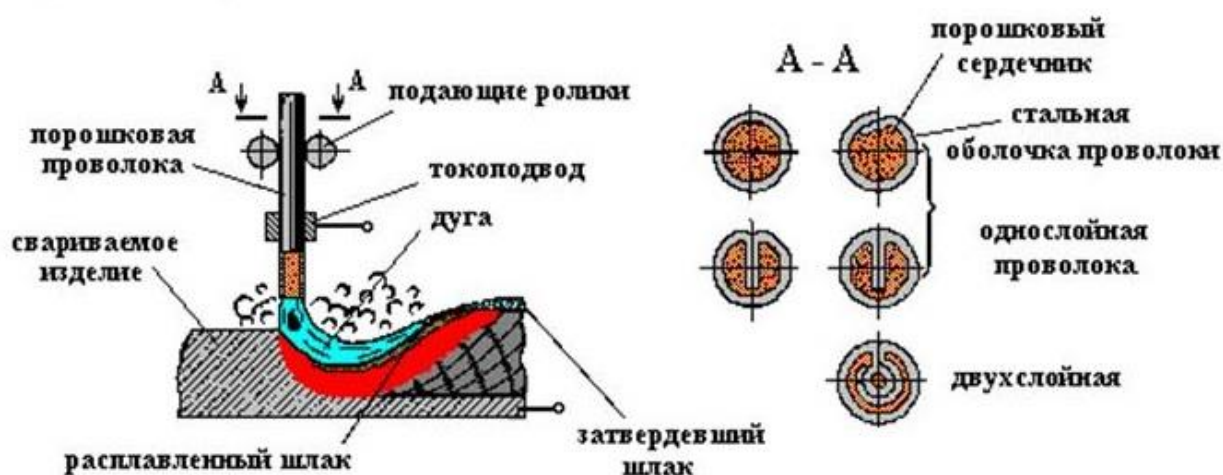


Рисунок 1.3 – Схема сварки порошковой проволокой



Рисунок 1.4 – Общий вид порошковой проволоки

Она может применяться при обеспечении газовой защиты зоны горения дуги и без газовой защиты – самозащитная проволока.

К достоинствам сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр соединяемых материалов. Практически все цветные металлы успешно соединяются данным способом. В некоторых случаях, при сварке титана, например, требуется дополнительная защита инертным газом и зон, подвергшихся нагреву до высоких температур.

Недостатки способа – при сварке активных металлов требуется в качестве защитного применять дорогостоящий аргон. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутом и сварочной горелкой. Различные варианты механизации данного способа приводят к необходимости создания конструктивно сложной горелки, рисунок 1.5. Фотография такой горелки на рисунке 1.6.



