

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА Т100-150

УДК 621.791.92:621.822.5:621.322-81

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Михайлов Д.Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	К.П.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	К.Т.Н.		

Юрга – 2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОПТ

М.А. Кузнецов

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Михайлов Д.Г.

Тема работы:

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ПОДШИПНИКА
СКОЛЬЖЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА Т100-150**

Утверждена приказом проректора-директора
(директора) (дата, номер)

31.01.2019 г. № 9/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Материалы преддипломной практики

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

1. Обзор литературы.
2. Объект и методы исследования.
3. Расчеты и аналитика
4. Результаты проведенного исследования.
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
6. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. ФЮРА.000000.221.00.000 Подшипник. 2. ФЮРА.000001.221.ЛП План участка. 3. ФЮРА.000001.221 Технологический процесс.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Ильященко Д.П.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Михайлов Д.Г.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 – 2019 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Срока сдачи студентом готовой работы	
--------------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Обзор литературы	20
	Объекты и методы исследования	20
	Расчеты и аналитика	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	К.Т.Н.		

Юрга – 2019г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Михайлов Д.Г.

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Разработка технологии наплавки подшипника скольжения турбогенератора T100-150

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- 1. Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления*
- 2. Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями*
- 3. Определение затрат на основные материалы*
- 4. Определение затрат на вспомогательные материалы*
- 5. Определение затрат на заработную плату*
- 6. Определение затрат на силовую электроэнергию*
- 7. Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.п.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Михайлов Д.Г.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А41	Михайлов Д.Г.

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	Вредных и опасных производственных факторов, возникающих на термическом участке производственно ремонтного цеха.
Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

2. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Возможное воздействие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.
3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
4. Охрана окружающей среды:	Вредные выбросы в атмосферу.
5. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте
6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Перечень устройств и мероприятий, улучшающих условия труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Михайлов Д.Г.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 6 рисунков, 16 таблиц, 28 источников, 1 приложение, 12 листов графического материала.

Ключевые слова: плазменно-порошковая наплавка, технология, техпроцесс наплавки, наплавочное оборудование, вспомогательное оборудование, производительность, себестоимость.

Актуальность работы: в выпускной квалификационной работе производится проектирование процесса плазменно-порошковой наплавки на существующем участке.

Объектом исследования является процесс наплавки антифрикционного слоя подшипника скольжения.

Цели исследования (работы): в результате проведения данной работы следует получить производство с наибольшей производительностью труда и наименьшей себестоимостью используемых материалов за счет введения нового оборудования и процесса наплавки антифрикционного слоя.

Задачи исследования: провести анализ существующих способов нанесения антифрикционных покрытий и предложить способ наплавки покрытий из баббитовых сплавов, который возможно применить при ремонте подшипниковых узлов. Выбрать оборудование для нанесения антифрикционных покрытий и рассчитать себестоимость производства таких покрытий.

Работа представлена введением, шестью разделами и заключением, приведен список источников.

В первом разделе «Обзор литературы» проведен анализ существующих способов восстановления подшипников скольжения.

Во втором разделе «Объект и методы исследования» произведена формулировка проектной задачи и проведен теоретический анализ.

В третьем разделе «Расчеты и аналитика» произведен инженерный

расчет производственного процесса.

В четвертом разделе «Результаты проведенного исследования» рассмотрены: технологическая и организационная части производственного процесса.

В пятом разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрены сравнительный экономический анализ вариантов производства, расчет технико-экономической эффективности, основные технико-экономические показатели процессов производства.

В шестом разделе «Социальная ответственность» рассмотрена характеристика объекта исследования, вредные и опасные производственные факторы, источники опасности и средства защиты от них, их влияние на организм человека.

В заключении приведено обоснование выбора способа восстановления, использования материалов и приобретения оборудования. Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от нововведений, что позволяет судить о выгоде предлагаемого технологического процесса.

Abstract

Final qualifying work contains 88 pages, 6 figures, 16 tables, 28 sources, 1 application, 12 sheets of graphic material.

Keywords: plasma-powder surfacing, technology, technological process of surfacing, surfacing equipment, auxiliary equipment, productivity, cost price.

The relevance of the work: in the final qualifying work is the design of the process of plasma-powder surfacing on an existing site.

The object of research is the process of surfacing antifriction layer of a sliding bearing.

Objectives of the study (work): as a result of this work, production with the highest productivity and lowest cost of materials used should be obtained by introducing new equipment and the process of surfacing the antifriction layer.

Research objectives: to analyze the existing methods of applying antifriction coatings and propose a method for surfacing of coatings from babbitt alloys, which can be used in the repair of bearing assemblies. Choose equipment for applying anti-friction coatings and calculate the cost of production of such coatings.

In the first section, "Literature Review," an analysis was made of existing methods for restoring bearings.

In the second section "Object and methods of research" the formulation of the project problem was made and a theoretical analysis was carried out.

In the third section, "Calculations and Analytics," an engineering calculation of the production process was made.

In the fourth section, "Results of the study" considered: the technological and organizational parts of the production process.

In the fifth section "Financial management, resource efficiency and resource saving" a comparative economic analysis of production options, the calculation of technical and economic efficiency. In the sixth section "Social responsibility", the characteristics of the object of study, harmful and dangerous production factors, sources of danger and means of protection against them, their influence on the human body are considered.

Оглавление

Введение.....	15
1 Обзор литературы.....	17
1.1 Антифрикционные материалы и их свойства.....	17
1.2 Способы получения антифрикционных покрытий.....	19
1.2.1 Литейный способ.....	19
1.2.2 Представление о напылении	22
1.2.2.1 Газопламенное напыление	22
1.2.2.2 Плазменно-порошковое напыление.....	24
1.2.2.3 Плазменно-порошковая наплавка.....	25
1.3 Заключение.....	26
2 Объект и методы исследования.....	27
2.1 Описание конструкции и расчёт режимов	28
2.1.1 Структура процесса.....	30
3 Расчеты и аналитика.....	32
3.1 Технологический анализ выбранного производства.....	32
3.2 Техническое нормирование операций.....	33
3.3 Технологический процесс литейного метода.....	33
3.4 Технологический процесс ремонта вкладыша подшипника скольжения способом плазменно-порошковой наплавки.....	36
4 Результаты проведенного исследования.....	39
4.1 Технологический процесс восстановления традиционным способом....	39
4.2 Технологический процесс ремонта вкладыша подшипника скольжения способом плазменно-порошковой наплавки.....	40
4.3 Контроль технологических операций	41
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	43
5.1 Расчет основных элементов производства	43
5.1.1 Определение количества необходимого оборудования	43
5.1.2 Определение коэффициента загрузки оборудования.....	44
5.1.3 Определение состава и численности основных и вспомогательных	

рабочих.....	46
5.1.4 Расчет затрат на основные материалы.....	47
5.1.5 Расчет основного и вспомогательного оборудования.....	48
5.1.5.1 Основное оборудование.....	48
5.1.5.2 Вспомогательное оборудование.....	50
5.1.6 Определение капитальных вложений в оборудование.....	53
5.1.7 Определение затрат на заработную плату.....	54
5.1.8 Определение затрат на силовую электроэнергию.....	54
5.1.9 Затраты на амортизацию оборудования.....	55
5.1.10 Определение затрат на содержание помещения.....	56
5.1.11 Расчет технико-экономических затрат и себестоимости.....	56
5.2 Заключение	57
6. Социальная ответственность	58
6.1 описание рабочего места.....	58
6.2 Техногенная безопасность.....	59
6.3 Законодательные и нормативные документы	59
6.4 Анализ выявленных опасных факторов производства при разработке и эксплуатации проектируемого	62
6.4.1 Поражение электрическим током.....	62
6.4.2 Вращающиеся части станков.....	63
6.4.3 Слабое и ненадежное крепление инструмента	63
6.5 Анализ вредных факторов при плазменно-порошковой наплавке и меры по их устранению.....	64
6.6 Производственное освещение	64
6.7 Расчет искусственного освещения.....	65
6.8 Повышенный уровень шума.....	66
6.9 Некомфортабельные условия.....	67
6.10 Региональная безопасность.....	67
6.11 Защита атмосферы	68

6.12 Защита гидросферы	69
6.13 Защита литосферы	71
6.14 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	72
6.15 Правовые и организационные вопросы обеспечения.....	73
Заключение.....	75
Список использованных источников.....	76
Приложение А (Технологический процесс плазменно-порошковой наплавки подшипника скольжения)	
Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический раздел	На отдельных листах
ФЮРА.000000.221.00.000 СБ Подшипник. Сборочный чертеж	Формат А1
ФЮРА.000001.221 ЛП План участка	Формат А1
Слайд №1 Титульный лист	
Слайд №2 Актуальность работы	
Слайд №3 Цель и задачи исследования	
Слайд №4 Виды литейных методов получения антифрикционных покрытий	
Слайд №5 Методы напыления и наплавки	
Слайд №6 Преимущества плазменно-порошковой наплавки	
Слайд №7 Качественные показатели наплавленного баббитового слоя	
Слайд №8 Сравнительные экономические показатели методов получения антифрикционных покрытий	
Слайд №9 Выводы	

Введение

Широкое использование наплавки при проведении восстановительного ремонта узлов силовых машин позволяет резко сокращать расход используемых материалов, а также сроки выполнения работ и трудоёмкость производственных процессов. Достижения, полученные в сфере автоматизации и механизации процессов, приводят к уменьшению затрат на единицу продукции, а также сокращению продолжительности производственного цикла.

