

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Ремонтные технологии конвейеров в ПРОО ПАО "АвтоВАЗ"

Студент	<u>Г.И. Дёмкин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>А.Л. Федоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов за счет повышения продолжительности эксплуатации конвейеров в ОАО АвтоВАЗ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подобран наплавочный материал, обеспечивающий заданные физико-механические характеристики наносимого покрытия
2. Разработан технологический процесс наплавки отдельных деталей конвейеров, наиболее подверженных износу
3. Подобрано оборудование для реализации данного технологического процесса и скомпоновано на производственном участке.
4. Предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала.
5. Произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

Пояснительная записка содержит _65_ стр., _5_ рисунков, _7_ таблиц.

Для повышения срока службы конвейеров предложено восстанавливать изношенные поверхности деталей, наиболее подверженных износу. Анализ способов восстановления показал, что наиболее эффективно для данного класса изделий применение напыления шнуровыми материалами. Разработана технология напыления. Подобрано соответствующее оборудование.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Конвейеры и условия их эксплуатации	7
1.2 Анализ Вида, характера и механизма повреждений в соединениях с натягом	11
1.3 Анализ базового техпроцесса восстановления	13
1.4 Анализ способов восстановления.....	14
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	22
2 Разработка технологии восстановления	24
2.1 Подбор наплавочного материала.....	24
2.2 Разработка технологии восстановления вала конвейера	35
3 Оборудование для реализации разработанного технологического процесса	37
4 Безопасность и экологичность бакалаврской работы.	39
4.1 Описание и характеристика разработанного технического объекта.	39
4.2 Риски, сопровождающие технологию напыления	40
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков	41
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....	41
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	44
4.6 Заключение по разделу	45
5 Экономическая эффективность проекта.....	47
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	48
сравниваемых вариантов	48
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	49
5.3 Расчет затрат на новое оборудование	50

5.4	Определение технологической себестоимости.....	53
5.5	Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	61
5.6	Выводы по разделу.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		63
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....		64

ВВЕДЕНИЕ

Конвейеры применяют для перемещения разных грузов во многих отраслях промышленности, в том числе и в автомобилестроении. Это обусловлено сравнительной простотой их конструкции, низкими затратами на монтаж и эксплуатацию, универсальностью. К дополнительным преимуществам относится возможность выполнения на конвейерах, непосредственно в процессе перемещения, различных технологических операций. Все же, наиболее полно перечисленные достоинства конвейеров реализуются при массовом и крупносерийном производстве. Так на ПАО АвтоВАЗ эксплуатируются разные конвейеры.

Эксплуатируемые на ПАО АвтоВАЗ конвейеры обеспечивают реализацию технологического процесса производства автомобилей и их комплектующих, обеспечивая нужный темп производства и его ритм. Поэтому монтаж конвейеров велся параллельно со строительством автозавода, которое началось в 1967 году. С этого момента прошло 50 лет. Все эти годы конвейеры в процессе эксплуатации подвергались износу, что требует работ по их ремонту и восстановлению.

Износ конвейеров, как и большинства технических объектов происходит неравномерно. Некоторые, наиболее нагруженные узлы изнашиваются быстрее. Вместе с тем, выход их из строя приводит к остановке не только данного конвейера, но и всей технологической цепочки выпуска автомобилей.

Традиционно в комплексе вспомогательных цехов ПАО АвтоВАЗ производят замену изношенных деталей и узлов конвейеров на новые, а изношенные утилизируются в металлолом. Вместе с тем, стоимость восстановленной детали существенно меньше, чем стоимость такой же новой.

Существуют технологии восстановления изношенных деталей, обеспечивающие как восстановление исходного размера так и повышение эксплуатационных характеристик изделия. Цель настоящей работы –

экономия материальных ресурсов за счет повышения продолжительности эксплуатации конвейеров в ПРОО ПАО АвтоВАЗ.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Конвейеры и условия их эксплуатации

Конвейер (англ. conveyor, от convey — перевозить), транспортёр, машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов.

Наибольшее распространение на ОАО АвтоВАЗ получили грузонесущие подвесные конвейеры с цепным тяговым органом в дальнейшем будем рассматривать именно данный вид конвейера.

Эксплуатация конвейеров на ОАО АвтоВАЗ производится в достаточно благоприятных условиях – в помещениях. Температура здесь находится в пределах +16...+26°С, осадки отсутствуют. Вместе с тем режим эксплуатации конвейеров двусменный. Практически все они работают более чем по 16 часов в сутки 5 дней в неделю.

Наиболее нагруженной частью конвейера являются участки изменения направления его движения. Конструктивно такие участки выглядят следующим образом, рис. 1.1., рис. 1.2.

Наиболее изнашиваемыми участками таких конвейеров являются поверхности направляющие ролики, 18, и поверхности полок двутавра 8, швеллера 6, находящиеся в контакте с роликами цепи и роликами подвески груза.

Материал направляющего ролика сталь 20. Сталь 20 относится к группе углеродистых сталей, которые широко применяются при изготовлении машиностроительных конструкций, строительных сооружений и др [5].

Значительные нагрузки действуют, также, на валы редукторов, рисунок 1.3.