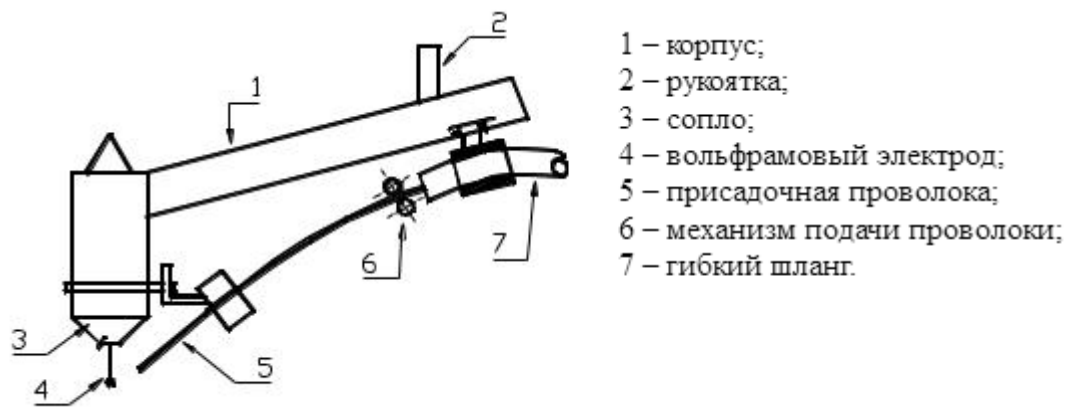


Рисунок 1.5 – Схема механизированной сварки неплавящимся электродом

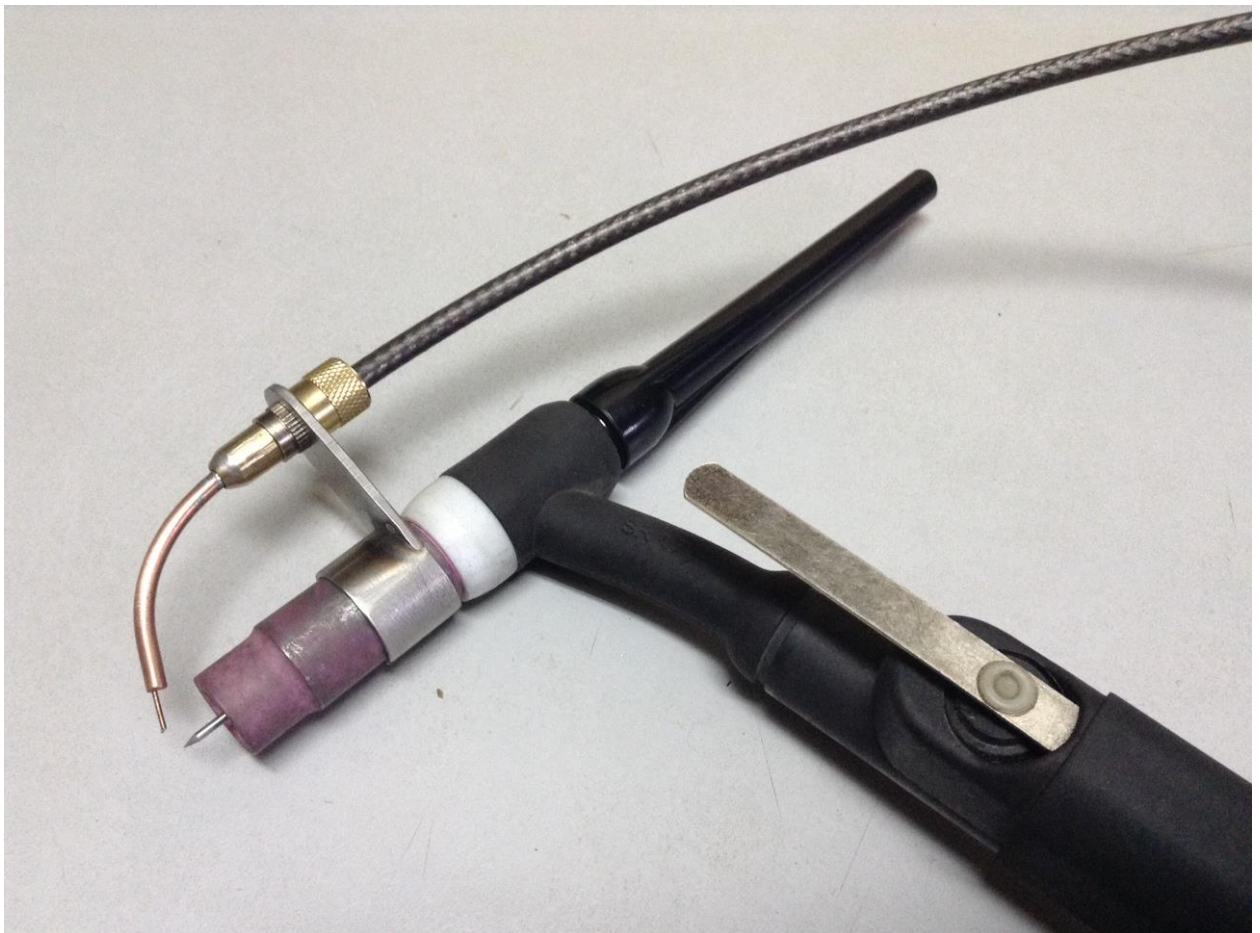


Рисунок 1.6 - Горелка для TIG сварки при механизированной подаче проволоки

В целом, можно сделать вывод, что замена способа наплавки штучными электродами на способ наплавки самозащитной порошковой

проволокой обеспечит повышение производительности при минимальных финансовых вложениях.