В настоящее время плазменно-порошковая наплавка считается одним из основных и прогрессирующих процессов обработки металлов в сфере восстановительного ремонта. Существует множество различных видов наплавки: аргонодуговая, неплавящимся электродом, газопламенная наплавка, плазменная наплавка с присадочной проволокой или порошком.

Преимущества наплавки:

- имеется возможность нанесения покрытий из разных материалов (это может быть практически любой плавящийся материал, который возможно подать как порошок или проволоку);
- отсутствие возможности смешивания материалов основы и покрытия;
- невысокий нагрев поверхности (150-200°C) при нанесении покрытия не вызывает коробления или термического отпуска материала изделия;
- возможность нанесения нескольких слоев, каждый из которых несет свою функцию (коррозионностойкий, антифрикционный);
- толщина покрытия может составлять от 0,01мм до 10 мм и более (в зависимости от наносимого материала);
- наносимые материалы могут иметь заданную пористость (от 0 до 30% и более);

В данной выпускной квалификационной работе производится проектирование процесса плазменно-порошковой наплавки антифрикционного слоя подшипников скольжения на существующем участке.

Целью работы является получение производства с наименьшей себестоимостью основных материалов, наибольшей степенью механизации, увеличивающей производительность труда и улучшение условий труда.

В современных условиях любого производства первостепенное значение имеет повышение производительности труда, а также снижение себестоимости изделия. Это обеспечивает качественно лучшее использование рабочей силы в процессе производства и повышение конкурентоспособности предприятия. Перед любым производством всегда ставятся задачи, направленные на повышение его эффективности. Это, прежде всего переход к массовому применению высокоэффективных технологических процессов и оборудования, которые могут обеспечить высокую механизацию производства, а также рост производительности труда и связанную с этим экономию средств.

1 Обзор литературы

Подшипники скольжения применяют в газовых турбинах, винтовых компрессорах насосах и других тяжелых машинах, где скорость вращения вала измеряется от нескольких сотен до десятков тысяч оборотов в минуту. Таким образом, подшипники скольжения могут естественно конкурировать с подшипниками качения в очень многих отраслях машиностроения. Применение подшипников качения в таких агрегатах, даже несмотря на многообразие их типоразмеров и высокое качество изготовления, оказывается невозможным. Они недостаточно долговечны и надежны при весьма высоких скоростях и динамических нагрузках и тем более не пригодны в тех случаях, когда для осуществления монтажа и демонтажа узлов силовой машины нужны разъёмные опоры [1].

В основном антифрикционный слой, находящийся на внутренней поверхности подшипника скольжения служит для обеспечения заданных параметров положения валопровода во время пусков и остановов турбоагрегатов. В современных мощных турбинах применяются только подшипники скольжения, которые долговечны, надежны, хорошо сопротивляются статическим и динамическим нагрузкам при высоких скоростях вращения.

1.1 Антифрикционные материалы и их свойства

К антифрикционным покрытиям подшипников скольжения предъявляется ряд требований, которые формализованы в нормативно-технической документации:

-толщина слоя – 1,25-6 мм [1];

- напряженность работы - свыше 75 МПа·(м/с) [2];
- пористость антифрикционного слоя – до 10-15% [2];
- адгезионная прочность - свыше 60 МПа [2];
- коэффициент трения от 0,001 до 0,005, а без смазки: 0,004 - 0,5 [2].

Смачиваемость это поверхностное явление, возникающее на границе соприкосновения фаз, одна из которых твёрдое тело, а другие - несовмещающиеся жидкости или жидкость и газ.

Хорошая прирабатываемость это способность материала при трении легко пластически деформироваться и увеличивать площадь фактического контакта с ответной поверхностью, которая способствует снижению местного давления и температуры на поверхности подшипника.

Кроме того повышенная теплопроводность крайне необходима такому материалу для интенсивного отвода тепла, которое выделяется в зоне трения при работе пары вал-подшипник.

Сопротивление усталости является ценным свойством антифрикционных материалов противостоять разрушению под действием переменных напряжений и нагрузок.

Для обеспечения всех перечисленных выше требований антифрикционные материалы должны быть гетерогенными. Как правило такие материалы состоят из «мягкой» основы, обеспечивающей хорошую прирабатываемость подшипника к шейке вала, задиростойкость, ударную вязкость, поглощение продуктов изнашивания и образование при изнашивании узла «маслоудерживающего рельефа» с равномерно распределенными в ней твердыми включениями – опорными частицами, обеспечивающими прочность, теплостойкость, износоустойчивость, образование зазора между изношенной мягкой основой и шейкой вала, который будет заполняться смазкой.

1.2 Способы получения антифрикционных покрытий

Среди распространенных способов получения покрытий из антифрикционных металлических материалов в основном выделяют такие способы как: литье и наплавка (газовая, плазменная).

1.2.1 Литейный способ

Применяют несколько основных технологий литья: заливка жидкого металла без применения дополнительных мероприятий, сифонный способ литья, центробежный способ литья, а также турбулентная заливка. Первый способ применяется, как правило, при изготовлении упорных подшипников, и характеризуется удовлетворительной структурой. Остальные способы литья применяют для формирования антифрикционного слоя на радиальных и радиально-упорных подшипниках.

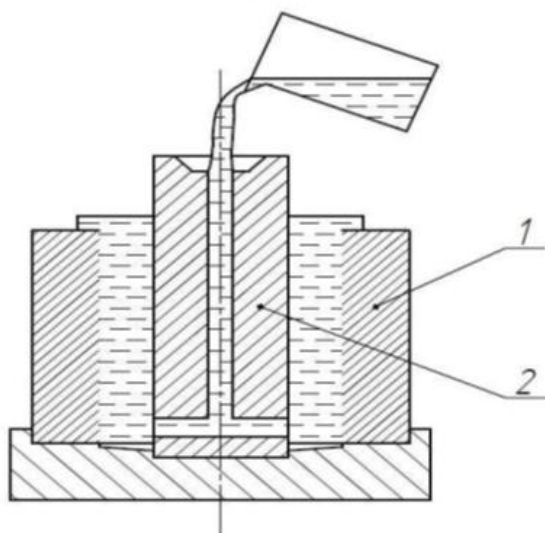


Рисунок 1 Схема сифонной заливки

1 – корпус, 2 – стержень

Сифонный способ представляет собой заливку через стержень, формирующий внутреннюю поверхность изделия (рисунок 1). При таком способе осуществляется плавный подвод металла снизу в форму. К преимуществам такого способа можно отнести простоту способа и его оснастки, и при этом баббит обладает повышенной усталостной прочностью и наблюдается различие плотности структурных составляющих.

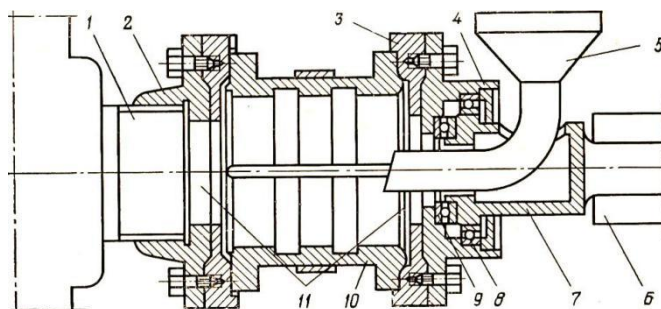


Рисунок 2 Схема центробежной заливки:

1- шпиндель станка, 2-фланец для крепления корпуса подшипника, 3 – герметичная оправка, 4- ответный фланец, 5-заливная горловина, 6-задняя бабка, 7- переходное устройство, 8,9- подшипниковый узел, 10- корпус подшипника, 11- уплотняющие прокладки.