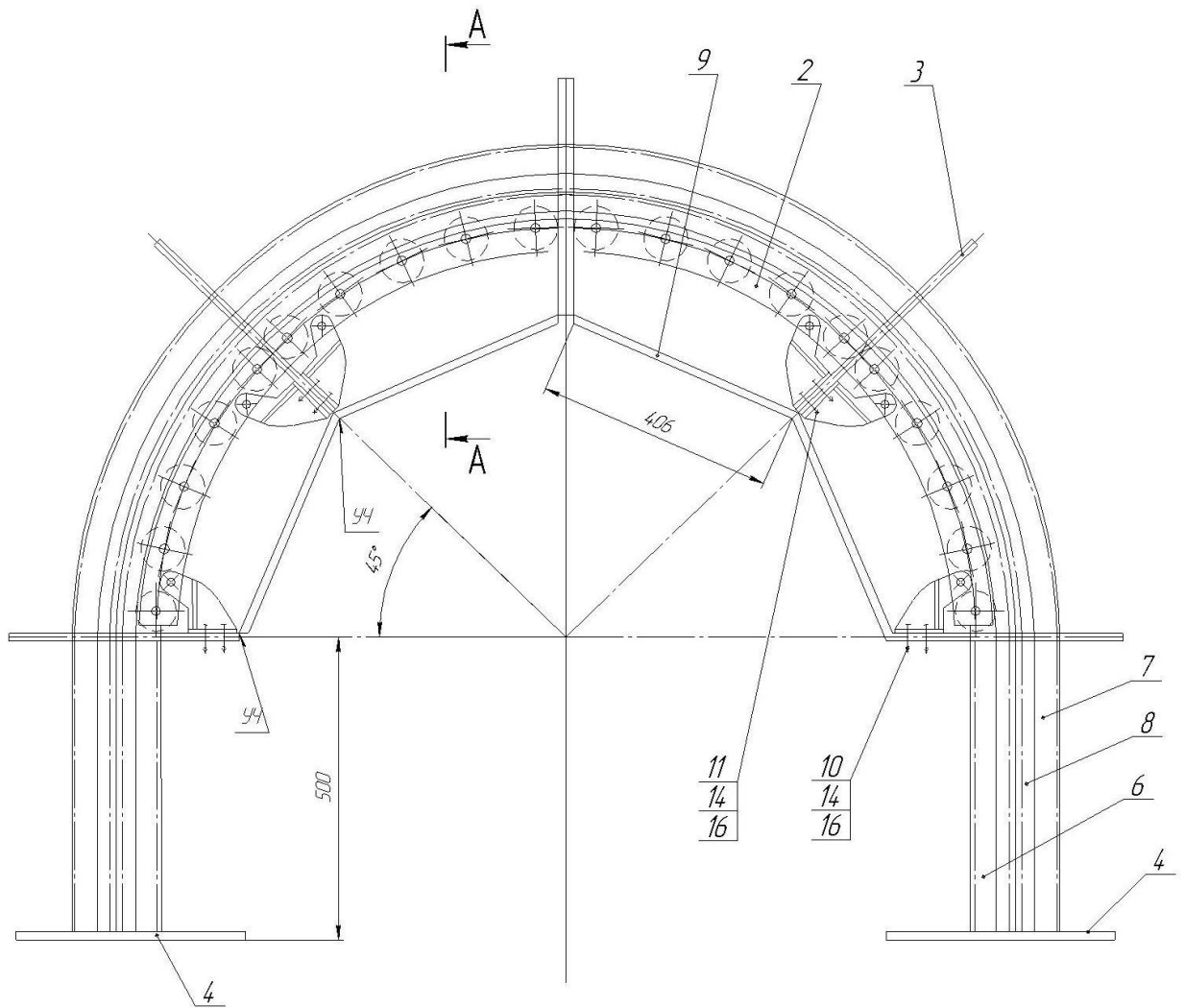


Рисунок 1.1 - Поворот конвейера, вид сверху

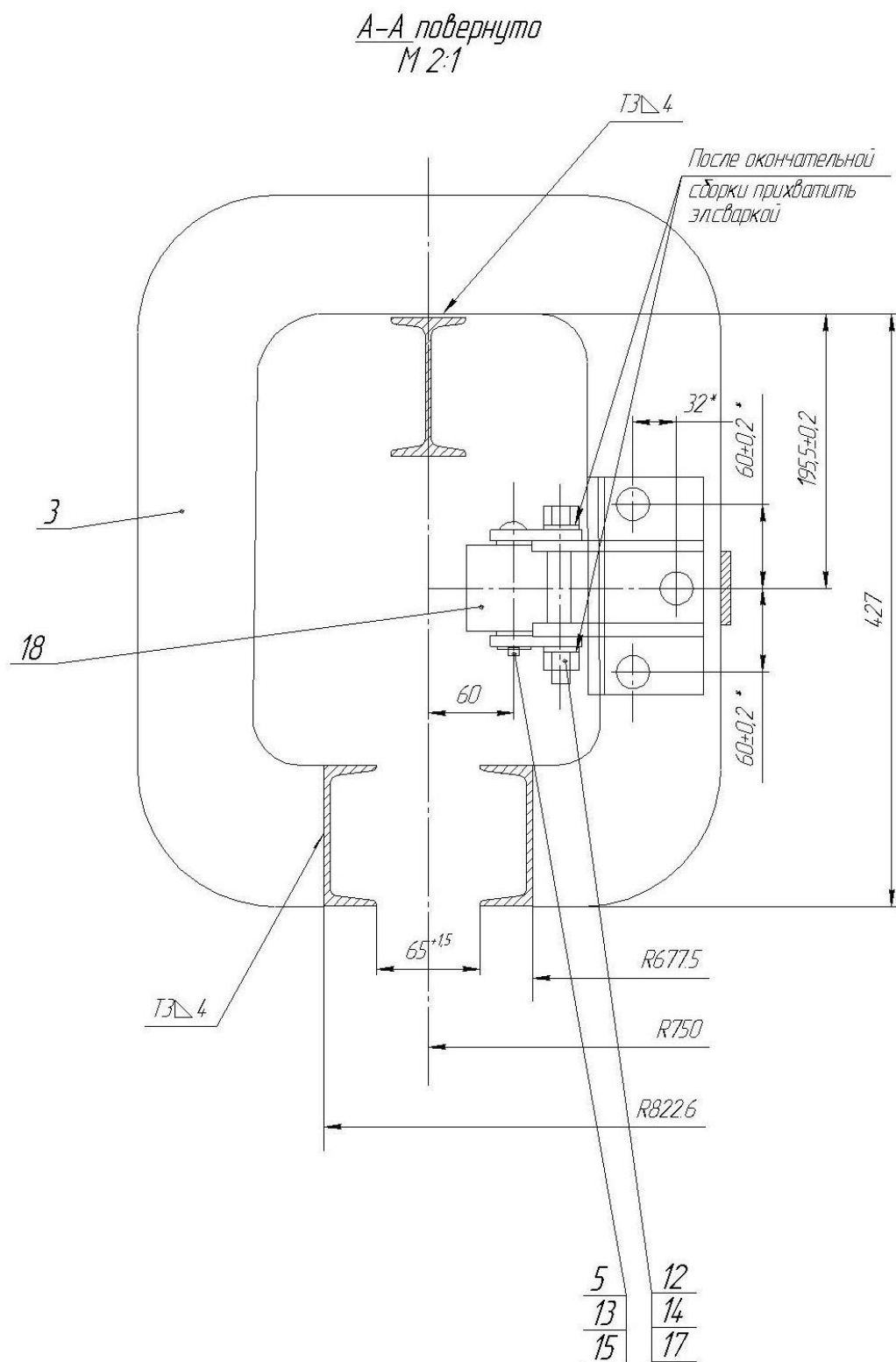


Рисунок 1.2 - Поворот конвейера, сечение А-А.

1.2 Анализ Вида, характера и механизма повреждений в соединениях с натягом

Неисправности в конвейерах появляются под действием конструктивных и эксплуатационных факторов [4].

Конструктивные факторы: нагрузки, материалы, их физико-механические характеристики, конструктивное исполнение деталей и сборочных единиц, шероховатость и твердость поверхности, условие смазывания и охлаждение детали.

Технологические факторы: методы получения заготовок, виды механической, термической, упрочняющей и финишной обработки, особенности сборки агрегатов и машин.

Эксплуатационные факторы: режимы эксплуатации, условия технического обслуживания.

Типовой привод рассматриваемого конвейера включает в себя редуктор, для снижения частоты вращения электродвигателя привода, на выходной вал редуктора с натягом насажена шестерня привода цепи. Также с натягом на вал редуктора внутри корпуса насажены подшипники. При работе валов с подшипниками и шестерней с натягом под действием знакопеременных нагрузок и коррозионной среды в местах контакта деталей происходит периодическое образование и разрушение оксидной пленки. Твердые частицы пленки оксидов обладают абразивным действием, увеличивая скорость разрушения. Указанный механизм называется фреттинг-коррозией..

Фреттинг-коррозия – это явление износа между двумя поверхностями, имеющими относительные колебательные движения с малой амплитудой [1].

Разрушение посадочных мест вала обусловлено в образовании, на соприкасающихся поверхностях, мелких язвин и продуктов коррозии в виде налёта, пятен и порошка - продукта фреттинг-коррозии. Вследствие малой

амплитуды перемещения соприкасающихся поверхностей повреждения сосредотачиваются на небольших площадях действительного контакта и в этой области возникает высокое давление, увеличивая воздействие продуктов изнашивания на основной металл и ускоряя процесс изнашивания.

Процесс протекает с образованием окисных плёнок на металлической поверхности и продуктов изнашивания в виде окислов, что приводит к местному повышению давления.

В поверхностном слое происходят упругопластические, пластические деформации, приводящие к микроперемещениям сопрягаемых поверхностей прогрессируя развитие фреттинг-коррозии. Вибрация, переменного нагружения повышает деформацию в поверхностных слоях. Всё это ослабляет контактное давление, но повышает фактическую площадь касания.

Усталостное изнашивание возникает вследствие высоких повторных нагрузок на рабочих поверхностях сопряженных деталей. На поверхностях, по которым происходит контакт, отделяются небольшие кусочки металла, на месте которых остаются мелкие углубления, так называемые питтинги. Первоначально возникают микроскопические трещины усталости (предпиттинговые трещины). Под распорным воздействием смазки, входящей в трещины, частицы металла постепенно выкрашиваются и образуют мелкие точки (язвины) или отслаиваются (шелушатся).

При вращении вала возникают изгибающие напряжения, при этом каждая точка на посадочной поверхности вала проходит через последовательные циклы сжимающих и растягивающих напряжений так, что между опорной поверхностью вала и подшипником происходит локальное движение.

Предпосылки для возникновения усталостных трещин появляются еще в процессе изготовления вала. При шлифовании в поверхностном слое формируются остаточные напряжения растяжения, которые алгебраически складываются, согласно принципу суперпозиции с циклическими напряжениями в результате сложения в поверхностном слое имеет несимметричный цикл,

среднее напряжение которого равно по величине и знаку остаточным напряжениям, т.е. растягивающим.

Поверхностный слой, имеющий растягивающие остаточные напряжения находится в невыгодных условиях с точки зрения образования микро-трещин.

Таким образом, из изложенного выше на износ вала влияет величина напряжений от действующих на поверхностный слой нагрузок, сила трения контактирующих поверхностей, предел выносливости и геометрические параметры (шероховатость, волнистость).

1.3 Анализ базового техпроцесса восстановления

Базовая технология восстановления вала, применяемая в ПРОО ПАО АвтоВАЗ предусматривает дуговую наплавку слоя толщиной компенсирующего износ.

Поскольку восстановлению подлежат детали, эксплуатировавшиеся в течение длительного времени и поверхность которых загрязнена, первой и достаточной важной операцией является очистка и мойка подлежащей восстановлению детали. Качество восстановленной изношенной поверхности, производительность наплавки и культура производства во многом зависят от качества очистки и мойки.

Применяют в базовом технологическом процессе для очистки и мойки щелочные составы МЛ-51 или МЛ-52. Состав МЛ-51 содержит такие химические вещества как соду кальцинированную, соду каустическую, тринатрий фосфат.

Высокое качество удаления загрязнений обеспечивается за счет мойки в специализированной погружной моечной установке ММА1.

Дефектовщик осматривает очищенные валы визуально и выполняют измерение размеров изношенных шеек. Размер шеек (величина износа) измеряется микрометром.

Затем для защиты шпоночных пазов вставляются технологические

пробки и обтачиваются на токарном станке под размер шейки.

Наплавка изношенной поверхности реализуется механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа.

После того, как выполнена наплавка на все шейки вала, выполняют его охлаждение, затем защитные асбестовые пробки извлекают из отверстий. Наплавленный слой обладает высокой твердостью, поэтому требуемая геометрия наплавленного слоя может быть достигнута шлифованием. Шлифуют шейки в соответствии с следующим режимом обработки: скорость рабочей поверхности круга $V = 25 \dots 30$ м/сек, скорость поверхности вала $V = 0,2 \dots 0,3$ м/сек, величина продольной подачи составляет $S = 3 \dots 8$ мм/об, при глубине резания 0,005 мм.

Поскольку процесс наплавки слоя предусматривает применение присадочного материала, примерно, близкого по химическому составу, а значит и по свойствам к основному существенно увеличить эксплуатационные свойства восстанавливаемой поверхности не удастся.

1.4 Анализ способов восстановления

Таким образом, анализ конструктивных особенностей конвейеров и условий их эксплуатации показывает, что наиболее активно изнашиваются элементы поворотов конвейеров, ролики, поверхности двутавров и швеллеров, находящиеся в контакте с роликами, а также валы привода шестерни, обеспечивающей движение цепи.

Проанализируем возможные способы восстановления перечисленных деталей их достоинства и недостатки.

Основные показатели, которыми руководствуются при выборе способа восстановления, должны быть следующие [10]:

- производительность процесса;
- доступность способа восстановления для ремонтного предприятия;
- универсальность процесса;

- прочность сцепления наращенного слоя с основой;
- термическое влияние процесса наращивания металла на тело детали;
- остаточные деформации (коробление) детали после восстановления;
- твердость и износостойкость нанесенного слоя;
- коэффициент использования металла.

В практике ремонта широко используют такой способ восстановления и упрочнения изношенных деталей как наплавка. Применяя соответствующие присадочные материалы можно изменить свойства наплавленного слоя в нужную сторону. В практике ремонта используют наплавку основанную на выделении тепла при горении электрической дуги или горении газов [1,2,3]. Дуговая наплавка нашла большее распространение при восстановлении изношенных деталей машин.

Дуговая наплавка может выполняться как вручную, так и механизированными или автоматизированными методами. Однако в любом случае, как было сказано выше, имеют место ограничения по увеличению эксплуатационных характеристик наносимого слоя. Другой общий для всех дуговых методов недостаток – высокое тепловложение в обрабатываемую деталь – следовательно высокое коробление и остаточные напряжения.

Проанализируем возможность применения других способов нанесения покрытий и упрочнения поверхностей.

Широкое применение в практике ремонта и восстановления нашли газотермические способы нанесения покрытий [1,6]. Данная технология нанесения покрытий непрерывно развивается.

Газотермические покрытия с керметной структурой, состоящие из металлической матрицы, в основном на основе сплавов никеля, кобальта или железа, с упрочняющей фазой, главным образом карбидов вольфрама, хрома или титана, являются наиболее широко распространенным классом

покрытий, защищающих поверхность деталей от различных видов изнашивания [10]. В последнее время им уделяется особое внимание в связи с возможностью их применения в качестве альтернативы покрытиям из твердого хрома, что позволяет решить одну из современных задач защиты окружающей среды [11].

Наиболее широкое практическое применение получили керметные системы WC-Co и Cr₃C₂-NiCr [12]. Ведущими мировыми фирмами «Starck» (Германия), «Sulzer» (США), «Praxair» (США) проведена разработка составов и освоен ряд технологий изготовления порошков этих материалов, специализированных по своим свойствам для использования на установках плазменного, детонационного и высокоскоростного газопламенного напыления [13]. Данные материалы выпускаются в виде либо механических смесей порошков карбидов и матричного сплава, либо порошков конгломератов компонентов кермета, прошедших предварительные процедуры спекания-дробления механической смеси или ее конгломерирования — спекания. Свойства получаемых покрытий в значительной мере зависят от способа получения порошка [11].