#### **1.4 Задачи работы**

Цель настоящей работы – повышение производительности при наплавке быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных. Результатом анализа установлено, что наиболее интенсивному изнашиванию подвержены такие детали мельниц, как била. Для бил применяют сталь 110Г13Л. Данная сталь характеризуется ограниченной свариваемостью. В ней содержится около 1% углерода. Однако наплавка слоя на изношенную поверхность данной стали в условиях предприятия успешно выполняется штучными электродами ОЗН-6, ОЗН-7, ВСН-6, ЭНУ-2, Т-590, Т-620. И все же низкая производительность по причине ограниченной длины присадочного материала требует модернизации технологического процесса.

Анализ возможных вариантов модернизации показал, что отказ от технологии дуговой наплавки нецелесообразен для данного изделия. Из возможных вариантов высокопроизводительной дуговой наплавки проволокой выбор сделан в пользу порошковой самозащитной проволоки.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор порошковой проволоки, обеспечивающей для стали 110Г13Л получение покрытия нужных свойств;
2. Выбор режимов наплавки;
3. Разработка типового технологического процесса наплавки;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта наплавки самозащитной проволокой.

## **2 Разработка технологического процесса восстановления**

### **2.1 Подбор присадочного материала**

В первом разделе показано, что наплавка на била дробилок слоя штучными электродами ОЗН-6, ОЗН-7, ВСН-6, ЭНУ-2, Т-590, Т-620 (способ ММА) характеризуется низкой производительностью. Предложена альтернатива применяемому способу ММА - механизированная сварка порошковой проволокой.

Первым этапом разработки технологии механизированной наплавки является выбор порошковой проволоки. Это важный этап в разработке технологии наплавки, так как марка выбранного материала определяет химический состав получаемого в процессе восстановления слоя, значит и эксплуатационные его эксплуатационные характеристики. В процессе измельчения продукта била подвержены действию абразивного износа и ударных нагрузок. Поэтому материал бил, сталь 110Г13Л содержит сравнительно высокое количество таких элементов как углерод, 0,9-1,4% и марганец, 11-15%.

При выборе сварочных материалов, в данном случае это порошковая проволока необходимо обеспечить получение наплавленного слоя, химический состав которого совпадает со сталью 110Г13Л. Однако при наплавке протекают в сварочной ванне металлургические процессы, поэтому содержание элементов в присадочной проволоке и нанесенном наплавкой слое могут отличаться. Часть химических элементов может выгореть, часть перейти в шлак.

Предварительный анализ подходящих по химическому составу порошковой проволоки выполняли исходя из информации, заложенной в ГОСТ 26101-84. Согласно таблице 4 данного документа с высоким содержанием марганца и углерода выпускаются следующие проволоки:

Проволока ПП-Нп-65Х5Г12МС: С - 0,6 %; Si - 0,9 %; Mn - 12 %; Cr - 4 %; W - 2 %; Mo - 2,2 %; V - 0,2 %.

Проволока ПП-Нп-200X12ВФ: С - 1,8 %; Si - 0,4 %; Mn - 0,3 %; Cr - 12 %; W - 1 %; V - 0,25 %.

Проволока ПП-Нп-200X15С1ГРТ: С - 2 %; Si - 1,5 %; Mn - 1 %; Cr - 15 %; Ti - 0,6 %; В - 0,7 %.

Проволока ПП-Нп-90Г13Н4: С - 0,7...0,9 %; Si - 0,1-0,3 %; Mn - 13...15 %.

Характеристики проволоки ПП-Нп-65X5Г12МС следующие:  
Коэффициент наплавки 23 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200X12ВФ следующие:  
Коэффициент наплавки составляет 12 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...44.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200X15С1ГРТ следующие:  
Коэффициент наплавки составляет 16 г/Ач. Твердость после наплавки HRC - 50...56.

Характеристики проволоки ПП-Нп-90Г13Н4 следующие:  
Коэффициент наплавки составляет 11 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Если анализировать свойства, то высокими эксплуатационными характеристиками в процессе абразивного износа обладают проволоки: ПП-Нп-200X15С1ГРТ и ПП-Нп-200X12ВФ. Но у нас еще и ударные нагрузки, поэтому рекомендуем проволоку ПП-Нп-90Г13Н4.

## **2.2 Технология наплавки**

Первым этапом проектного технологического процесса является подготовительная операция. Вначале производят дефектацию бил. На очищенных от загрязнений билах выполняют замеры посадочных поверхностей на соответствие требованиям. Используют штангенциркуль, определяют величину износа. Затем била передают на зачистку поверхности, подлежащей наплавке. Изношенные поверхности и прилегающие участки шириной не менее 5 мм зачищают до металлического

блеска. В качестве вспомогательного материала применяют наждачную шкурку 50П2Ф. Зачищенные поверхности обезжиривают ацетоном или Уайт-спиритом. После чего просушивают.