При центробежном способе литья, (рисунок 2) расплав баббита приводится в движение за счёт вращающегося корпуса, затем жидкий металл практически останавливается. На все интерметаллидные фазы, образующиеся в расплаве баббита при охлаждении, действуют центростремительные силы, что обуславливает неравномерное распределение составных фаз. Формирование такой структуры приводит к повышению коэффициентов трения данных покрытий на 30 – 70% более, чем у покрытия, полученного сифонной или турбулентной заливкой. В результате полученное покрытие имеет низкие эксплуатационные характеристики.

При турбулентной заливке (рисунок 3) сплав дополнительно перемешивается подпружиненным ребром. технология обеспечивает минимальные размеры и максимальную округлость β -фазы, что в конечном итоге приводит к высокой деформируемости в холодном состоянии [3].

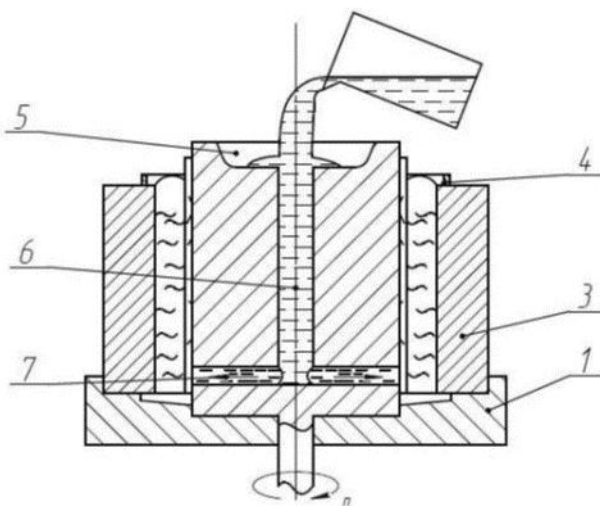


Рисунок 3 турбулентная заливка

1 - основание, 3- корпус, 4- ограничительные ребра, 5- горловина ,
6- литейный канал, 7- полость формы, n- угловая скорость.

К недостаткам литейных технологий можно отнести ликвацию легирующих элементов, остроугольную форму β -фазы и иглообразную форму γ -фазы, что ведёт к появлению концентраторов напряжений и ускоряет усталостные разрушения покрытия. Применение сифонной заливки позволяет получить более равномерное распределение β и γ - фазы по объему антифрикционного слоя, кроме того наблюдается изменение формы интерметаллидов, приводя ее ближе к глобулярной, что положительно влияет на весь комплекс механических, технологических и служебных свойств. турбулентная заливка позволяет еще больше улучшить структуру антифрикционного слоя [4]. Тем не менее, технология литья является очень чувствительной к несоблюдению технологических параметров, оптимальные значения которых находятся в очень узком диапазоне, что приводит к

необходимости разработки и применению других технологий нанесения антифрикционных покрытий.

1.2.2 Представление о напылении и наплавке.

В последнее время технологии термонапыления широко используются для нанесения антифрикционных покрытий как при изготовлении, так и при ремонте подшипников скольжения.

Технология напыления зависит от используемого источника тепловой энергии и в основном разделяется на два самых распространенных вида:

- газопламенное напыление, использующее теплоту, полученную в процессе горения смеси кислорода и горючего газа;
- газoeлектрическое плазменное напыление в основе которого лежит использование теплоты, выделяемой при горении электрической дуги [5].

1.2.2.1 Газопламенное напыление

Газопламенное напыление производится с помощью теплоты, выделяемой в результате сгорания горючих газов (ацетилена, пропан-бутана, природного газа и др.) в среде кислорода.

В зависимости от вида применяемого материала газопламенное напыление разделяют на два основных вида: напыление присадочной проволокой и порошковое напыление. В первом случае пруток или проволока вручную или с помощью механизма подачи направляются через центральное отверстие горелки в высокотемпературную зону пламени, где расплавляются и распыляются сжатым воздухом и переносятся таким образом на поверхность

детали. При газопламенном напылении применяют восстановительное (нормальное) или науглероживающее (с небольшим избытком ацетилена) пламя.

Согласно схеме (рисунок 4), порошок из питателя поступает в центральный канал горелки, захватывается транспортирующим газом и подается в факел ацетиленокислородного пламени, струей которого оплавляется и направляется на поверхность детали, образуя заданный слой требуемого покрытия.

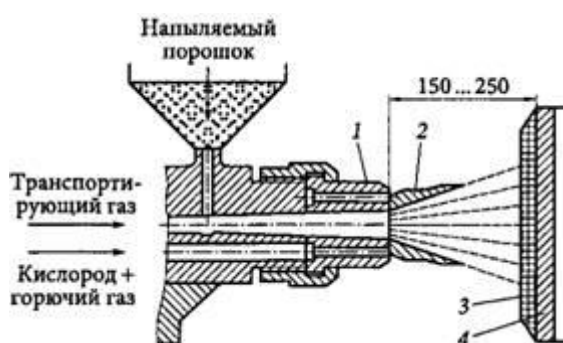


Рисунок 4 Схема газопламенного напыления транспортирующим газом: 1-сопло; 2 - пламя; 3- покрытие; 4 - напыляемая деталь;

При таком способе напыления, давление воздуха составляет: 0,6 – 0,8 МПа. Расстояние от сопла горелки до напыляемой поверхности составляет 150 - 250 мм. Горючий газ представляет собой смесь ацетилена с кислородом, подаваемых также под давлением 0,8 МПа. При газопламенном напылении толщина покрытия составляет всего 1,5–2,0 мм [5]. Напылённое таким способом антифрикционное покрытие отличается повышенной пористостью и низкой адгезионной прочностью, что не вполне удовлетворяет требованиям к качеству подшипников скольжения турбоагрегатов.

1.2.2.2 Плазменно-порошковое напыление

Этот способ отличается от газопламенного напыления тем, что для плавления подаваемого металла используется электрическая дуга постоянного тока. В данном случае дуга представляет собой ионизированную газовую плазму, образующуюся в сопле между электродами, охлаждаемыми водой. Электроды при таком процессе не расходуются. На схеме (рисунок 5) показано, что в плазменно-порошковом металлизаторе у основания соплообразного, охлаждаемого водой медного анода концентрически установлен вольфрамовый катод, так же охлаждаемый водой. Подаваемый газ поступает сзади в междуэлектродный кольцевой зазор, ионизируется и образует дугу. Поток газа выталкивает дугу в отверстие сопла, где создается высокая концентрация тепла в центре плазменной дуги. температура стенки сопла при этом составляет всего 250 С. Материал для покрытия в виде порошка подается в потоке транспортирующего газа, чаще всего это Ar или смеси Ar+Co₂, и радиально впрыскивается в сопло металлизатора. Частицы металла, проходя через плазменную дугу, плавятся, выводятся из сопла и распыляются под действием потока газа.

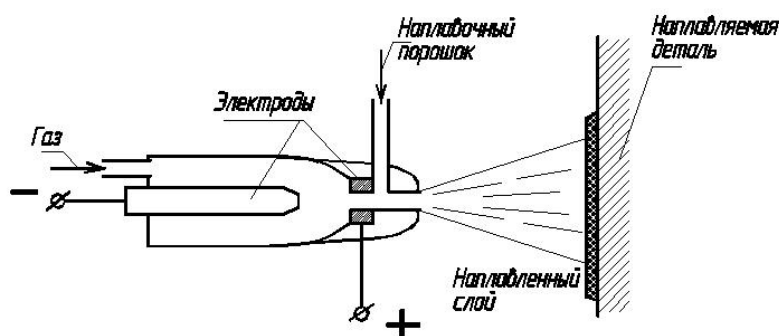


Рисунок 5 Схема плазменного напыления

Плазменное напыление по сравнению с газопламенным напылением имеет целый ряд преимуществ [6]:

- позволяет наносить покрытия из материалов широкого ряда, (металлы, сплавы, оксиды, карбиды, нитриды, бориды, пластмассы и их различные композиции) на разнообразный материал основы (металлы, керамика, графит, пластмассы и др.);
- плазменные горелки позволяют в широких пределах регулировать энергетические характеристики плазмы, что обеспечивает получение покрытий со свойствами, заявленными в технологии;
- использование для транспортировки наносимого материала инертных газов и смесей, не содержащих кислорода, способствует уменьшению окисления напыляемого материала и поверхности детали;
- покрытия, получаемые с применением плазменного напыления, по физико-механическим свойствам превосходят покрытия, полученные газопламенным или дуговым способами напыления [7].