Составы керметов WC-Co для ГТН отличаются по содержанию кобальта (12...17 мас.%) и для повышения коррозионной стойкости дополнительно легируются хромом (4...8 мас. %).

Микротвердость получаемых покрытий зависит от содержания кобальта и составляет при 12 % Co HV_{0,3} — 1200...1500, при 17 % Co HV_{0,3} — 900...1100 [8].

В составах керметов для газотермического напыления системы Cr₃C₂-NiCr содержание NiCr находится в пределах 15...25 мас. %, а средняя микротвердость существенно изменяется не только в зависимости от количества NiCr (HV_{0,3} — 1035 для кермета Cr₃C₂-15 % NiCr; HV_{0,3} — 865 для Cr₃C₂-25 % NiCr), но и способа получения порошка, увеличиваясь в случае Cr₃C₂-25 % NiCr до HV_{0,3} — 1100 при переходе от использования механической смеси порошков к порошку, полученному методом

предварительного агломерирования смеси мелких порошков компонентов с последующим спеканием [11]. Причиной такого изменения является более однородное распределение составляющих и наличие продукта взаимодействия карбида и сплава при спекании.

Анализ фазовых и структурных превращений в порошках чистого и плакированного (Ti, Cr)C, происходящих в условиях воздушно-газового плазменного напыления, показал, что при сверхзвуковом режиме снижается степень окисления напыленного материала и повышается устойчивость плакирующей оболочки на карбидном ядре.

Возрастающие требования к эксплуатационным свойствам деталей и конструкций вызывают необходимость усложнения составов материалов, из которых формируются функциональные поверхностные слои. Традиционно, как было рассмотрено выше, идут по пути усложнения химического состава исходного материала введением легирующих элементов или использования композиционных материалов. Альтернативой может быть совмещение плазменного напыления с целевыми химическими превращениями [22].

Применение сложных плазмообразующих смесей дает потенциальную возможность прохождения реакций взаимодействия активных газовых составляющих плазмы с исходным материалом, результатом которого может быть синтез упрочняющих компонент в создаваемом покрытии [14, 15].

Например, в работе [6] ультрадисперсные частички нитрида титана были обнаружены на сплетях, полученных с использованием плазмохимического реактора в условиях сверхзвукового напыления в азотной атмосфере. Анализируя возможные варианты формирования упрочняющих компонент, которые можно синтезировать в плазмообразующих средах системы N–C–H–O, N–C–H или N–O, и принимая в расчет условие доступности исходных материалов, на основе которых будет осуществляться синтез, был выбран ряд порошков. Условно их можно разделить на четыре основные группы:

материалы на основе железа (ПЖ РЗ, самофлюсующиеся на основе железа), в которых возможно образование карбидов железа и, частично, карбидов кремния и хрома (в случае наличия этих элементов в исходном материале); в альтернативном случае исходный материал может упрочняться синтезированными оксидами железа;

материалы на основе никеля (ПГ-10Н-03, ПХ40Н60, ПГ-СР3, ПГ-СР4, ПГ-19Н-01), в составе которых достаточно высокое содержание карбидообразующих компонент — хрома, кремния, бора;

материалы, которые содержат значительное количество титана (ПТ65Ю35, ПН55Т45) и в которых возможен синтез нитридов и карбидов;

материалы на основе алюминия (ПАД, АСД-Т, ПТ65Ю35, ПН70Ю30), в которых при определенных условиях возможно появление упрочняющих компонент из оксида алюминия.

Проведенные исследования покрытий из порошка ПЖ РЗ фиксируют резкое (на два порядка) увеличение содержания углерода в покрытии по сравнению с исходным материалом и соответствующее увеличение износостойкости (более чем в 7 раз) в условиях абразивного износа. Таким образом, использование плазмообразующих сред системы N–O–C–H создает предпосылки для синтеза упрочняющих компонент (карбидов, нитридов и оксидов) в процессе плазменного напыления защитных покрытий.

Нашли широкое распространение различные методы нанесения покрытий, при которых на обрабатываемое изделия действуют тепловые потоки высокой интенсивности.

В процессе воздействия высокоинтенсивными тепловыми потоками, создаваемыми плазменным генератором, лазером, электронным лучом, происходит нагрев поверхности с последующим охлаждением ее путем отвода тепла в материал и окружающую среду, в результате чего в приповерхностном слое происходят структурно-фазовые превращения. В условиях скоростного нагрева и охлаждения изменяется кинетика структурных преобразований, что обуславливает сдвиг соответствующих

критических точек фазовых превращений [6, 7]. При высокоскоростном нагреве подводимая тепловая энергия превосходит энергию, необходимую для перестройки кристаллической решетки $\alpha - \gamma$, а сама перестройка идет с некоторой скоростью. Кроме того, гомогенизация аустенита и процесс рекристаллизации деформированных сплавов смещаются в область еще более высоких температур.

Для определения смещений температур фазовых превращений в сталях во время действия концентрированного источника энергии относительно критических точек на равновесной диаграмме железо-углерод важно знать температурное поле и изменение скорости нагрева (охлаждения) в зоне обработки. Математическому моделированию воздействия концентрированных тепловых потоков на материалы посвящено большое количество работ. В них рассмотрены как аналитические методы, так и методы численного анализа теплового состояния материала. В ряде работ моделируется воздействие на поверхность не стационарным, а периодическим тепловым потоком. Например, при плазменно-детонационной обработке поверхности изделий.

Технология плазменно-детонационной обработки позволяет получать импульсные потоки плазмы, под действием которых поверхность изделия испытывает циклическую термообработку. Температурный диапазон нагрева поверхности велик: 20... 2000 °С и вследствие этого, кроме изменения теплофизических характеристик в зависимости от температуры обрабатываемого материала, необходимо учитывать и скрытую теплоту фазового перехода. Отличительной особенностью плазменно-детонационной обработки является то, что изделие может быть включено в разрядный контур. Исследование амплитудно-временных характеристик тока при плазменно-детонационной обработке показало, что плотность тока в обрабатываемой области выше 10^8 А/м². Таким образом, нагрев поверхностного слоя материала в условиях плазменно-детонационной обработки происходит благодаря внешнему тепловому потоку,

составляющими которого являются: энергия, приносимая электронами, ионами, нейтральными атомами, лучистая энергия, а также энергия в результате тепловыделения в процессе прохождения импульсного тока. Принимая во внимание широкий температурный диапазон нагрева поверхности, необходимо также учитывать изменения электрофизических свойств материала.

Следует помнить, также, что при импульсном плазменном воздействии в поверхностных слоях возникает большой градиент температур. За счет этого, при последующем охлаждении в поверхностном слое ~ 40 мкм возможно мартенситное превращение. Глубже будет располагаться структура, образующаяся при высокотемпературном скоростном отпуске. В зависимости от скорости охлаждения в модифицированном слое возможно получение перлита, сорбита, троостита, бейнита и мартенсита.

На рис. 1.4 приведена микроструктура поверхностного слоя образца из стали У8 после плазменно-детонационной обработки [8]. Рентгенофазовый анализ показал, что слаботравящийся белый слой толщиной примерно 40 мкм представляет собой мелкокристаллический мартенсит и остаточный аустенит.

Высокая скорость охлаждения приводит к тому, что после охлаждения наблюдается большая неоднородность структуры, что связано с неомогенностью образовавшегося в процессе нагрева аустенита. Кроме того, это приводит к повышенной дефектности структуры, так как усиливается фазовый наклеп, замедляются процессы отжига и рекристаллизации и более полно наследуются дефекты γ -фазы. При этом происходит измельчение блоков, увеличение плотности дислокаций и рост напряжений в кристаллической решетке [12]. Образующийся при этом мартенсит более дисперсный, чем при обычной закалке. В стали У8 после обычной закалки длина игл мартенсита составляет 7...10, а после закалки концентрированными источниками нагрева всего 2...3 мкм.

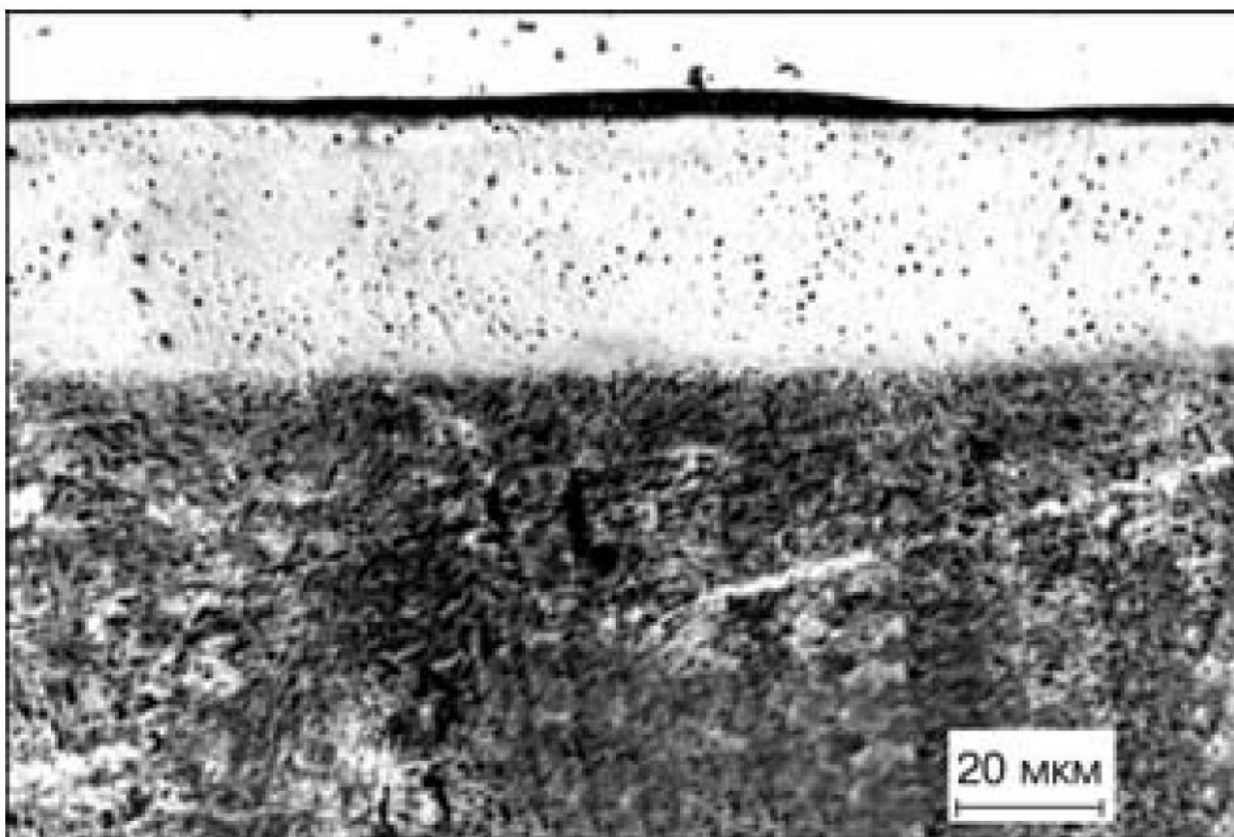


Рисунок 1.4 – Микроструктура образца из стали У-8 после плазменно-детонационной обработки

Измельчение зерен благоприятно сказывается на свойствах сплава и прежде всего возможно достижение наиболее оптимального сочетания прочности и пластичности. Особенно сильное влияние измельчение зерен оказывает на повышение сопротивления ползучести, поскольку границы зерен эффективно препятствуют пластическому течению металла при повышенных температурах.