Подготовленные била передают на операцию наплавки. Производят наплавку слоя толщиной 1 – 1,2 мм. Наплавку производят по схеме, рис. 2.1.

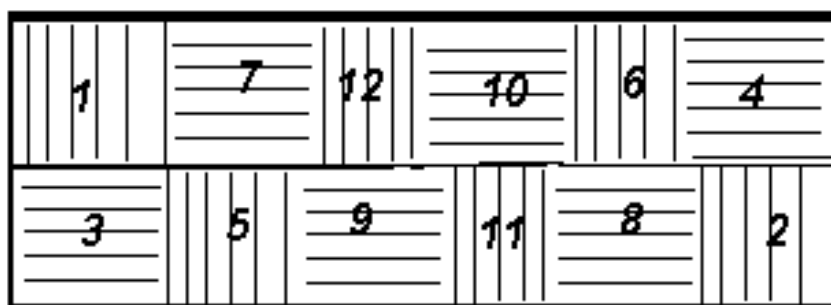


Рисунок 2.1 – Последовательность наложения валиков

Параметры режима наплавки следующие: ток постоянный; полярность обратная; напряжение на дуге 24...27 В; Сила тока 220-240 А; скорость наплавки 20-26 м/час; каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/4 его ширины. В качестве присадочного материала используют порошковую проволоку ПП-Нп-90Г13Н4 диаметром 2,6 мм.

Наплавку производят в воздушной среде, так как проволока самозащитная.

### 3 Безопасность и экологичность технического объекта

#### 3.1 Характеристика разработанного технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Восстановление изношенных деталей мельницы молотковой аксиальной ММА 1500x1300x750». В процессе выполнения бакалаврской работы разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при наплавке быстроизнашиваемых бил.

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, рисунок 3.1. Понадобится сварочный аппарат СВАРОГ ТЕСН MIG 350, на схеме обозначен 8.