1.2.2.3 Плазменно-порошковая наплавка

Плазменно – порошковую наплавку осуществляют плазменной дугой прямого действия или двумя плазменными дугами прямого и косвенного действия. Могут использоваться различные способы ввода порошка в дугу, которые разделяют на: ввод порошка в дугу внутри плазмотрона или вне его. Меняя условия ввода присадочного порошка в дугу и режим работы плазмотрона можно менять интенсивность и продолжительность нагрева частиц порошка. Частицы порошка при соприкосновении с поверхностью сварочной ванны находятся в жидком или твердо – жидком состоянии. Плазмообразующим газом служит аргон, транспортирующим – также аргон или аргоно–водородная смесь.

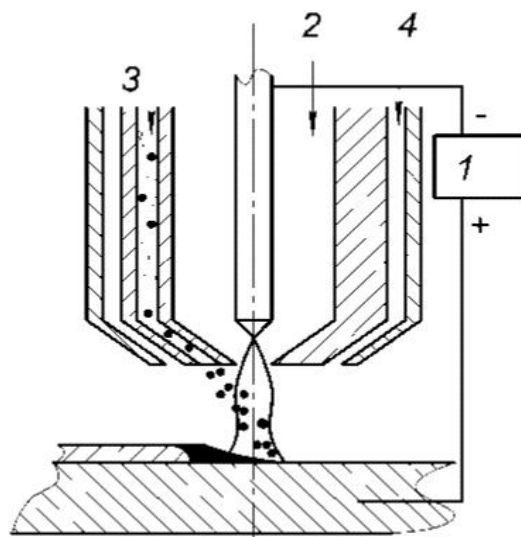


Рисунок 6 Схема плазменно-порошковой наплавки

1 – источник питания, 2- плазмообразующий газ, 3- присадочный материал (порошок), 4- охлаждающая вода.

Толщина наплавленного слоя находится в диапазоне 0,25 – 5 мм для однослойного валика. Для восстановления антифрикционного слоя подшипников скольжения предпочтительное применение получило наплавление порошками, которое позволяет в более широких пределах по сравнению с проволоками регулировать состав наносимых покрытий, что способствует повышению прочности сцепления с основой.

1.3 Заключение

Из описанных выше технологий видно, что процесс литья трудноконтролируемый и качество получения покрытий в значительной мере зависит от квалификации и опыта работника и требует постоянного контроля.

Процесс плазменно-порошковой наплавки требует меньше затрат по времени.

Таблица 1 Сравнение основных параметров наплавленного баббитового слоя

Параметр	Литейный метод	Плазменно-порошковая наплавка
Адгезионная прочность, МПа	38-49	62,2-65
Коэффициент трения (без смазки)	0,58-0,72	0,47-0,63
Твердость по Бриннелю НВ	27	29
Пористость, %	8-12	2-6

Учитывая данные, полученные в исследовательской работе [17], дополнительными преимуществами плазменно-порошковой наплавки перед литейными методами следует считать снижение пористости полученного покрытия, увеличение адгезионной прочности, увеличение твердости, уменьшение коэффициента трения (таблица 1). Данный процесс возможно ускорить, применяя механизацию.

2 Объект и методы исследования

Выпускная квалификационная работа преследует цели сопоставления достигнутого выпускником уровня естественнонаучной, гуманитарной, социально-экономической, общепрофессиональной и специальной подготовки с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо разработать технологию наплавки подшипника скольжения турбогенератора Т100-150, включающую выбор наиболее эффективного

способа, используемых материалов и выбор необходимого оборудования. Техническое нормирование операций, определение потребного состава всех необходимых элементов производства.

Кроме этого разрабатываются экономическая часть и раздел социальная ответственность, которые совместно с технологической частью должны обеспечивать возможность создания наиболее современного и передового по техническому уровню и высокоэффективного участка по выпуску продукции, при его себестоимости, обуславливающей рентабельность производства и кратчайшие сроки окупаемости капитальных затрат, а также соблюдение иных необходимых требований.

В результате теоретического анализа, существующих технологических процессов восстановления подшипников скольжения были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается произвести следующие изменения в технологическом процессе:

- сократить количество потерь материала при выплавке и последующей механической обработке;
- сократить трудозатраты на единицу продукции;

В результате внедрения в технологический процесс вышеуказанных изменений значительно улучшаются технические и экономические показатели, снижается себестоимость восстановления изделия, что в свою очередь приведет к увеличению конкурентоспособности изделия на рынке производства, сбыта и потребления, а следовательно, к рентабельности производства данного изделия.

2.1 Описание конструкции и расчет режимов

Восстанавливаемое изделие – вкладыш подшипника скольжения турбогенератора Т100-150.

Вкладыш подшипника турбогенератора изготовлен из чугуна марки

СЧ15 (ГОСТ1412-85) [9]. Выбор данного материала обусловлен необходимостью сочетания прочности изделия с хорошей технологической надежностью и невысокой себестоимостью.

Химический состав и механические свойства чугуна СЧ15 приведены в таблицах 2 и 3

Таблица 2 - Химический состав чугуна СЧ15 в % [9]

C	mn	Si	P	S
			не более	
3,5 – 3,7	0,5 – 0,8	2 – 2,4	0,2	0,15

Таблица 3 – Механические свойства чугуна СЧ15 [9]

σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_5 , %	ψ %	KCU (кДж/м ²)
150	-	-	-	-

Чугун СЧ15 применяется для изготовления отливок.

Трущаяся поверхность вкладыша наплавлена баббитом Б-83 (ГОСТ 1320 - 74).

Баббитами называют сплавы мягких металлов в состав которых входят: олово (Sn), свинец (Pb), кадмий (Cd), сурьма (Sb), цинк (Zn). Баббиты характеризуются наличием твердых структурных составляющих в пластичной матрице. Данные сплавы отличаются низким коэффициентом трения, пластичностью, хорошей прирабатываемостью и износостойкостью [9].

Химический состав и механические свойства баббита Б-83 приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 - Химический состав баббита Б-83 в % [10]

Cu	Sb	Sn	Fe	Al	As	Pb	Zn	Bi
			Не более					
5,5 – 6,5	10 - 12	80,941 – 84,5	0,1	0,005	0,05	0,35	0,004	0,05

Таблица 5 – Механические свойства баббита Б-83 [10]

σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_5 , %	ψ %	KCU (кДж/м ²)
10-120	80-85	-	-	-

Пластичность сплава обеспечивает равномерное распределение нагрузки по несущей поверхности, поэтому становится относительно безопасным попадание в подшипники мелких твердых частиц (металлическая пыль, твердые продукты окисления масла). Эти частицы впрессовываются в баббит и таким образом нейтрализуются. Единственный большой недостаток баббитов это низкое сопротивление усталости, особенно при повышенных температурах [11].

Баббиты могут работать в паре с нормализованными или улучшенными стальными валами (HRC 25-50) [12].

Габаритные размеры изделия: 634 мм х 660 мм.

Масса изделия: 675 кг.

Подшипник скольжения подвергается непосредственному воздействию высоких динамических нагрузок и вибраций, передаваемых от ротора турбогенератора. Изделие эксплуатируется в воздушной среде.

2.1.1 Структура процесса

Процесс соединения заготовок, в результате которого основной материал не расплавляется, называется пайкой. Данный процесс является родственным процессу сварки. Но от сварки есть существенное отличие, основной материал не изменяет своих технических характеристик и качеств. Пайка металлов происходит за счет смачивания поверхностей заготовок жидким припоем, которым заполняется зазор между двумя металлическими изделиями. При этом припой – это металл или сплав нескольких металлов,

обычно олова и свинца. Соединение с помощью пайки, без расплавления основы дает возможность в будущем разъединить детали (распаять или перепаять заново), не нарушая их свойств. Качество пайки зависит от типов соединяемых металлов, от припоя и флюса, нагрева и вида соединения.

К преимуществам процесса пайки можно отнести:

- возможность соединять сталь с цветными металлами;
- высокая технологичность процесса;
- возможность проводить паяльные операции в труднодоступных и неудобных местах;
- возможность соединять сложные по конструкции узлы и детали;

Что касается недостатков пайки, основной – это невысокая прочность паяного соединения на отрыв или сдвиг за счет мягкости присадочного металла (припоя).

После сварки пайка находится на втором месте в промышленности по применению в категории соединения металлов. Но в некоторых областях производства она занимает основную позицию [8].