Таким образом, при плазменно-детонационной обработке в результате термоциклической обработки поверхности, приводящей к усилению фазового наклепа в результате обратимых аоу-превращений, увеличению плотности дислокаций, уменьшению размера зерна, что должно способствовать улучшению служебных характеристик изделий. Расширение линий на рентгенограммах образцов, прошедших ПДО, также подтверждает наличие значительного фазового наклепа в результате обратимых аоу-превращений при термоциклировании. С учетом сдвига критических точек

упрочнению в результате термоциклической обработки при рассматриваемых начальных условиях подвержен слой глубиной около 40 мкм.

Однако получаемые способом плазменного напыления покрытия обладают низкой прочностью и в них сформированы растягивающие напряжения, что при знакопеременных нагрузках может привести к разрушению.

1.5 Задачи бакалаврской работы

По результатам анализа можно сделать вывод, что износ посадочных поверхностей валов привода конвейера идет по механизму фреттинг-коррозии. При этом уменьшение в результате износа диаметра посадочной поверхности не превышает 0,05 мм. Нанесение слоя такой толщины и с заданными механическими свойствами возможно несколькими методами, в частности, в применяемой на ПРОО ПАО АвтоВАЗ технологии предусмотрена дуговая наплавка слоя механизированными методами.

Для предотвращения фреттинг-износа, необходима высокая твердость и прочность покрытий а также высокая адгезия покрытия. Поэтому необходимо подобрать материал, удовлетворяющий указанным свойствам.

Таким образом, для достижения поставленной в курсовом проекте цели необходимо решить следующие задачи:

1. Подобрать наплавочный материал, обеспечивающий заданные физико-механические характеристики наносимого покрытия
2. Разработать технологический процесс наплавки отдельных деталей конвейеров, наиболее подверженных износу
3. Подобрать оборудование для реализации данного технологического процесса и скомпоновать на производственном участке.
4. Предусмотреть мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала.

5. Произвести экономическую оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

2 Разработка технологии восстановления

2.1 Подбор наплавочного материала

Выделенные при анализе конвейера быстроизнашиваемые детали работают в сложных условиях знакопеременных нагрузок, при динамическом характере нагружения. Учитывая, что практически любой конвейер относится к списку лимитирующего оборудования следует поставить задачу не только обеспечить восстановление исходных свойств восстанавливаемых деталей, но и увеличить срок их службы.

В зависимости от внешних воздействий и условий эксплуатации к различным участкам поверхности вала предъявляют различные требования. Так поверхности под подшипниковые узлы должны обладать высокой антифрикционной стойкостью. Поверхности под узлы с натягом должны обладать стойкостью к фреттинг-коррозии. Подбор напыляемого материала покрытие из которого будет обладать высокой стойкостью к фреттинг-коррозии представляет сложную задачу.

Современные технологии позволяют наносить покрытия из материалов в самом различном агрегатном состоянии: в виде проволоки, порошков, суспензий, паст, стержней.

Большой интерес вызывает применение напыляемого материала в виде специально изготавливаемых гибких жил. Способ их изготовления разработан и запатентован во Франции [17] и в настоящее время нашел широкое применение во многих странах. Жилки состоят из порошка и небольшого количества связующего, которые заключены в тонкую оболочку из органического полимера. Прочность и эластичность таких жил позволяют пользоваться ими, как и проволокой, и наносить покрытия с помощью обычных газопламенных аппаратов проволочного типа.

В процессе напыления органическая связка и оболочка жилки полностью сгорают без образования твердых продуктов сгорания, которые загрязняют покрытие.

Применение жилок дает возможность получать покрытия из многокомпонентных смесей и сложных соединений, а также получать покрытия более высокого качества (по сравнению с покрытиями из порошков, напыляемых существующими газопламенными аппаратами порошкового типа). Поэтому целесообразно использовать жилки не только из сложных соединений, но и из широко используемых для напыления материалов: оксида алюминия, оксида хрома, молибдена и др.

Например, для решения проблем ремонта и упрочнения различного оборудования и изделий Российско-Французское предприятие "ТЕХНИКОРД" предлагает гибкие шнуры для газопламенного напыления [20]. Они специально разработаны для использования в газопламенных металлizationных системах и представляют собой получаемый экструзией композиционный материал проволочного типа, состоящий из порошкового наполнителя и органической связующей, полностью исчезающей при нанесении покрытия (сублимирует в процессе нагрева при температуре 400° С) без какого-либо отложения на подложку,

Преимуществом этой технологии является возможность получения неограниченного количества таких материалов, создание которых металлургическими методами либо просто невозможно, либо неэкономично. Это особенно важно для таких областей промышленности, как металлургия, выплавка чугуна и получение стали, машиностроение, автомобилестроение, химическая, целлюлозно-бумажная и другие отрасли промышленности, которые не могут существовать без использования напыления и наплавки металла.

При использовании шнуровых материалов достигается высокая производительность и экономичность наплавочных и газопламенных работ. Этот факт подтверждается также и особенно возрастающим спросом на шнуровые материалы. Данные технологические решения обеспечивают надежную защиту от износа под воздействием абразивных и ударных нагрузок, от коррозии и температурных влияний, воздействия кислот,

щелочей и солей. Как правило, эти воздействия проявляются на практике не отдельно, а совместно в различных комбинациях. В качестве примеров можно назвать комбинированные виды износа под действием абразивных и коррозионных, ударных и абразивных или, наконец, абразивных и высокотемпературных нагрузок.

Основные преимущества применения шнуровых материалов:

- хорошее расплавление шнура обеспечивает при напылении повышенное отложение и соединение частиц с подложкой и между собой;
- высокая производительность и повышенные скорости напыления и на-плавки;
- значительная скорость распыления частиц позволяет выполнять покрытия с пониженной пористостью, не достигаемой при использовании газоплазменного порошкового напыления;
- напыление упрощено "катушечным" исполнением, позволяющим автоматизировать операцию напыления.

Предприятие «Техникорд» предлагает следующие классы шнуровых материалов:

1) шнуровые материалы серии "СФЕКОРД-КЕРАМИКА". Эта серия объединяет целую группу шнуровых материалов на основе оксидов алюминия, титана, хрома, циркония и др., позволяющих получать покрытия широкой гаммы применения во всех отраслях промышленности. Благодаря наличию в составе порошкового наполнителя специальных составляющих, улучшающих плавление оксидных частиц, эти покрытия, получаемые газовым пламенем, с успехом конкурируют с плазменными покрытиями.

Высокая точность дозирования подачи материалов в горячую зону распылительных устройств, благоприятные условия нагрева частиц позволяют воспроизводить абсолютно идентичные покрытия. Технологически покрытия из материалов данной серии выполняются в два этапа:

- напыление подслоя, обеспечивающего надежную металлургическую

связь рабочего слоя с металлом обрабатываемого изделия;

- напыление собственно керамического покрытия требуемого состава.

Чистовая обработка напыленных слоев производится шлифованием с последующей полировкой.

2) Шнуровые материалы серии «РОК-ДЮР» для напыления покрытий с оплавлением (класс самофлюсующихся материалов). Серия Рок-Дюр объединяет группу шнуровых материалов с порошковыми наполнителями на основе самофлюсующихся сплавов систем Ni(Co)-Cr-B-Si и их смесей с карбидом вольфрама, и применяется для создания защитных покрытий с высоким сопротивлением к абразивному изнашиванию, стойкостью против коррозии и окисления в сочетании с отличными антифрикционными свойствами, и для работ при повышенных температурах (до 800°C).

Нанесение износостойких покрытий из шнуровых материалов серии Рок-Дюр осуществляется в два этапа. За первую операцию производится нанесение на поверхность обрабатываемой детали собственно металлизационного покрытия необходимой толщины. Вторая операция заключается в оплавлении покрытия, нанесенного в ходе первой операции. При этом вся область с нанесенным покрытием доводится до температуры 980-1200° С в зависимости от используемого напыляемого материала.

При оплавлении происходит металлургическое взаимодействие между нанесенным слоем и основным металлом по типу пайки твердым припоем. После этой операции прочность сцепления покрытия с основой может достигать 450 МПа.

Механическая обработка оплавленных слоев в зависимости от твердости покрытий осуществляется резанием твердосплавным инструментом или шлифованием с применением абразивного (преимущественно из зеленого карбида кремния) и алмазного инструмента.

Покрытия из шнуров Рок-Дюр можно наносить на поверхность изделий, температура солидуса основного материала которых выше температуры расплавления напыляемых веществ, таких как сталь, чугун,

никель, кобальт и их сплавы. При этом необходимо строго контролировать основу восстанавливаемой детали, т.к. ряд легирующих компонентов в сталях, особенно элементы, обладающие высоким сродством к кислороду (алюминий, титан, ниобий, магний) могут существенно затруднять диффузию элементов покрытия в металл основы, а в ряде случаев являются основной причиной дефектов в покрытии в виде трещин, непроплавов и вздутий.

3) Шнуровые материалы СФЕКОРД-ЭКЗО для напыления покрытий «холодным» (без оплавления) способом. Шнуровые материалы серии СФЕКОРД-ЭКЗО специально разработаны для "холодного" ремонта различных деталей машин и оборудования.

Благодаря обработке деталей при низкой температуре (разогрев основного металла не превышает 250° С) гарантируется отсутствие каких-либо структурных изменений в основном металле и деформации изделий.

Широкий диапазон материалов серии СФЕКОРД-ЭКЗО обеспечивает восстановление и упрочнение самых разнообразных деталей. Формируемая в процессе напыления микропористость покрытий способствует, наравне с индивидуальными физико-механическими свойствами конкретных материалов, эффективному решению задачи повышения триботехнических свойств трущихся пар.