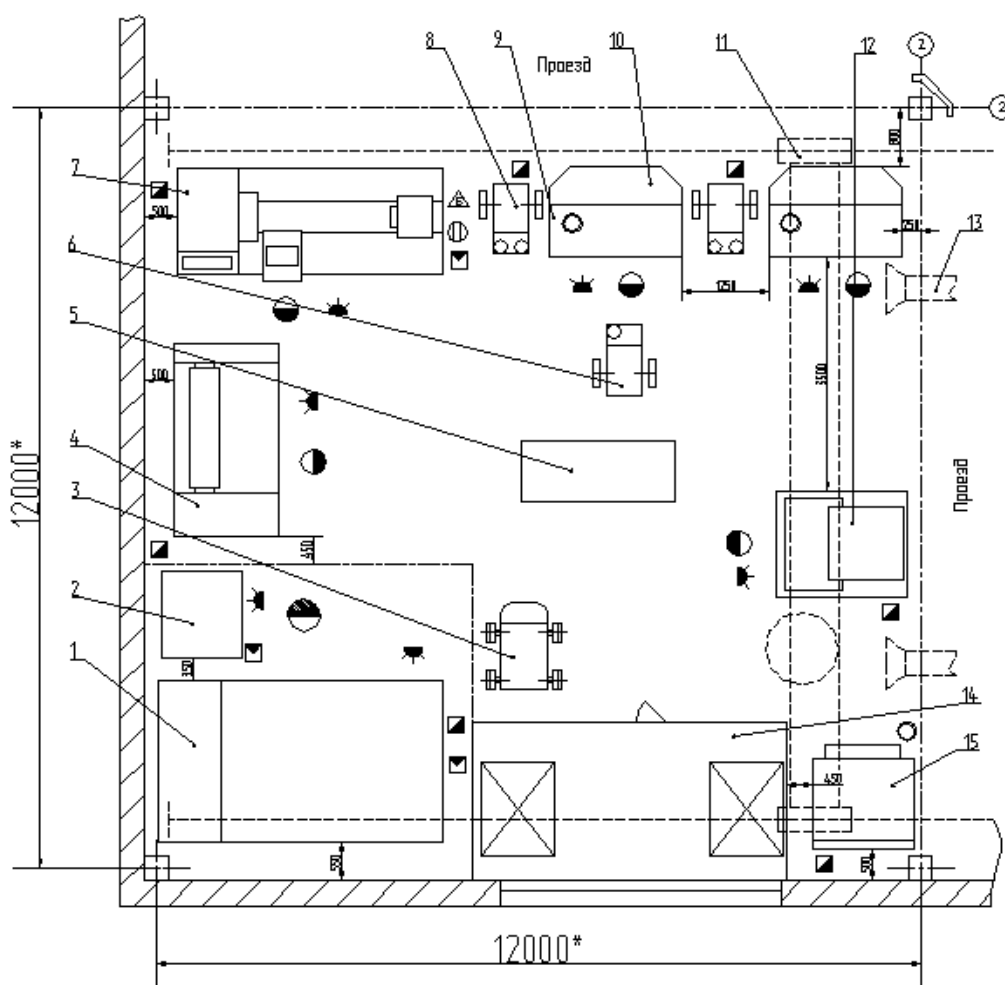


Рисунок 3.1 – Схема компоновочная участка наплавки

Таблица 4.1 - 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,	Сварочный аппарат, СВАРОГ ТЕСН MIG 350.	Проволока порошковая ПП-Нп-90Г13Н4, 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 бил 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.	Бида
2	Дефектация	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Бида
3	наплавка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, СВАРОГ ТЕСН MIG 350, присадочная проволока ПП-Нп-90Г13Н4, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Бида

### **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	СВАРОГ ТЕСН MIG 350	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 бил	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 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 среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Наплавка бил	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 бил. Подробно

рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по наплавке бил. 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 Экономическое обоснование разработанных технических решений

По базовому варианту технологического процесса наплавки изношенных деталей мельниц аксиальных применяется дуговая наплавка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную наплавку порошковой самозащитной проволокой.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 4.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки применяемой в настоящее время на предприятии технологии наплавки изношенных деталей мельниц аксиальных и принцип их устранения при использовании механизированной наплавки.

Таблица 4.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Наплавка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для наплавки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной наплавке полуавтомат подает порошковую присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при наплавке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной наплавке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар.

#### 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 проведения экономического расчета

№ п/п	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проек т.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	500	500
2	Цена присадочного материала	Цэл	Руб/кг	54	248
3	Коэф. транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
4	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
5	Коэф. доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
6	Отчисления на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
7	Отчисления на социальные нужды	-	%	30	30
8	Цена оборудования	Цоб	Руб	15000	42000
9	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
10	Мощность установки	Му	кВт	3,64	4,4
11	Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,78
12	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт т	1,79	1,79
13	Удельный расход защитного газа	Узг	М <sup>3</sup> /час	-	50
14	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	-	50
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
16	Площадь занимаемая оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11
17	Затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	-	%	2	2

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4	5	6
18	Нормативный коэф. Экономической эффективности дополн. капит. Вложений	Ен	-	0,33	0,33
19	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
20	Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех		2,50	2,50
21	Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав		2,15	2,15
22	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

#### 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:

$$t_{шт} = t_{n-3} + t_o + t_{\text{в}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{обсл}} + t_{н.н} \quad (4.1)$$

где  $t_{n-3}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{n-3} = 0,05\%$  от  $t_o$

$t_o = t_m$  – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

$t_{\text{отл}}$  – 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:  $t_{омл} = 5\%$  от  $t_0$  ;

$t_{обсл}$  – 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:  $t_{обсл.} = 8\%$  от  $t_0$  ;

$t_{н.п}$  – время неустранимых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от  $t_0$  .

Машинное время для ручной и полуавтоматической сварки на единицу изделия определим по формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (4.2)$$

где:  $M_{напл.мет}$  – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{ш}$  – длина швов в изделии, м;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$  – коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А\*час.

При сварке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_{н} \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> (для нашей стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$F_{н}$  – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм<sup>2</sup>.

Для однопроходных швов.

$$F_{н} = (8 \div 12) \cdot d_{эл.} \quad (4.4)$$

$$F_{нб} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$F_{нпр} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,156 \text{ кг/м.}$$

$$M_{\text{напл.мет.пр}} = 7,8 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,093 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем исходя из того, что наплавка ведется в один слой, ширина балансира 20 мм, и общая площадь наплавки  $200 \text{ мм}^2$ , тогда, с учетом перекрыва валиков длина составит 1350 мм.