Вкладыши подшипников турбин в основном делают из чугуна или стали, а внутренние поверхности вкладышей, контактирующие с шейками роторов лудят и заливают баббитом.

При заливке вкладышей баббитом выполняются следующие операции: удаление (выплавление) из вкладыша старого баббита, обезжиривание, травление, облуживание, плавление нового баббита, перезаливка антифрикционного слоя подшипника, определение качества заливки, шабрение, последующая механическая обработка. При локальном местном ремонте, возможна наплавка баббитового слоя.

Выплавление старого баббита можно производить нагревом на пламени паяльной лампы, в печах или погружением подшипника, если позволяет его размер, в расплавленный баббит.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска заданной продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определённому типу производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств нет.

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

Единичное и мелкосерийное производство отличается большой и неустойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. В производственном процессе применяют универсальное оборудование «переналаживаемую оснастку». Отсутствует закрепление деталей за конкретным оборудованием. В основном для перемещения заготовок используется общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участках. Применяют универсальное оборудование. Характерно применение простой и комбинированной оснастки. Используют общецеховой и напольный транспорт.

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участках, механизированных переменноточных линиях. Применяют

специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт.

Массовое производство отличается весьма устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, включающей один (редко два или три) тип изделия в большом количестве. Изделия производят с постоянным ритмом потока на комплексно-механизированных и автоматических поточных линиях с применением специализированного межоперационного транспорта.

На основании вышеизложенных характеристик, учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N = 1100$ штук, а масса изделия равна 675 кг, относим проектируемое производство к типу серийного.

3.2 Техническое нормирование операций

Цель технического нормирования – установление для конкретных организационно – технических условий затрат времени, необходимого для выполнения заданной работы. Техническое нормирование является основой правильной организации труда и заработной платы, а технические нормы времени - главным критерием при расчете потребного количества и загрузки оборудования и определения числа рабочих. Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

3.3 Технологический процесс литейного метода

Прочность сцепления баббита с корпусом вкладыша зависит в основном от качества подготовки его поверхности. Поверхность под заливку должна быть

совершенно чистой и не должна иметь каких либо следов окисления или следов масла. Перед наплавкой поверхность подвергается специальной обработке. С этой целью какие либо окисления удаляются травлением в 10 - 15% - ном растворе серной или соляной кислоты в течение 10 мин с последующей промывкой в горячей воде. Обезжиривание поверхности производится погружением вкладыша на 10 - 15 мин в 10 %-ный раствор едкого натра или кальцинированной соды с температурой 80 - 90°C. Затем вкладыш промывается горячей чистой водой. Лужение поверхности, подлежащей заливке, производится припоем ПОС-40.

Поверхность под заливку покрывают флюсом, натирают палочкой припоя ПОС-40, посыпают нашатырем и протирают чистой салфеткой до получения равномерной блестящей поверхности. Для предохранения полуды от окисления рекомендуется луженую поверхность смочить водным раствором нашатыря. Остывший после лужения подшипник подготавливают к заливке баббитом. В отверстия для подвода масла устанавливаются стальные заглушки, которые должны иметь небольшую конусность, что позволяет плотно установить их в отверстия и облегчает удаление их после заливки. Применение данных заглушек обеспечивает точное совпадение отверстий в новом баббитовом слое с маслоподводящими отверстиями корпуса подшипника. Внутренний масляный канал должен плотно заполняться асбестовым порошком. Зона заливки ограничивается стальными кольцами. Прокладки, изготовленные из листовой стали толщиной 1 - 1,5 мм устанавливаются в разъемы вкладыша. Все неплотности заполняются огнеупорной замазкой или асбестом. Вкладыш, подготовленный к ремонту необходимо просушить до полного удаления влаги, только после этого можно приступить к расплавлению баббита для заливки. Расплавление баббита производится в глубоком тигле. Тигель предварительно нагревается до температуры 400 - 450 °С, затем в него загружается баббит кусками массой 1 - 2 кг. После полного расплавления баббита, его поверхность следует покрыть слоем измельченного и просеянного древесного угля. Затем температура баббита доводится до 400 - 420 °С.

Перегрев баббита свыше 430 °С категорически недопустим, так как это вызывает интенсивное окисление и выгорание сурьмы, поэтому так же не следует долго держать баббит в расплавленном состоянии.

Корпус подшипника перед заливкой баббита подогревают до 300 °С и располагают в непосредственной близости от тигля. Заливка расплавленного баббита производится непрерывной короткой струей. Скорость заливки к концу операции должна уменьшаться для восполнения усадки. После затвердения поверхность баббита должна иметь однородный по всей площади цвет.

В случае обнаружения при осмотре отслоений баббита, рыхлости структуры и сквозных пор наплавленного слоя, дефектные участки должны удаляться местной вырубкой, поверхность залуживается и вновь подвергается наплавке [13].

Таблица 6 – Нормы штучного времени существующего технологического процесса ремонта вкладыша подшипника скольжения для литейного способа восстановления [13].

№ опер.	Техпроцесс литейного восстановления	
	Наименование операции	T _{шт} , мин.
1	2	3
010	Удаление из вкладыша старого баббита	22,2
015	Подготовка вкладыша к лужению	42
020	Лужение вкладыша	18
025	Плавка баббита	26,5
030	Сборка вкладыша под заливку	19
035	Заливка вкладыша	92,2
040	Контроль заливки	11,8
045	Исправление дефектов заливки	35
Итого:		266,7

3.4 Технологический процесс ремонта вкладыша подшипника скольжения, способом плазменно-порошковой наплавки

При подготовке подшипника к нанесению антифрикционного слоя методом плазменно-порошковой наплавки требуются те же операции, что и при литейном способе. Для данных операций расчет технической нормы времени не требуется.

Техническая норма времени на ручное наплавление материалов.

$$t_{шт} = 1,08 * \left(7,2 * \frac{Fhy}{10^3 g K_H} + t_{оп2} + t_{оп3} + t_{в2} \right) + \frac{5}{Z},$$

где, 1,08 – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личные надобности рабочего;

g – производительность плазмотрона, кг/ч;

F — площадь наплавляемой поверхности, см²;

γ — плотность наплавленного металла, г/см³;

h — толщина наплавленного слоя, см;

K_H – коэффициент напыления (таблица 7)

$t_{оп2}$ – оперативное время на осмотр и протирку поверхности перед наплавлением (таблица 8)

$t_{оп3}$ – оперативное время на подготовку поверхности перед покрытием (таблица 9)

$t_{в2}$ – время на установку, поворот и снятие изделия (таблица 10)

5 – подготовительно заключительный этап;

Z – число деталей в партии.

Таблица 7 - Зависимость коэффициента K_H от угла газовой струи [14]

Угол атаки	Напыляемый материал			
	Сталь	Цинк	Бронза	Сплавы Al
90°	0,78	0,72	0,65	0,82
60°	0,39	0,36	0,31	0,41

Таблица 8 - Время на подготовку поверхности перед наплавлением[14]

Площадь поверхности см ²	20-30	30-50	50-80	80-200	120-200	200-400	3000-4000
t _{оп2} , мин	0,26	0,6	0,85	1,4	2,46	3,86	8,36

Таблица 9 - Время на обезжиривание поверхности перед покрытием [14]

Площадь поверхности см ²	До 100	100-200	200-400	400-600	3000-4000
t _{оп3} , мин	0,2	1,46	2,1	3,6	9,4

Таблица 10 - Вспомогательное время (на установку, поворот и снятие изделия), мин [14]

Элемент операции	Масса изделия, кг				
	5-10	10-15	15-20	20-200	200-600
Поднести, уложить, снять и отнести деталь: -работа на столе	0,39	0,49	0,53	2,70	5,4
- работа в приспособлении уложить и закрепить	0,58	0,71	0,78	2,7	6,4
Повернуть деталь	0,19	0,24	0,26	1,6	3,6

Площадь наплавляемой поверхности рассчитывается по формуле:

$$F = 2\pi RL.$$

Радиус расточки под шейку вала: $R_{\text{внут}} = 140$ мм;

Ширина расточки: $L = 240$ мм;

$$F = 2 * 3,14 * 140 * 240 = 0,2112 \text{ м}^2$$

Подставив значения в формулу, где:

Количество присадочного материала: $g = 3,6$ кг/ч;

Плотность покрытия: $\gamma = 7,38$ г/см³;

Высота наплавки: $h = 0,7$ см;

Время на подготовку: $t_{\text{оп2}} = 2,46$ мин;

$$t_{\text{оп3}} = 2,1 \text{ мин};$$

$$t_{\text{в2}} = 10 \text{ мин};$$

Количество изделий в партии: $Z = 1$ шт;

Получим расчетное время для наплавки:

$$t_{\text{шт}} = 1,08 * \left(7,2 * \frac{2112 * 7 * 0,738}{10^3 * 3,6 * 0,72} + 2,46 + 2,1 + 10 \right) + \frac{5}{1},$$

Процесс наплавления баббитового слоя подшипника по расчету будет составлять 53,4 минут.