Технологически покрытия из материалов данной серии выполняются в два этапа:

- напыление подслоя, обеспечивающего надежную металлургическую связь рабочего слоя с подложкой;
- напыление рабочего слоя, отвечающего требованиям защиты от конкретных видов наносных воздействий.

Чистовая обработка напыленных слоев производится в зависимости от твердости покрытий резанием с применением твердосплавного инструмента или шлифованием.

4) Серия "СФЕКОРД-НР" – материалы на основе карбида вольфрама

для напыления твердого поверхностного слоя. Наименование СФЕКОРД-НР объединяет целую гамму гибких шнуров, предназначенных для высокоэффективных износостойких наплавов, образованных за счет плотного соединения зерен карбида вольфрама высокой твердости, связанных металлической вязкой матрицей.

Литой карбид вольфрама является особо прочным, устойчивым к износу материалом. Износостойкость литого карбида вольфрама в очень сильной степени зависит от его структуры. При правильной технологии получения и при особо быстром охлаждении расплава карбид образует при застывании перистую структуру. Применяемый в серии СФЕКОРД-НК2 литой карбид вольфрама, содержащий не менее 80% перистой структуры (а это отвечает современному техническому уровню), обладает макротвердостью не менее 2000 НУзо, при этом микротвердость составляет 2300-2500 НV_{0.4}.

Для деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, СП "ТЕХНИКОРД" производит материалы серии НР с диапазоном крупности зерен литого карбида вольфрама от 0,3 до 0,7 мм и от 0,8 до 1,2 мм. Для режущего инструмента применяется литой карбид вольфрама зернистостью от 1,2 до 3,0 мм. Для сложного изнашивания применяется специальная комбинация мелкозернистого и крупнозернистого карбида вольфрама. В любом случае содержание карбида вольфрама в наплавленном слое составляет не менее 60 % (по массе).

При обработке и использовании материалов, содержащих карбид вольфрама, необходимо учитывать, что их нежелательно нагревать выше 1800° С. При превышении этой температуры наступают структурные изменения, связанные с потерей твердости. Если в процессе наплавки достигается этот температурный порог, то значительная доля литого карбида вольфрама растворяется в железной основе и, как следствие, теряется необычайно высокая сопротивляемость износу.

Напыленный слой из шнура СФЕКОРД-НР представляет собой

композиционный материал, состоящий из матрицы на основе сплава системы Ni-Cr-B-Si с вкрапленными в нее зернами литого карбида вольфрама. В свою очередь, сплав Ni-Cr-B-Si обладает низкой температурой плавления (950-1050° С) и имеет прекрасную текучесть, отличается очень высокой устойчивостью к воздействию кислот, щелочей и прочих коррозионно-активных субстанций. Поверхность напыленного слоя гладкая, с металлическим блеском, при этом максимальная температура эксплуатации наплавленного слоя -600°С.

Результаты исследований показывают, что в определенных случаях наплавка материала СФЕКОРД-НР позволяет увеличить срок службы изделий по сравнению со стальным литьем более чем в 100 (!!!)раз [20].

СФЕКОРД-НР получил самое широкое распространение для наплавки на инструменты для глубокого бурения. Кроме того, он используется для напыления твердого поверхностного слоя и регенерационного ремонта инструмента и деталей в горной промышленности, дорожном строительстве и бурении. Сюда же относятся рудообогатительные установки, смесители, машины для приготовления формовочной земли, червячные транспортеры и измельчающие плиты. Этот материал используется также в керамической промышленности, для наплавки на шарошечные долота и, все чаще, на стабилизаторы в нефтедобывающей промышленности.

Особенным достоинством материала СФЕКОРД-НР является тот факт, что для напыления не требуется никаких специальных аппаратов или устройств. Наплавка производится, как правило, автогенной или, реже, электросваркой. Это позволяет вести работы, практически, в любой области применения. Ремонт можно вести даже непосредственно на буровой вышке.

Из всего многообразия предлагаемых материалов следует остановить внимание на следующих: шнуровые материалы серии «Сфекорд-экзо». Сфекорд-экзо N20 (Рок-Дюр 48-А) и «Сфекорд-экзо» N40 (Рок-Дюр 48-АМ) так как эти материалы обладают стойкостью к фреттинг-коррозии.

Характеристики данных материалов.

Сфекорд-экзо N20: химический состав – Ni, Cr, B, Si, Al; макротвердость – 20 HRC (63-67 HRA); свойства и область применения – плотное и прочное покрытие, стойкое к фреттинг-коррозии, самооплавляемый тип; для плунжеров и прессовых поршней; опорные поверхности распределительных и компрессорных валов; низкая шероховатость поверхности.

Сфекорд-экзо N40: химический состав – Ni, Cr, Mo, B, Si, Al; макротвердость – 28-42 HRC (65-72 HRA); свойства и область применения – износостойкое композиционное покрытие, стойкое к фреттинг-коррозии, самооплавляемый тип; высокие антифрикционные свойства при трении в паре с бронзой; противоизносные кольца, коленчатые валы ДВС; обработка слоя шлифованием.

Из отечественных порошков для газотермического напыления можно обратить внимание на следующие [13, 19]:

Сплавы на основе никеля: ПХ 20Н80, никель – основа, хрома 18-20%, ПХ40Н60, никель – основа, хрома 38-42%, получается жаростойкое покрытие, обладающее высокой стойкостью против коррозии.

Сплавы на основе никеля, алюминия, титана: ПН70Ю30, никель – основа, алюминий – 28-33%, свойства – высокая жаростойкость и стойкость против коррозии; ПН55Т45, никель – основа, титан – 43-47%, свойства – HRC – 55-65, высокая износостойкость.

Самофлюсующиеся сплавы никель-хром-бор-кремний: ПН77Х15С3Р2 - никель – основа, железо до 3%, хром 14-16%, углерод – 0,3-0,6%, кремний 3%. Свойства – HRC – 35-45.

По результатам анализа литературных данных можно остановить предварительный выбор на следующих наплавочных материалах: ПН55Т45, ПН70Ю30, Сфекорд-экзо N20, Сфекорд-экзо N40.

Для окончательного решения о применении наплавочных материалов анализируем литературные данные [15] по их антифрикционным характеристикам. Исследования проводили на машине трения СМЦ-2 по

схеме: вращающийся ролик – неподвижный образец, прижимаемый к ролику (Рис. 2.1). Форма образцов определяется конструкцией захватов машины. Материал ролика сталь 40Х. Ролик закаливали до HRCэ 45...50.

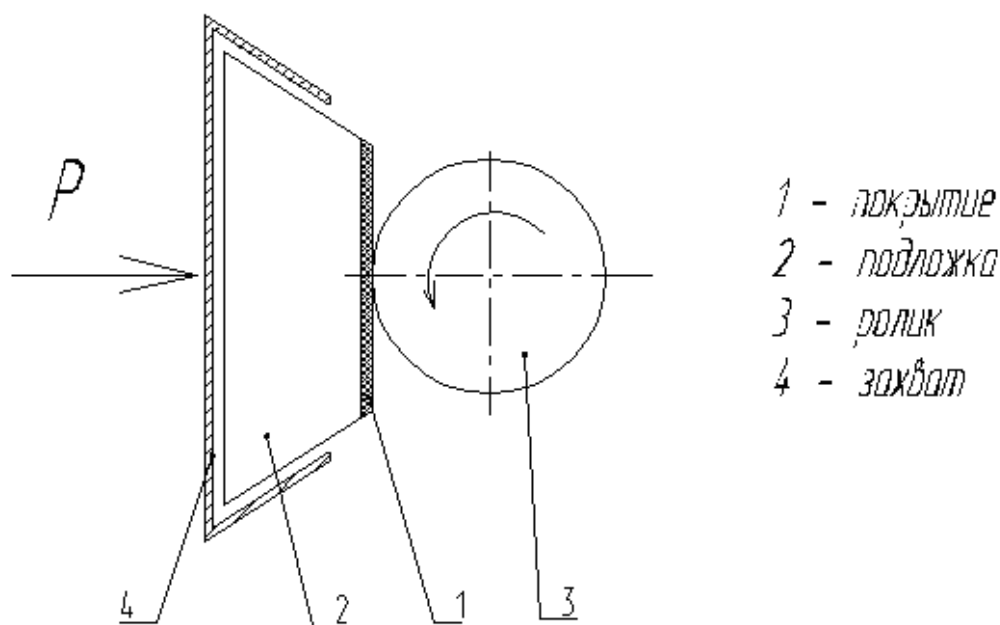
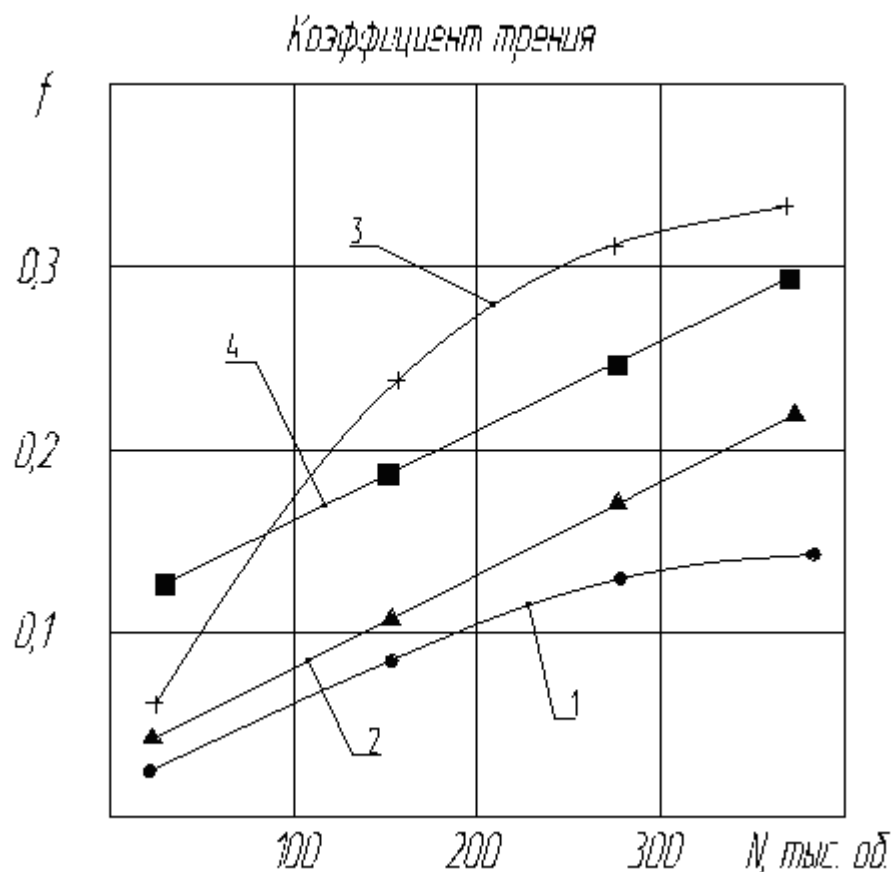


Рисунок 2.1 - Схема исследований свойств покрытий

Измеряли коэффициент трения ролика о покрытие и увеличение пятна износа зависимости от количества оборотов ролика. Общее количество оборотов ролика принимали для всех образцов 350000. Измерения пятна износа производили через 50000, 150000, 250000, 350000 оборотов. Для чего останавливали станок, снимали образец и на микроскопе производили замер.