Базовый вариант, машинное время:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 * 0,156 * 1,35}{120 * 9} = 11,4 \text{ мин.}$$

Проектный вариант

$$t_{\text{пр}} = \frac{60 * 0,093 * 1,35}{250 * 9} = 7,6 \text{ мин.}$$

Штучное время, базовый вариант

$$t_{\text{штб}} = 0,57 + 11,4 + 1,14 + 0,57 + 0,912 + 0,114 = 14,36 \text{ мин.} = 0,2394 \text{ час.}$$

Штучное время, проектный вариант

$$t_{\text{штпр}} = 0,06 + 7,6 + 0,76 + 0,38 + 0,608 + 0,076 = 9,576 \text{ мин.} = 0,1596 \text{ час}$$

### 4.3 Капитальные вложения в оборудование

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

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

где:  $K_{\text{пр}}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{\text{кон}}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{пр}} = \sum C_{\text{об}} * k_z \quad (4.6)$$

где  $\sum C_{\text{об}}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_z$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

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

где:  $N_{пр}$  – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$  – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

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

Для выполнения принятой  $N_{пр}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{об.прин}$ ).

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле::

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

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:

:

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

где:  $D_k$  – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году;

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

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

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

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

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

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{500 \cdot 14,36}{1812 \cdot 60} = 0,06 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{500 \cdot 9,57}{1812 \cdot 60} = 0,04 \text{ шт}$$

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.

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,06}{1} = 0,06$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,12}{1} = 0,04$$

$$K_{\text{прб}} = 15000 \cdot 0,06 = 900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 42000 \cdot 0,04 = 1680 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

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

$K_{\text{монт}}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$  – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

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

где:  $k_{\text{монт}}$  – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

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

$$K_{\text{монт}} = 42000 * 0,2 = 8400 \text{ руб.}$$

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

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

где:  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 15000 * 0,2 = 3000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * \Pi_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{площ}} = 3 * 3000 * 3 * 0,12 = 5400 \text{ руб}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 1680 + 8400 + 3000 + 5400 = 18480 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 900/500 = 1,8 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 18480/500 = 36,96 \text{ руб.}$$

#### 4.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

При наплавке изношенных деталей используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение штучных электродов. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой, для которой сварочными материалами будут порошковая проволока. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = 3М_{ЭЛ} \quad (4.15)$$

$$3М_{ЭЛ} = Н_{ЭЛ} \cdot Ц_{ЭЛ} \quad (4.16)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена присадочного материала, штучного электрода, руб/кг;

$Н_{ЭЛ}$  норма расхода присадочного материала, кг.

Норма расхода электрода

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

где  $У$  – удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

$L_{ш}$  – длина сварного шва, м.

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (4.18)$$

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

$M_{напл.мет}$  – расчетная масса наплавленного металла.

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

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 10d_{эл} = 20 \text{ мм}^2$ .

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 20 / 1000 = 0,156$$

$$У = 1,7 \cdot 0,156 = 0,265$$

$$Н_{р_{ЭЛ}} = 0,265 \cdot 1,14 = 0,291 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{ЭЛБ} = 54 \cdot 0,291 = 15,75 \text{ руб};$$

Для проектного варианта

$$ЗМ_{СВПР} = 3М_{СВПР} \quad (4.20)$$

Затраты на порошковую проволоку

$$ЗМ_{СВПР} = Ц_{ПР} \cdot Н_{ПР}; \quad (4.21)$$

где  $Ц_{ПР}$  – цена порошковой проволоки, руб/кг;

$Н_{ПР}$  – норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$Н_{ПР} = У \cdot L \quad (4.22)$$

где  $У$  – удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

$L$  – длина сварного шва, м.

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

где  $k_p$  – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{напл.мет}$  – расчетная масса наплавленного металла.

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

Где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 10d_{пр} = 12 \text{ мм}^2$ .

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 12 / 1000 = 0,093$$

$$У = 1,05 \cdot 0,093 = 0,098$$

$$Н_{ПР} = 0,098 \cdot 1,14 = 0,111 \text{ кг}$$

$$З_{ПР} = 248 \cdot 0,111 = 27,52 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$З_{Мпр} = З_{пр} = 27,52 \text{ руб.}$$

Финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

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

где  $P_{об}$  – полезная мощность оборудования, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Полезную мощность оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение.