Данные, полученные в расчетах используем для создания технологического процесса плазменно-порошковой наплавки.

Таблица 11 – Нормы планируемого штучного времени технологического процесса ремонта вкладыша подшипника скольжения для плазменно-порошкового восстановления.

№ опер.	Планируемый техпроцесс плазменно-порошковой наплавки	
	Наименование операции	Т _{шт} , мин.
1	2	3
010	Удаление из вкладыша старого баббита	22,2
015	Подготовка вкладыша к лужению	42
020	Лужение вкладыша	18
025	Наплавление баббита	53,4
Итого:		135,6

Технологический процесс ремонта вкладыша подшипника скольжения способом плазменно-порошковой наплавки приведен в приложении А.

4 Результаты проведенного исследования

4.1 Технологический процесс восстановления традиционным литейным способом

Традиционный литейный ремонт подшипников перезаливкой баббитом не является простым делом. Разные баббиты имеют разные свойства. Каждый из них требует точного соблюдения режимов плавки и заливки. Только строгое соблюдение всех технологических требований дает возможность получить подшипники скольжения более высокого качества.

Удаляют изношенную баббитовую заливку путем нагрева корпуса подшипника в горне (на противне), лампой или газовой горелкой с тыльной стороны вкладыша до 240 - 260 °С, что соответствует началу его размягчения.

При ударе по вкладышу баббит легко отстает от основы [15].

Заливку турбинных подшипников, по нормативам данного производства, требуется производить только баббитом Б-83, не допуская его смешивания со старым выплавленным или с каким-либо другим сортом баббита.

При возможной неудачной заливке может наблюдаться отставание баббитового слоя от тела вкладыша, неравномерное распределение в структуре заливки твердых и мягких структурных составляющих, появление в баббите трещин и раковин. Данные нарушения технологии недопустимы в производстве подшипников турбин, что может привести к серьёзным авариям во время их эксплуатации [16].

4.2 Технологический процесс ремонта вкладыша подшипника скольжения способом плазменно-порошковой наплавки.

При плазменном наплавлении, технологические операции, касающиеся подготовки деталей аналогичны традиционному литейному методу и выполняются на похожем оборудовании. Перед началом наплавления деталь подогревают до температуры 50-100°C. В процессе наплавки необходимо следить, чтобы поверхность наплавливаемой детали не перегревалась. После нанесения покрытий так же производится их последующая механическая обработка на металлообрабатывающих станках. Именно подготовке поверхности детали к наплавлению придается первостепенное значение, поскольку от ее качества в значительной мере зависит прочность сцепления наносимого материала с поверхностью детали. Участки, не требующие наплавки, прилегающие к поверхности, подлежащей наплавке, защищают специальным экраном.

Порошковые питатели в зависимости от применяемого оборудования, а так же свойств и размеров частиц могут осуществлять подачу присадочного

материала непосредственно в плазменную струю на выходе из плазмотрона, под углом к соплу плазмотрона, навстречу потоку ионизированного газа, внутрь сопла плазмотрона в заанодную зону или в доанодную зону плазменной дуги [17].

4.3 Контроль технологических операций

Плотность соединения баббитовой заливки с телом вкладыша проверяется путем обстукивания баббитовой заливки свинцовым молотком или киянкой, при этом должен быть слышен чистый металлический звук без какого-либо дребезжания (дребезжание указывает на отставание баббитовой заливки от тела вкладыша). Какие либо механические повреждения, трещины или раковины в корпусе подшипника и маслоподающих каналах не допускаются. Плоскости разъемов маслозащитных устройств должны строго совпадать с плоскостью разъема корпуса подшипника. В настоящее время наряду с перечисленными методами для контроля качества адгезии баббитового слоя с основным металлом вкладыша применяется ультразвуковой контроль [18].

В заключение, основываясь на приведенных выше статьях можно выделить основные преимущества термического порошкового наплавления перед традиционными литейными методами.

-покрытие возможно нанести на изделие, изготовленное практически из любого материала.

-используя одно и то же оборудование, есть возможность наплавлять различные материалы.

-при наплавлении отсутствуют ограничения по размеру обрабатываемой поверхности.

-простота в использовании и простота конструкции оборудования наплавления, малые габариты и простота перемещения.

-высокая производительность, малая трудоемкость процесса и простота технологических операций.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Актуальность данной работы заключается в снижении затрат на основные материалы, а так же снижение трудоемкости при производстве наплавки антифрикционного слоя подшипников скольжения,

Целью данного раздела ВКР является экономический расчет на приобретение нового оборудования, расходных материалов, расчет заработной платы рабочих и расчет эффективности проекта на годовой выпуск продукции, который составляет 1100 штук.

5.1. Расчет основных элементов производства.

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты.

5.1.1. Определение количества необходимого оборудования

$$n_p = T_r / \Phi_d,$$

где, T_r —время, необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.;

Φ_d — действительный фонд рабочего времени, ч.;

Время необходимое для выполнения годовой программы продукции определяется по формуле:

$$T_r = N \cdot T,$$

где, N — годовая программа выпуска продукции, шт.;
 T — длительность одной операции, мин.

Расчет операции 010.

$$T_r = 1100 \cdot (22,2/60) = 407 \text{ час.}$$

Φ_H — номинальный фонд рабочего времени при двухсменной работе равен 3952 часов, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 5\% = 3952 - 5\% = 3754 \text{ ч.,}$$

$$n_p = \frac{407}{3754} = 0,11,$$

Округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p = 1$.

5.1.2 Определение коэффициента загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n'_p} = \frac{0,11}{1} = 0,11.$$

Так как операции 015-020 и 045 при литейном способе выполняются на одном рабочем месте, их расчет произведем одновременно.

$$T_r = 1100 \cdot \frac{42+18+35}{60} = 1742 \text{ ч.,}$$

$$n_p = \frac{1742}{3754} = 0,46,$$

Округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p = 1$.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n'_p} = \frac{0,46}{1} = 0,46.$$

Так как операции 025-040 при литейном способе выполняются на одном рабочем месте, их расчет произведем одновременно.

$$T_r = 1100 \frac{26,5+19+92,2+11,8}{60} = 2741 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{2741}{3754} = 0,73,$$

Округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p = 1$.

Аналогично производим расчет времени, необходимого для выполнения годовой программы продукции для процесса плазменно-порошковой наплавки:

$$T_r = 979 \text{ ч. } n_p = 0,26$$

Найдем коэффициент загрузки оборудования для литейного процесса:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p'} = \frac{0,73}{1} = 0,73.$$

Для процесса плазменно-порошковой наплавки: $K_3 = 0,26$

Определение состава и численности рабочих.

Определим общее время необходимое для выполнения годовой программы продукции по литейному процессу, ч.

$$\Sigma T_r = 407 + 1742 + 2741 = 4889 \text{ ч.}$$

По плазменно-порошковому: $\Sigma T_r = 407 + 1742 + 979 = 3128 \text{ ч.}$

Φ_H — номинальный фонд рабочего времени равен 1976 часов, найдем действительный, отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 12\% = 1976 - 12\% = 1739 \text{ ч.},$$

5.1.3 Определение состава и численности основных и вспомогательных рабочих

Определим количество рабочих явочных для литейного процесса:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_{\text{Р}}}{\Phi_{\text{ч}}} = \frac{4889}{1976} = 2,47.$$

Примем число работников равным $P_{\text{яв}} = 3$. В первую смену будет работать 2 человека, а во вторую смену - 1 человек.

Определим соответственно количество рабочих для плазменно-порошкового процесса:

$$P_{\text{яв}} = 1,58$$

Примем число работников равным $P_{\text{яв}} = 2$ (работа в одну смену).

Определим количество рабочих списочных для литейного процесса:

$$P_{\text{СП}} = \frac{T_{\text{Р}}}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{4889}{1739} = 2,81.$$

Примем число рабочих равным $P_{\text{СП}} = 3$.

Для плазменно-порошкового процесса: $P_{\text{СП}} = 1,79$

Примем число рабочих: $P_{\text{СП}} = 2$.