Результаты исследований показали что для всех покрытий коэффициент трения непрерывно возрастает (Рис. 2.2), это говорит о том, что происходит износ покрытия, постепенная потеря его исходных свойств. Минимальные показатели коэффициента трения у покрытия Сфекорд-экзо N40.



1 – СФЕКОРД-ЭКЗО №40

2 – СФЕКОРД-ЭКЗО №20

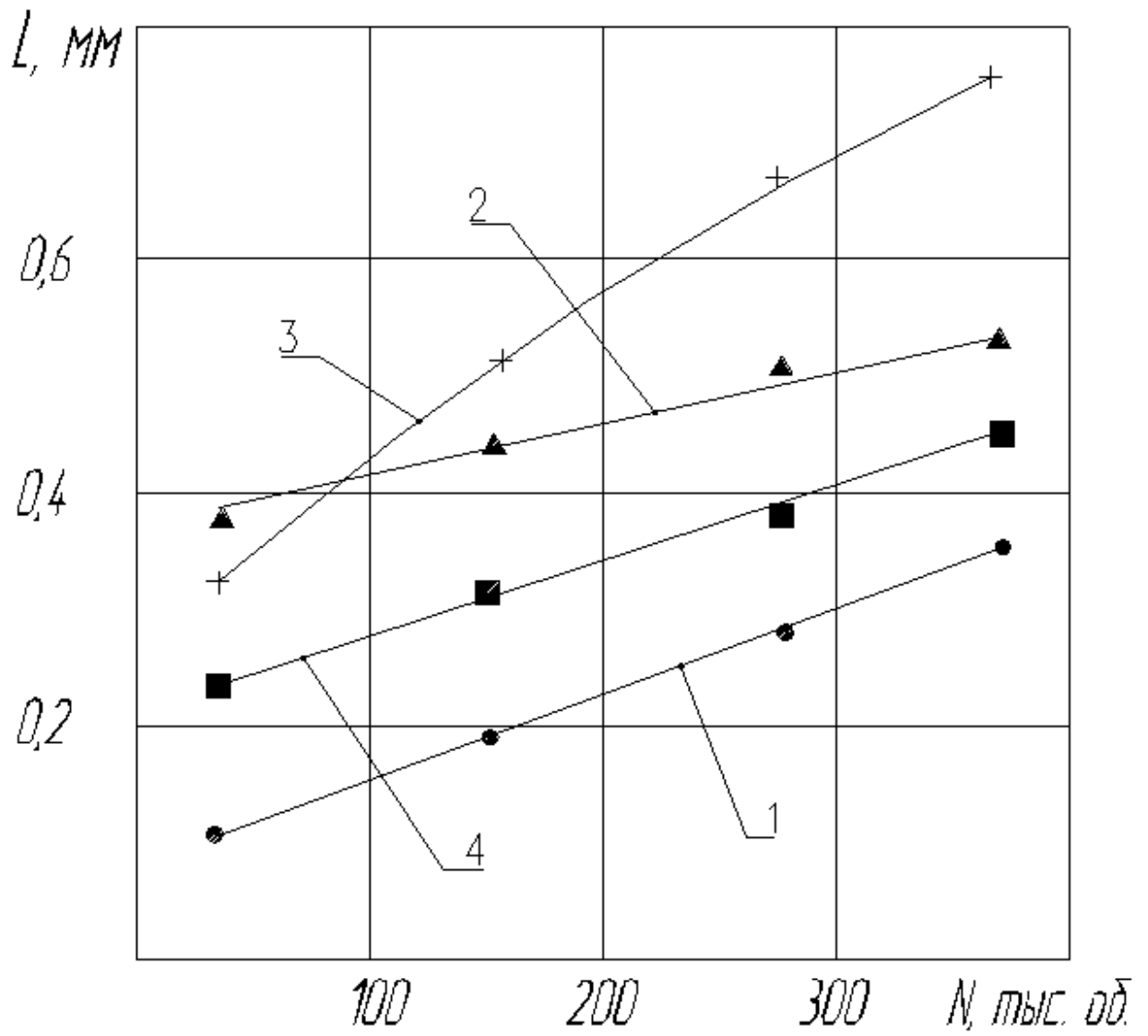
3 - ПН70Ю30

4 – ПН55Т45

Рисунок 2.2 - Значения коэффициента трения покрытий

Наиболее быстро пятно износа увеличивается у покрытия ПН70Ю30. Наименьший износ наблюдается у покрытия Сфекорд-экзо N40 (Рис. 2.3).

По результатам исследований можно рекомендовать шнуровой материал Сфекорд-экзо N40.



- 1 – СФЕКОРД-ЭКЗО №40
- 2 – СФЕКОРД-ЭКЗО №20
- 3 - ПН70Ю30
- 4 – ПН55Т45

Рисунок 2.3 - Износ покрытий

2.2 Разработка технологии восстановления вала конвейера

Детали на участок для восстановления поступают в оборотной таре с использованием внутрицеховых транспортных средств. На участке детали складываются на стеллаже. Первая операция – очистка от загрязнений.

Очистка деталей от загрязнений -наиболее характерная и специфическая операция при ремонте. От качества очистки зависит производительность труда ремонтных рабочих, качества восстановления, долговечности и надежности отремонтированных машин, общий уровень культуры и внешний вид ремонтного производства.

Для очистки вала перед напылением следует использовать щелочной состав, препарат МЛ-51 или МЛ-52 в виде водного раствора при концентрации 10...30 г/литр и температуре 75...80 С

Моющий состав МЛ-51 содержит компоненты в следующем соотношении: тринатрий фосфат – 18 г/литр; сода кальцинированная – 10 г/литр; каустическая сода – 5 г/литр. Очистку производить в установке ММА1. Продолжительность очистки 30...40 минут. Затем детали поступают на стол дефектовщика. Производится осмотр деталей на наличие дефектов, измеряется микрометром величина износа. Далее деталь передается на стол, где производятся с ней подготовительные работы. В шпоночные пазы вставляются технологические пробки, закрепляются эпоксидной смолой. Технологические пробки нужны для того, чтобы не напылять материал на поверхности шпоночных пазов. Шпоночные пазы обработаны с достаточно большой степенью точности и поэтому механическая обработка, связанная с удалением напыленного слоя будет достаточно трудоемкой. На токарном станке А364 производят обточку верхнего слоя пробки под размер и поверхности под напыление. Поверхность обтачивают для того, чтобы улучшить сцепление напыляемого слоя с поверхностью вала, а также чтобы обеспечить напыление поверхности большей чем износ толщины, в соответствии с требованиями. Затем убирают резец, устанавливают в суппорт оснастку

для пистолета TOP – JET / 2, закрепляют в оснастке пистолет и катушку со шнуровым материалом, устанавливают режим напыления (расход кислорода 2 м³/час, расход ацетилена 0,7 м³/час расстояние от сопла до напыляемой поверхности 150 мм, скорость вращения вала в суппорте станка 50 об/мин), зажигают горелку и включают подачу шнурового материала. Скорость подачи шнурового материала устанавливать 2 м/мин. Время напыления на одну посадочную поверхность должно составлять 30±5 секунд. По окончании напыления всех посадочных поверхностей производят удаление технологических пробок посредством нагрева газовой горелкой. Использовать ацетилено-кислородную горелку, с учетом того, что ацетилен и кислород применяются в технологическом цикле напыления покрытия. При удалении пробок не допускать нагрева поверхности изделия до температур свыше 150⁰С. Затем производится термообработка – стабилизирующий отпуск, который позволит снять остаточные напряжения растяжения в напыленном слое. Детали загружают в электропечь СНО, и производят нагрев до температуры 200⁰С, и выдерживают при такой температуре в течение 3х часов. Шлифовку напыленной поверхности производят после остывания валов до температуры 30...50⁰С. Режим шлифования – количество оборотов круга – 350 об/мин, подача 0,01 мм/об. После чего производится мойка восстановленного изделия в установке ММА1 по вышеуказанному режиму и изделие подается на стол дефектовщика. Здесь производится контроль изделия. Используются индикатор часовой типа ИЧ-2 микрометр, твердометр. Радиальное биение не должно превышать 0,02 мм, твердость поверхности должна находиться в пределах НВ=3000-3100 Мпа. Отклонение размеров посадочных поверхностей должно находиться в пределах допусков.

3 Оборудование для реализации разработанного технологического процесса

Отечественная промышленность предлагает широкую гамму оборудования для газотермического нанесения покрытий путем распыления как порошковых материалов, суспензий, паст стержней проволоки так и неметаллических материалов. Например: ручной аппарат МГИ-2 для газопламенного напыления металлических покрытий путем распыления проволоки [19]. Такие аппараты просты в эксплуатации и надежны в работе.

Распылительными головками работающими на порошках можно наносить покрытия из металлов не поддающихся протяжке. А также неметаллических материалов и порошковых смесей с требуемым содержанием компонентов. Газопламенные аппараты порошкового типа не имеют быстроизнашиваемых деталей и проще по конструкции, чем проволочные.

Учитывая, что выбран материал шнурового типа, следует остановить выбор на устройстве для распыления, обеспечивающем работу с таким классом напыляемых материалов.

Предприятие «Техникорд» предлагает для напыления покрытий из, в том числе, шнуровых материалов пистолет TOP-JET / 2 [20].

Пистолет предназначен для нанесения противокоррозионных покрытий, восстановления и улучшения характеристик быстроизнашиваемых деталей, создания моделей, нанесения электрической изоляции, тепловой защиты изделий и т.д., путем напыления любых плавящихся материалов, представленных в виде проволоки диаметром от 1,5 до 5,0 мм или шнура "Сфекорд" диаметром 3,17 и 4,75 мм.

Пистолет изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории 4.2 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от 5° до 37° С, относительной влажности воздуха 80 ± 15% при 20° С

и атмосферном давлении от 84,0 до 106,7 кПа.

Пистолет должен эксплуатироваться в среде не содержащей паров кислот и других едких жидкостей.

Пистолет обеспечивает работу при подаче:

-сжатого воздуха, очищенного от капельной влаги и механических включений, не ниже требований 10 класса по ГОСТ 12433-80 или азота газообразного ГОСТ 9293-74:

-кислорода технического ГОСТ 5583-78:

-ацетилен технического ГОСТ 5457-75 или пропан-бутана технического ГОСТ 20448-80.