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

$$Z_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,19}{0,7} 2,2 = 3,58 \text{ руб.}$$

$$P_{обпр} = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

$$Z_{э-э}^{ПР} = \frac{9 \cdot 0,121}{0,75} 2,2 = 3,19 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

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

где  $A_{об}$  – финансовые потери на амортизацию оборудования, руб.;

$P_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

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

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

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{об}$  – норма амортизации оборудования, %;

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

$$A_{об}^Б = \frac{15000 \cdot 14,36 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,35 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{42000 \cdot 9,57 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,66 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

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



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

$$P_{тр}^{б} = \frac{15000 * 35 * 0,06}{1812 * 100} = 0,17 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{42000 * 35 * 0,04}{1812 * 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{об}^б = 0,35 + 0,17 = 1,14 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 0,66 + 0,32 = 2,53 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

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

где:  $Ц_{пл}$  – цена  $1\text{ м}^2$  производственной площади, руб.;

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

$S_{пл}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

$$З_{пл}^б = \frac{3000 * 8 * 2 * 14,36}{1812 * 100 * 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

$$З_{пл}^{пр} = \frac{3000 * 11 * 2 * 9,57}{1812 * 100 * 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.} \quad (4.34)$$

Объём основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где  $C_{ч}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$  – норма штучного времени, час;

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

$$k_{зпл} = k_{нр} * k_{вн} * k_y * k_{нф} * k_H \quad (4.36)$$

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

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

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

$k_{нф} = 1,067$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$ЗПЛ_{осн}^B = 0,239 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 31,17 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{ПР} = 0,159 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 14,43 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

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

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

$$ЗПЛ_{доп}^B = 31,17 \cdot 10 / 100 = 3,12 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 14,43 \cdot 10 / 100 = 1,44 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПб = 31,17 + 3,12 = 34,29 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 14,43 + 1,44 = 15,87 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где  $N_{соц}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

$$O_{сн}^B = 34,29 \cdot 30 / 100 = 10,28 \text{ руб.}$$

$$= 15,87 \cdot 30 / 100 = 4,76 \text{ руб.}$$

### Технологическая себестоимость

Технологическая себестоимость определяется как сумма всех затрат

$$C_{\text{ТЕХ}} = Z_{\text{М}} + Z_{\text{Э-Э}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + O_{\text{СН}} \quad (4.39)$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 15,75 + 3,58 + 1,14 + 0,06 + 34,29 + 10,28 = 65,64 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПП}} = 27,52 + 3,19 + 2,53 + 0,05 + 15,87 + 4,76 = 53,92 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Цеховая себестоимость

$$C_{\text{Цех}} = C_{\text{Тех}} + R_{\text{Цех}}; \quad (4.40)$$

где  $R_{\text{Цех}}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{Цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{Цех}} \quad (4.41)$$

где  $k_{\text{Цех}}$  – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{\text{Цех}}^{\text{Б}} = 65,64 + 31,17 \cdot 2,5 = 65,64 + 77,92 = 143,56 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{Цех}}^{\text{ПП}} = 53,92 + 14,43 \cdot 2,5 = 53,92 + 36,07 = 89,99 \text{ руб.}$$

#### 4.6 Заводская себестоимость

$$C_{\text{Зав}} = C_{\text{Цех}} + R_{\text{Зав}} = C_{\text{Цех}} + k_{\text{Зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.42)$$

где  $R_{\text{Зав}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{Зав}}$  – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

$$C_{\text{Зав}}^{\text{Б}} = 143,56 + 31,17 \cdot 1,8 = 143,56 + 56,10 = 197,34 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{Зав}}^{\text{ПП}} = 89,99 + 14,43 \cdot 1,8 = 89,99 + 25,97 = 115,96 \text{ руб.}$$

### Калькуляция себестоимости

Таблица 4.3 – Калькуляция себестоимости ремонтной наплавки

быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых

п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	15,75	12,23
2	Объем фонда заработной платы	ФЗП	34,29	15,87