Вспомогательных рабочих (30% от количества основных рабочих) - 1;

ИТР (8% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 1;

Счетно-конторская служба (3% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 1;

МОП (2% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 1;

Контроль качества продукции (1% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 1.

5.1.4 Расчет затрат на основные материалы

Расход баббита для данного подшипника при литейном способе заливки с учетом минимального припуска на механическую обработку равен:

В объемном отношении: $V_{\text{зал}} = V_{\text{внут}} - V_{\text{внеш}}$;

$$15,6\text{л} - 13,7\text{л} = 1,9\text{л} ;$$

Что в переводе на массу баббита: $7,38 \cdot 1,9 = 14,02$ кг.

При средней рыночной стоимости баббита 1371,6 руб./кг [21].

Себестоимость материала на одно изделие составит:

$$1371,6 \cdot 14,02 = 19229,83 \text{ руб.}$$

Расход баббитового порошка для наплавки этого же подшипника, при рекомендуемой подаче порошка 100 г/мин, согласно техпроцессу 53,4 мин :

$$53,4 \text{ мин} \cdot 100\text{г} = 5,34\text{кг}$$

При средней рыночной стоимости порошка баббита 1808,6 руб./кг [21]

Себестоимость материала на одно изделие составит:

$$1808,6 \cdot 5,34 = 9657,92 \text{ руб.}$$

При годовой программе выпуска продукции 1100 шт.

Себестоимость материала при литейном способе за год составит:

$$1100 \cdot 19229,83 = 21152813 \text{ руб.}$$

Себестоимость материала при способе плазменно-порошковой наплавки за год составит:

$$1100 \cdot 9657,92 = 10623712 \text{ руб.}$$

Экономическая выгода за год от использования порошка баббита вместо баббита в чушках:

$$21152813 - 10623712 = 10529101 \text{ руб.}$$

5.1.5 Расчет основного и вспомогательного оборудования

5.1.5.1 Основное оборудование

Для планируемого введения на существующем участке нового технологического процесса требуется приобретение основного оборудования.

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для обработки данного изделия. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить следующие параметры:

- техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии.
- наибольшая надежность и простота обслуживания.
- наибольший КПД и низкое потребление электроэнергии при эксплуатации.
- наименьшие габаритные размеры оборудования и масса.
- наименьшая сумма капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования.
- минимальный срок окупаемости.

Исходя из соображений технологического, экономического и эксплуатационного характера может быть выбрано оборудование, имеющее следующие характеристики:

- ток, подаваемый на плазмотрон, может плавно регулироваться потенциометром.
- возможность непрерывной настройки подаваемого объема воздуха, поступающего на сопло плазмотрона, позволяет управлять объемом и структурой покрытия.
- специально спроектированная система подачи порошка обеспечивает оптимальную подачу материала для наплавки.
- в качестве защиты оборудования и оператора используются автоматические

выключатели, останавливающие подачу напряжения и сжатого воздуха.

-для выпрямителя используется принудительное воздушное охлаждение при помощи вентиляторов.

-установленный дисплей позволяют быстро получить информацию о текущем рабочем состоянии оборудования.

-установка оборудована двумя колесами с фиксацией и двумя поворотными колесами, что обеспечивает удобство обращения и мобильность устройства.

-элементы, используемые для соединения (такие как силовые кабели, рукава для подачи воздуха, управляющие кабели) имеют быстросъемные коннекторы, что облегчает быстрое техническое обслуживание системы. Соответственно объемам планируемого производства рекомендуется к приобретению комплект оборудования для плазменно-порошковой наплавки EU TRONIC[19].

Таблица 12-Характеристики источника питания EU Tronic GAP 3002 AC/DC

Параметр	Характеристика
Ток пилотной дуги:	5-60 А(30 А 100% рабочий цикл)
Ток сварки AC (DC):	6-400 А (6-280 А)
Максимальный ток сварки DC (AC)	250 А, 100% рабочий цикл
	320 А, 60% рабочий цикл
	350 А, 50% рабочий цикл
Регулирование газа плазмы:	Электроклапан: 0,1 – 5 л/мин
Давление входа:	2,5 Бар
Регулирование транспортирующего газа:	Ручной расходомер 0,5 – 4,2 л/мин
Давление входа:	2,5 бар
Габариты (ДхШхВ):	815х445х635 мм
Вес:	85 кг.

Таблица 13 - Характеристики горелки GАР E 52

Параметр	Характеристика
Конструкция	Вертикальная
Максимальная сила тока	(100% рабочий цикл) 150 А
Расход порошка	3-140 г/мин
Охлаждение	Жидкость
Вес с пакетом шлангов	3,7 кг (4 м)
Габариты (ДхШхВ)	87х45х77 мм

Таблица 14 - Параметры порошкового питателя EP2

Параметр	Характеристика
Транспортирующий газ	Ar
Расход транспортирующего газа	0-4 л/мин
Емкость для порошка,	объём 2л
Вес	7,5 кг
Габариты (ДхШхВ)	200х170х470 мм

Стоимость комплекта данного оборудования: 2329600 руб.

5.1.5.2 Вспомогательное оборудование

Механизация и автоматизация производственного процесса восстановления металлических изделий представляют собой одну из основных задач современного производства. Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса является

комплексная механизация и автоматизация производственных процессов.

Специфическая особенность данного производства – резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно, наплавочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25 – 30% общего объема ремонтных работ, остальные 70 – 75% приходятся на подготовку, токарную и фрезерную обработку, транспортные и различные вспомогательные работы, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью, так называемого механического вспомогательного оборудования. Следовательно, если оценивать роль механического оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации ремонта наплавкой, то их можно охарактеризовать числом 70 – 75% всего комплекса цехового оборудования.

Ремонтные операции при восстановлении подшипников имеют целью обеспечение исходных геометрических и механических параметров детали.

Специальное сборочное приспособление позволяет улучшить качество наплавляемой поверхности, значительно сокращает вспомогательное время, особенно если требуется зафиксировать изделие в определенном положении в пространстве. При таком виде производства широкое применение получили сварочные кантователи и вращатели, предназначенные для поворота детали вокруг горизонтальной оси и её установки в удобное для сварщика положение.

Основными требованиями к сварочным и наплавочным приспособлениям являются:

- свободный доступ к детали;
- обеспечение рациональной последовательности сборки;
- обеспечение минимального числа кантовок изделия;
- безопасность в работе;
- прочность и жесткость приспособления [22].

Для равномерного нанесения покрытия на радиальные поверхности требуется постоянное стабильное позиционирование наплавочного устройства относительно этой поверхности, следовательно детали нужно сообщать

вращение. С такой задачей может справиться сварочный позиционер. Дополнительным преимуществом которого является регулируемый наклон относительно горизонтальной оси. Для планируемого введения нового технологического процесса требуется приобретение дополнительного вспомогательного оборудования:

Двухосевой универсальный сварочный позиционер ИРС-2М-О-1-011.

Технические характеристики оборудования указаны в таблице 15.

Таблица 15 - Технические характеристики ИРС-2М-О-1-011 [20].

Параметр	Характеристика
1	2
Грузоподъемность, кг	1000
Максимальный крутящий момент Нм	2000
Скорость поворота, об/мин	До 1,2
Скорость наклона, об/мин	0,35
Диаметр стола, мм	900
Макс. вылет ЦТ, мм	300
Макс. эксц-тет, мм	200
Количество Т-пазов и их ширина, мм	4x20
Угол наклона, °	0-135
Высота, мм	900
Стоимость	282000руб.

5.1.6 Определение капитальных вложений в оборудование

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле:

$$K_{CO} = \sum_{i=1}^n C_{oi} * O_i \quad K_{CO} = \sum_{i=1}^n C_{oi} * O_i$$

где: C_{oi} - оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортных и заготовительных расходов, руб.;

O_i - количество оборудования i -го типоразмера, ед.;

Определим затраты на транспортировку и наладку используя коэффициент 10% от стоимости оборудования $K_{зтн}$.

Таблица 16 - Капитальные вложения.