Общий вид пистолета на рисунке 3.1

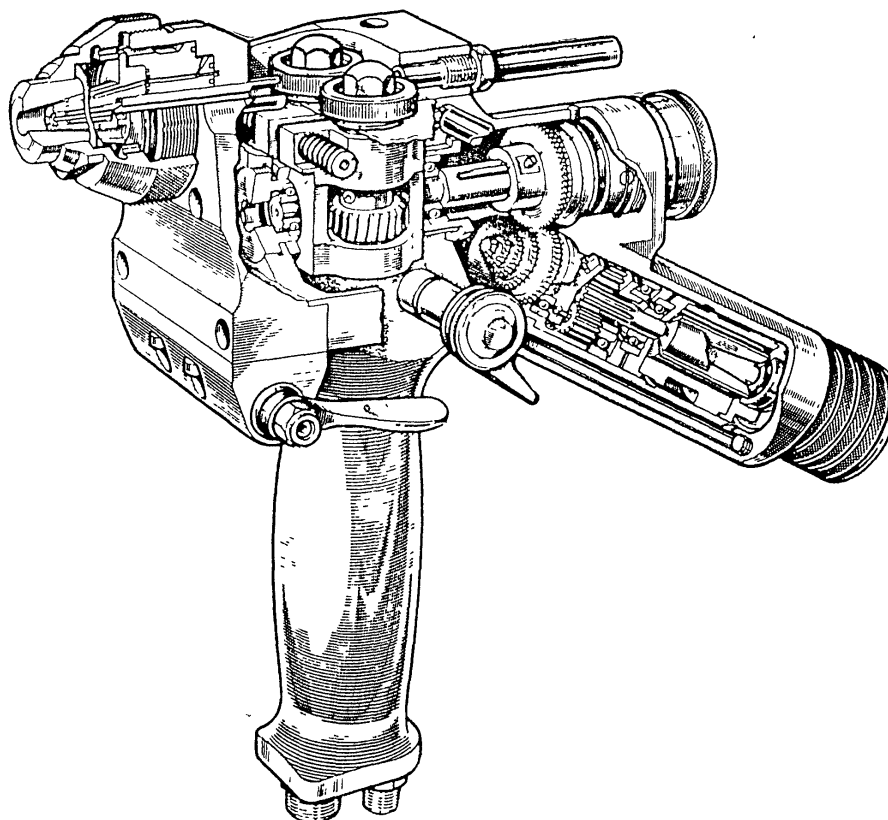


Рисунок 3.1 - Пистолет для газотермического нанесения покрытий TOP-JET/2

4 Безопасность и экологичность бакалаврской работы.

4.1 Описание и характеристика разработанного технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Ремонтные технологии конвейеров в ПРОО ПАО «АвтоВАЗ».

Объем применения сварки во многих странах мира определяется технологическим уровнем производства в целом. Существенное улучшение качества сварочных работ и повышение промышленной и экологической безопасности сварочного и сборочно-сварочного производств являются важнейшими современными задачами. Для их решения необходима реализация комплекса организационно-технических мероприятий, обеспечивающих переход на новый, гармонизированный с международными стандартами, уровень подготовки персонала сварочного производства, независимость и объективность его аттестации, обязательное выполнение требований производственной и экологической аттестации технологии сварки.

Профессия сварщика по-прежнему является одной из наиболее профессионально опасных, а процессы сварки, наплавки и резки металлов традиционно находятся в поле зрения специалистов-экологов и охраны труда. Комбинированное воздействие на рабочих сварочных профессий вредных производственных факторов таких, как химические (сварочные аэрозоли, газы), физические (излучение дуги, электромагнитные поля, физические и тепловые нагрузки и др), природные, способствуют развитию профессиональной заболеваемости и сокращению их трудового долголетия. Совершенствование сварочных процессов приводит к снижению расхода сварочных материалов и уменьшению вредных выбросов в окружающую производственную среду.

Технологический паспорт разработанного объекта – технология

восстановления – отразим в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
Восстановление изношенных поверхностей вала привода конвейера	Подготовка, напыление,	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов	Установка газотермического напыления	Порошок для напыления, ацетилен, кислород

4.2 Риски, сопровождающие технологию напыления

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс, могут вызвать нетрудоспособность работника. В таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Подготовка, напыление	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Установка газотермического напыления, порошок для напыления, ацетилен, кислород, круг абразивный.

4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Уже внедренные на производственном участке и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки		Перчатки, спецодежда.
движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Подготовки, напыления изношенного вала	Установка газотермического напыления	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяется	Не применяется	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Напыление	Проведение периодических занятий с производственным персоналом по пожарной безопасности, установка на производственном участке и вспомогательных бытовых помещениях, раздевалки, места питания, соответствующей наглядной агитации, периодические учения, создание добровольной пожарной дружины.	На участке и прилегающих территориях в доступных местах должны быть размещены средства пожаротушения в достаточном количестве, рисунок 4.1. Необходимы периодические проверки средств пожаротушения и инструктаж работников участка напыления.

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса по функциональному назначению, технологические операции	Вредное воздействие на технический объект на воздушную среду	Вредное воздействие на технический объект на водную среду	Вредное воздействие на технический объект на литосферу и ее составляющие
Напыление шеек валов	Подготовка валов к напылению, напыление	Продукты сублимации и горения связующего шнуровых материалов для напыления - газообразные частицы, сажа.	Пролив загрязненной оборотной воды, используемой для охлаждения пистолета для напыления.	упаковка от шнуровых материалов для напыления, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; прочий бытовой и производственный мусор.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установить в систему вентиляции участка фильтры, улавливающие частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка восстановления емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов

4.6 Заключение по разделу

Планируемый к внедрению технологический процесс газотермического напыления изношенных поверхностей вала привода конвейера сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации

разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса газотермического напыления.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс газотермического напыления, не нужно.

Также технология газотермического напыления оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложен комплекс организационных мероприятий.

5 Экономическая эффективность проекта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановления изношенных деталей. При выполнении базовой технологии восстановления предусматривается ручная дуговая наплавка проволокой сплошного сечения, что характеризуется низкой производительностью процесса и низким качеством наплавленного слоя. В разработанном варианте технологии предложено заменить дуговую наплавку на газотермическое напыление. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости нанесения слоя на изношенную поверхность и повышение стабильности его качества.

. Сравнительная характеристика базового варианта и проектного представлена в таблице 5.1. Здесь указаны недостатки базового варианта, и как они будут устранены в проектном.

Таблица 5.1.

Базовый вариант	Проектный вариант
Низкая скорость сварки, следовательно, производительность труда низкая	При газотермическом напылении слой наносится по большей площади, требуется меньшее количество оборотов вала для нанесения слоя на всю поверхность. Поэтому и скорость восстановления выше.
Сварщик контролирует длину дуги, подачу присадочного материала, ведет дугу по свариваемым кромкам требуется квалифицированный рабочий.	Механизирована подача присадки, можно поставить на операцию сварки рабочего меньшего разряда, экономия фонда заработной платы.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
			Базовый	Проект.
2	3	4	5	6
Годовая программа	$N_{пр}$	шт	1000	1000
Финансовые затраты на 1 кг наплавляемого материала	$Ц_{эл.}$	Руб/кг	72	480
Значение тарифной ставки	$C_{ч}$	Руб/час	95,29	84,87
Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{зпл}$	-	1,81	1,81
Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{д}$	%	10	10
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$N_{соц}$	%	30	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$ktз$	-	1,05	1,05
Финансовые затраты на покупку оборудования	$Ц_{об}$	Руб	60000	100000
Норма амортизационных отчислений на оборудование	$На$	%	18	18
Коэф. Полезного действия установки	$КПД$	-	0,7	0,78
Стоимость электроэнергии	$Ц_{э-э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
Удельный расход горючего газа	$Узг$	$M^3/час$	-	50
Стоимость горючего газа	$Цзг$	Руб/ m^3	-	50
Стоимость аренды площади	$C_{экспл}$	Руб/ m^2	1800	1800
Стоимость приобретения производственных площадей	$Цпл$	Руб/ m^2	4500	4500
Площадь занимаемая оборудованием	S	M^2	8	11
Норма амортизационных отчислений на площадь	$Напл$	%	2	2
Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{монт}$ $k_{дем}$	%	2	2
2	3	4	5	6

Коэффициент заводских расходов	$k_{зав}$		1,97	1,97
Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$k_{цех}$		1,72	1,72

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на наплавку одного изделия применим зависимость:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{n-з}$ – время, расходуемое на подготовительно-заключительные операции, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – время, расходуемое непосредственно на выполнение сварного шва - машинное.

$t_в$ – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе

$t_в = 10\%$ от t_0 .

$t_{отл}$ – время, расходуемое рабочими на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места

$t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, 1% от t_0 .

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $L_{ш}$ – кольцевой шов - 0,476 м;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, 9 Г/А·час.

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

Масса наплавленного металла $M_{напл.мет}$ – может быть определена по зависимости, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность, 7,8 г/см³;

F_H – площадь валика, мм².