Продолжение таблицы 4.3				
1	2	3	4	5
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	10,28	4,76
4	Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1,14	2,53
5	Затраты на площади	Зпл	0,06	0,05
	Величина технологической себестоимости	Стех	65,64	53,92
6	Цеховые расходы		77,92	36,07
	Себестоимость цеховая	Сцех	143,56	89,99
7	Заводские расходы		56,10	25,97
	Себестоимость заводская	Сзав	197,34	115,96

#### 4.7 Определение экономической эффективности

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия)

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = \left( C_{зав}^б - C_{зав}^{np} \right) \cdot N_{np} \quad (4.43)$$

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (197,34 - 115,96) \cdot 500 = 42511 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^б + E_H \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пp} + E_H \cdot K_{уд}^{пp})] \cdot N_{пp} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(197,34 + 0,33 \cdot 1,8) - (115,96 + 0,33 \cdot 36,96)] \cdot 500 = 36560 \text{ руб.}$$

Показатели снижения трудоемкости

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,2394 - 0,1596}{0,2394} \cdot 100\% = 45,6\%$$

Показатель повышения производительности труда

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

$$П_T = \frac{100 \cdot 45,6}{100 - 45,6} = 83,8\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{К_{общпр}}{\mathcal{E}_{вг}} \quad (4.47)$$

$$T_{ок} = \frac{2929,5}{22175} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

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

#### 4.8 Выводы по разделу

Анализ применяемой технологии наплавки изношенных деталей мельниц аксиальных выявил основной ее недостаток – применение в качестве присадочного материала штучных электродов. А это снижает производительность процесса, так как требуется время на замену отработанного электрода и рестарт процесса наплавки. Проведенный анализ возможных вариантов сварки позволил рекомендовать механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой.

Внедрение способа с большей производительностью позволило уменьшить на 46% трудоемкость наплавки одного изделия, при увеличении производительности труда на 84%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 18480 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 36560 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости замены существующей технологии наплавки штучными электродами на механизированную порошковой проволокой.

## Заключение

Сформулированная в разделе Введение цель бакалаврской работы «повышение производительности при наплавке быстроизнашиваемых деталей мельниц молотковых аксиальных».

Анализ применяемого технологического процесса наплавки штучными электродами показал, что его недостатки обусловлены ограниченной длиной присадки – электродного стержня. При этом тратится время на замену израсходованного электрода, получается неравномерный химический состав наплавляемого валика по длине.

Выполненный анализ возможных вариантов нанесения слоя на изношенную поверхность бил позволил рекомендовать механизированную сварку с применением порошковой проволоки. Выбрана наплавочная проволока ПП-Нп-90Г13Н4. По своим характеристикам указанная проволока хорошо сопротивляется ударным нагрузкам и истирающему действию абразива, содержащегося в перерабатываемых на мельницах породах.

Применение механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой проволоки по разработанной в выпускной квалификационной работе технологии позволяет повысить производительность труда на 84%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 36000 руб.

Также был выполнен анализ факторов, негативно действующих на работников при внедрении новой технологии наплавки. Показано что применение стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных в бакалаврской работе технологических решений.

Таким образом поставленные в работе задачи выполнены и можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

## Список используемых источников

1. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.
2. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
3. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
4. 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.
5. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
6. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
7. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
8. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
9. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
10. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.

11. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
12. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
13. 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.
14. Enhancement 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.
15. 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.
16. Райцес, В.Б. Износостойкие плазменные покрытия на основе двойного карбида титана–хрома / В.Б. Райцес, В.М. Литвин, В.П. Рутберг. [и др.] // Порошковая металлургия. – 1986. – № 10. – С. 46–47.
17. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
18. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
19. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.



20. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
21. 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.
22. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication*. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // *Автоматическая сварка*. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
27. 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.
28. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // *Автоматическая сварка*. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
29. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.

30. 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.
31. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // *Техсовет*, 2010. № 4. С. 38.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. Краснопевцева И.В. / Выполнение курсовой работы по дисциплине «Организация машиностроительного производства»: Методическое пособие для вузов / Краснопевцева И.В. М-во обр. и науки РФ, Тол. гос. универ. – Тольятти: ТГУ, 2015. - 31 с.
37. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др.; Под. Общ. ред. К.М. Великанова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л: Машино-строение отделение, 1996 – 285 с.
38. Амирджанова И.Ю. Правила оформления 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.

39. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. -Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. -51 с.