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$$

На толщину 3,5 мм.

$$F_H = 72 \text{ мм}^2$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,561 \text{ кг/м}$$

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 0,078 \cdot 0,47 \cdot 10^3}{150 \cdot 9} = 2,08 \text{ мин.},$$

$$t_{штб} = 2,08 + 2,08 \cdot 0,05\% + 2,08 \cdot 10\% + 2,08 \cdot 5\% + 2,08 \cdot 8\% = 2,56 \text{ мин.} = \\ = 0,042 \text{ час}$$

Проектный вариант для нанесения требуемого слоя на ширине 20 мм требуется $n=300$ оборотов при скорости вращения $N=150$ об/мин. Таким образом.

$$t_{опр} = 1,08 \text{ мин} = 0,018 \text{ час.}$$

тогда

$$t_{штпр} = 1,08 + 1,08 \cdot 0,05\% + 1,08 \cdot 10\% + 1,08 \cdot 5\% + 1,08 \cdot 8\% = 1,44 \text{ мин.} = \\ = 0,024 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.5)$$

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

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

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

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

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{см}} \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5.9)$$

где: $D_{\text{к}}$ – всего дней в году;

$D_{\text{вых}}$ – всего выходных в году;

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

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

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

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

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

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{1000 \cdot 2,56}{1827 \cdot 60} = 0,022$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{1000 \cdot 1,44}{1827 \cdot 60} = 0,012$$

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,022}{1} = 0,022$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{\text{прб}} = 60000 \cdot 0,022 = 1320 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 100000 \cdot 0,012 = 1200 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

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

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

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

$$K_{\text{монт}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

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

$$K_{\text{монт}} = 100000 \cdot 0,2 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

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

$$K_{\text{дем}} = 60000 \cdot 0,2 = 12000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} \cdot \Pi_{\text{площ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

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

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

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 1320 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 1200 + 20000 + 12000 + 5400 = 38600 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.14)$$

$$K_{\text{удб}} = \frac{1320}{1000} = 1,32 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{удпр}} = \frac{38600}{1000} = 38,60 \text{ руб.}$$

5.4 Определение технологической себестоимости

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}$$

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

Для применяемой в настоящее время на предприятии технологии дуговой наплавки в качестве вспомогательных материалов используют

сварочную проволоку сплошного сечения, расходы на закупку которой определим по формуле

$$ЗМ_{эл.} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (5.16)$$

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

$Н_{эл.}$ – расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$Н_{эл.} = У \cdot L_{ш.} \quad (5.17)$$

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

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

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (5.18)$$

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

$M_{напл.мет}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 129 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 1,240 = 2,10 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{эл} = 2,10 \cdot 0,687 = 1,448 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 68 \cdot 1,448 = 1,49 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{\sigma} = 1,49 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии в качестве вспомогательных материалов используют порошок для напыления и горючие газы, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{свпр} = ЗМ_{нпп} + З_{гг} \quad (5.19)$$

Затраты на напыляемый порошок

$$M_{нпп} = Ц_{нпп} \cdot НР_{нпп}; \quad (5.20)$$

где $C_{\text{НПП}}$ – цена напыляемого порошка, руб/кг;

$\text{Нр}_{\text{НПП}}$ = норма расхода напыляемого порошка, кг.

Норма расхода напыляемого порошка

$$\text{Нр}_{\text{НПП}} = (\pi \cdot D^2/4 - \pi \cdot d^2/4) \cdot \delta \cdot \gamma \quad (5.21)$$

где – D и d соответственно наружный и внутренний диаметры напыляемого вала, см;

δ – ширина, см;

γ – плотность, г/см³.

$$\text{Нр}_{\text{НПП}} = (3,14 \cdot 1,5^2/4 - 3,14 \cdot 1,45^2/4) \cdot 1,0 \cdot 7,8 = 11 \text{ г} = 0,011 \text{ кг}$$

$$M_{\text{НПП}} = 0,011 \cdot 480 = 5,28 \text{ руб.}$$

Затраты на кислород и ацетилен (только для проектного варианта)

$$M_{\text{КА}} = C_{\text{К}} \cdot \text{Нр}_{\text{К}} + C_{\text{А}} \cdot \text{Нр}_{\text{А}} \quad (5.19)$$

где $C_{\text{К}}$ – финансовые затраты на кислород, руб/литр;

$C_{\text{А}}$ – финансовые затраты на ацетилен, руб/литр;

$\text{Нр}_{\text{А}}$ – принятое значение расхода ацетилена, л.

$\text{Нр}_{\text{К}}$ – принятое значение расхода кислорода, л.

Норма расхода кислорода:

$$\text{Нр}_{\text{К}} = Q_{\text{К}} \cdot t_0 \quad (5.20)$$

где $Q_{\text{К}} = 4$ л/мин.

$$\text{Нр}_{\text{К}} = 4 \cdot 0,58 = 2,32 \text{ л.}$$

Норму расхода ацетилена:

$$\text{Нр}_{\text{А}} = Q_{\text{А}} \cdot t_0 \quad (5.21)$$

где $Q_{\text{А}} = 3$ л/мин.

$$\text{Нр}_{\text{А}} = 3 \cdot 0,58 = 1,74 \text{ л}$$

$$M_{\text{КА}} = 2,32 \cdot 0,15 + 1,74 \cdot 0,25 = 0,78 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектом варианте

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{НПП}} + M_{\text{КА}} = 5,28 + 0,78 = 6,06 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_0}{\text{КПД}} C_{\text{э-э}} \quad (5.29)$$

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

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

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении наплавки.

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

Для базового варианта технологии

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

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,042}{0,7} 3,02 = 0,65 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

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

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{6,3 \cdot 0,024}{0,75} 3,02 = 0,60 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.30)$$

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

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

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

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

$$A_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = \frac{60000 \cdot 2,56 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,25 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = \frac{100000 \cdot 1,44 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,23 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} * H_{\text{т.р}} * k_3}{\Phi_{\text{эф}} * 100} \quad (5.32)$$

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{Б}} = \frac{60000 \cdot 35 \cdot 0,022}{1812 \cdot 100} = 0,25 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{ПР}} = \frac{100000 \cdot 35 \cdot 0,012}{1812 \cdot 100} = 0,23 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = 0,25 + 0,25 = 0,50 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = 0,23 + 0,23 = 0,46 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{\text{плоч}} = \frac{C_{\text{плоч}} \cdot S_{\text{плоч}} \cdot N_{\text{плоч}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (5.33)$$

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

$N_{\text{плоч}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

$$З_{\text{плоч}}^{\text{Б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 2,56}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{плоч}}^{\text{ПР}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,44}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

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

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

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

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

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

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

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{Б}} = 0,042 \cdot 95,2 \cdot 9 \cdot 1,81 = 7,24 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{ПР}} = 0,024 \cdot 84,8 \cdot 7 \cdot 1,81 = 3,68 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 7,60 \cdot 10/100 = 0,46 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 3,68 \cdot 10/100 = 0,36 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{Б}} = 7,24 + 0,72 = 7,96 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{ПР}} = 3,68 + 0,36 = 4,04 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{СН}} = \PhiЗП \cdot N_{\text{СОЦ}} / 100 \quad (5.38)$$

где $N_{\text{СОЦ}}$ – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{СН}}^{\text{Б}} = 7,96 \cdot 30 / 100 = 2,38 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{СН}}^{\text{ПР}} = 4,04 \cdot 30 / 100 = 1,21 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{\text{ТЕХ}} = ЗМ + З_{\text{Э-Э}} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} + \PhiЗП + O_{\text{СН}} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 3,49 + 0,65 + 0,50 + 0,01 + 7,96 + 2,38 = 15,99 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 6,06 + 0,60 + 0,46 + 0,01 + 4,04 + 1,21 = 12,38 \text{ руб}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

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

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot З_{\text{ОСН}} \quad З_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

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

$З_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 15,99 + 7,24 \cdot 1,72 = 15,99 + 12,45 = 28,44 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 12,38 + 3,68 \cdot 1,72 = 12,38 + 6,32 = 18,70 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,8

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 28,44 + 7,24 \cdot 1,97 = 28,44 + 14,96 = 43,40 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 18,70 + 3,68 \cdot 1,97 = 18,70 + 7,24 = 25,94 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на напыление одного изделия

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	ЗМ	3,49	6,06
2	Затраты на оборудование	З _{ОБ}	0,50	0,46
3	Затраты на площади	З _{Пл}	0,01	0,01
4	Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,65	0,60
5	Фонд заработной платы	ФЗП	7,96	4,04
6	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	2,38	1,21
	Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	15,99	12,38

7	Цеховые расходы		12,45	6,32
	Себестоимость цеховая	$C_{\text{ЦЕХ}}$	28,44	18,70
8	Заводские расходы		14,96	7,24
	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	43,40	25,94

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Величину прибыли, ожидаемой от снижения себестоимости сварки стыка, определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (43,40 - 25,94) \cdot 1000 = 17460 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{Г}} = [(C_{\text{зав}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}}) - (C_{\text{зав}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.44)$$

$$\text{Э}_{\text{Г}} = [(43,40 + 0,33 \cdot 1,32) - (25,94 + 0,33 \cdot 38,60)] \cdot 1000 = 7751 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,042 - 0,024}{0,042} \cdot 100\% = 55\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta \Pi_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.46)$$

$$\Delta \Pi_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 55}{100 - 55} = 95\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\Delta_{\text{УГ}}} \quad (5.47)$$

$$T_{ок} = \frac{38600}{17460} \approx 2 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/2 = 0,5. \quad (5.48)$$

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 55% трудоемкость восстановления одного изделия, при увеличении производительности труда на 95%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 38600 руб., которые окупятся через 2 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 7751 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о целесообразности внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия для восстановления изношенных валов привода конвейера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса восстановления изношенных валов привода конвейера показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса дуговой наплавки.

Автоматизировать процесс можно применив технологии газотермического напыления порошковых материалов. Разработан технологический процесс газотермического напыления. Подобран напыляемый порошок, подобраны режимы напыления и требуемое оборудование. Применение предложенных технических решений позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на основные и вспомогательные материалы.

Расчеты показали, что за счет внедрения более производительной технологии планируется получить годовой экономический эффект в размере 7751 руб.

Цель бакалаврской работы достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
3. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
4. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
5. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
6. Гриднев В.П. Физические основы электротермического упрочнения стали / В. П. Гриднев, Ю. Я. Мешков, С. П. Ошкадеров, В. И. Трефилов. Киев: Наук. думка, 1973. 335 с.
7. Кидин И. И. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / И.И. Кидин. - М.: Металлургия, 1969. 296 с.
8. Тюрин Ю. П., Импульсно-плазменное упрочнение инструмента / Ю.П. Тюрин, О.В. Колисниченко, И.Г. Цыганков // Автоматическая сварка. - 2001. - №1. - С. 38-44.
9. Sahoo P., Raghuraman R. High temperature chromium carbides reinforced metal matrix composite coatings for turbomachinery application // Proc. of Thermal Spray Conf. of TS'93. – Aachen, Germany, 1993. – DVS-Berichte. – P. 296–300.

10. 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.
11. 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.
12. Keller H., Pross E., Schwier G. Influence of the powder type on the structure and the properties of chromium carbide / *Nickel Chromium, H.C.Starck, Specialist for Specialties*. – 2000. – L 11. – 8 p.
13. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
14. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
15. Principles for developing grinding media with increased wear resistance. Part 1. Abrasive Wear Resistance of iron-based alloys / A.D. Koval, V.G. Efremenko, M.N. Brykov, M.I. Andrushchenko, R.A. Kulikovskii, A.V. Efremenko // *Journal of friction and wear*. – 2012. – V.33. – №1. – P. 39–46.
46. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
16. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
17. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
18. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.

19. 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.
20. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
21. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
22. Ronald W.S., Emerging U.S. Thermal plasma materials processing research and development // World progress in plasma applications (Febr. 9–11, 1993). – Palo Alto: CA, 1993. – P. 1–16.
23. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
24. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
25. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
26. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
27. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
28. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
29. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
30. Борисов, Ю.С. Использование сверхзвуковых струй в технологии газотермического напыления / Ю.С. Борисов, С.В. Петров // Автоматическая сварка. – 1995. – № 1. – С. 41–44.

31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
35. 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.
36. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.