Наименование оборудования	Количество оборудования, шт	Цена на единицу оборудования, руб	Затраты на транспортировку и наладку, руб
1	2	3	4
Комплект оборудования для плазменно-порошковой наплавки EU Tronic	1	2329600	232960
Двухосевой сварочный позиционер ИРС-2М-О-1-011	1	282000	28200
Итого капитальных затрат:			2872760 руб

5.1.7 Определение затрат на заработную плату

Зарботную плату основных производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = (ТС * \sum T_{ш}) * K_{д} * K_{пр} * K_{рай} [1 + (a)/100]$$

где: ТС - тарифная ставка на 01.01.2019 год, руб., для рабочего 3го разряда составляет:

$$ТС = 524 \text{ руб. за изделие;}$$

$K_{д}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$$K_{д}=1,15;$$

$K_{пр}$ - коэффициент, учитывающий процент премии, $K_{пр}=1,5$;

$K_{рай}$ - районный коэффициент, $K_{рай}=1,3$;

a - страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая, $a=31\%$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих по данному технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = (524 \cdot 1,04) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (31/100) = 378,84 \text{ руб./изд.}$$

На участке работает 2 человека, соответственно общая зарплата за одно изделие будет равна 757,68 руб./изд.

5.1.8 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии находим по формуле:

$$W_{мэ} = \sum \frac{U_{ci} * I_{ci} * t_{ci}}{\eta_u} + P_x * \left(\frac{T_0}{K_u} - T_0 \right)$$

где U_c и I_c - электрические параметры режима напыления;

T_0 - основное время напыления;

η_u - КПД оборудования, для предлагаемого технологического процесса:

$$\eta_u = 0,75;$$

P_{xx} - мощность холостого хода источника, $P_{xx} = 400$ Вт;

K_u - коэффициент, учитывающий простой оборудования, $K_u = 0,54$;

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле:

$$C_{э.с.} = W_{тэ} \cdot C_{э},$$

где $C_{э}$ - стоимость электроэнергии по данным АО «Новосибирскэнергосбыт»,

$$C_{э} = 2,68 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию по предлагаемому технологическому процессу: $C_{э.с} = 201,4$ руб.

5.1.9 Затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию оборудования определяются по формуле:

$$A_i = (K_{пер} \cdot N_a) / 100$$

где A_i – сумма амортизации для оборудования за i -й год, руб;

$K_{пер}$ – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

N_a - норма амортизационных отчислений по линейному методу в зависимости от времени эксплуатации, %;

Норма амортизации пятой группы оборудования в процентах, линейный метод, при $N_a = 0,83$

$$A_i = (2329600 \cdot 0,83) / 100 = 19335,68 \text{ руб./год}$$

Норма амортизации третьей группы оборудования в процентах, линейный метод, при $N_a = 1,67$

$$A_i = (282000 \cdot 1,67) / 100 = 4709,4 \text{ руб./год}$$

5.1.10 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле:

$$C_{\Pi} = \frac{S \cdot \mu_{oi} \cdot \Pi_{ср.зд}}{N_{Г}}$$

где S – площадь термического участка, м² S = 74 м² - для предлагаемого варианта;

$\Pi_{ср.зд}$ - среднегодовые расходы на содержание 1 м² рабочей площади, руб./год.м², $C_{ср.зд} = 350$ руб./год /м².

Затраты на содержание здания по базовому технологическому процессу

$$C_{\Pi} = (74 \cdot 1 \cdot 350) / 1100 = 23,54 \text{ руб/ед}$$

Существующий участок не будет подвергаться изменениям, поэтому расчет на проектирование участка не требуется.

5.1.11 Расчет технико-экономических затрат и себестоимости

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = N_{Г} \cdot (C_{\text{общ.об.}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_{\Pi})$$

где, $N_{Г}$ – годовой выпуск продукции, шт.

$C_{\text{общ.об}}$ - затраты на основной материал и вспомогательный, руб;

$C_{\text{зп.сд}}$ -затраты на заработную плату основных рабочих, руб;

$C_{\text{э.с}}$ - затраты на силовую электроэнергию, руб;

C_{Π} - затраты на содержание помещения, руб.

$$C_{\text{ппн}} = 1100 \cdot (9657,92 + 757,68 + 201,4 + 23,54) = 11704594 \text{ руб/год.}$$

$$C_{\text{лит}} = 1100 \cdot (19229,83 + 757,68 + 378,84 + 201,4 + 23,54) = 22650419 \text{ руб/год.}$$

$$Зп = 1100 \cdot 757,68 = 833448 \text{ руб. за годовую норму двух рабочих.}$$

$$Зп = 1100 \cdot 1136,52 = 1250172 \text{ руб. за годовую норму трёх рабочих.}$$

Заключение

В данном разделе была определена заработная плата рабочих, рассчитаны капитальные вложения, затраты на амортизацию оборудования и содержание помещения.

По итогам расчетов годовая себестоимость продукции составит: 11704594,00 рублей.

Для сравнения, при литейном методе: 22650419 руб.

Затраты на приобретение оборудования для введения проектируемого процесса составят: 2872760 рублей.

6 Социальная ответственность

6.1 Описание рабочего места

В данном разделе ВКР бакалавра рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на термическом участке производственно ремонтного цеха промышленного предприятия АО «СибЭР», в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды. Основной целью данного раздела является создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

В связи с тем, что дипломная работа предусматривает разработку нормативной и технической документации, вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции разработчика комплекта документов. Производственная среда и организация рабочего места должны соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности. На участке производится термическая обработка деталей, перезаливка вкладышей подшипников, осуществляются слесарные операции.

При производстве работ на существующем участке будет использоваться оборудование для плазменно-порошковой наплавки, вращатель сварочный. Перемещение изделия будет производиться краном мостовым, управляемым с пола, грузоподъемностью 1 т.

Все работы производятся на участке с площадью $S = 74\text{м}^2$.

6.2 Техногенная безопасность

Администрация предприятий (учреждений) обязана обеспечивать надлежащее техническое оборудование всех рабочих мест и создавать на них условия работы, соответствующие правилам охраны труда (правилам по технике безопасности, санитарным нормам и правилам и др.).

Технологический процесс наплавки вкладыша подшипника характеризуется наличием вредных производственных факторов характерных для машиностроительных предприятий.

На участке, где находится оборудование, могут присутствовать следующие вредные факторы:

- Поражение электрическим током;
- Выделение аэрозолей;
- Термическое воздействие;
- Вращающиеся части станков;
- Слабое и ненадежное крепление инструмента;

Все выше описанные опасные и вредные факторы представляют существенную опасность для рабочего персонала участка, а следовательно возникает потребность в проведении мероприятий снижающих или исключаяющих влияние этих факторов на здоровье производственного персонала. Данные мероприятия должны быть согласованы с санитарно-гигиеническими и другими нормами охраны труда[23].

6.3 Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное

описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью рабочего, травм на производстве. Инструкции при производстве работ считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими.

Такие документы разрабатываются на базе:

- закона о труде РФ;
- «Стандартов Безопасности Труда»;
- пунктов ЕСТД («Единой системы технической документации»);
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по охране труда;
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Законодательство Российской Федерации об охране труда обеспечивает единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет

Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К основным нормативным документам относятся:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.
2. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.
3. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие 81 требования. М.: Изд. стандартов, 1990.
4. ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.
5. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.
6. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.
8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические

требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

6.4 Анализ выявленных опасных факторов производства при разработке и эксплуатации проектируемого

6.4.1 Поражение электрическим током

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции.

Согласно ПУЭ производственное помещение участка относится к категории помещений повышенной опасности, т.к. в данном помещении присутствуют такие факторы, как токопроводящий пол, так как он железобетонный, и токопроводящая пыль.

Проблема токопроводящих полов решается оборудованием рабочих мест деревянными настилами. А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

Мероприятия по защите от поражения электрическим током:

- Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением путем надежной изоляции;
- Применение специальных электрозащитных средств;
- Безопасная эксплуатация электроустановок.
- Вывешивание плакатов и знаков и т.д.;

Устранение опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования достигается применением малых напряжений, использованием двойной

изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением и др.;

В данном случае производство наплавки осуществляется вращателем на базе токарного станка с применением металлизатора. И соответственно все вышеперечисленные требования меры защиты от поражений электрическим током должны применяться на каждом рабочем месте [24].

6.4.2 Вращающиеся части станков

При работе на вращателе, используемом в данном технологическом процессе, возможен захват элементов одежды вращающимися частями станка. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.

Мероприятия по устранению травматизма, вызванного вращающимися частями станков: проведение периодического инструктажа, направленного на соблюдение техники безопасности на рабочих местах.

6.4.3 Слабое и ненадежное крепление инструмента

Слабое и ненадежное крепление детали на станке может явиться причиной травм рук (ушибов и переломов) рабочего за станком.

Мероприятия по устранению травматизма, вызванного слабым и ненадежным креплением детали: проведение периодического инструктажа, направленного на соблюдение техники безопасности на рабочих местах, использование защитных экранов.

6.5 Анализ вредных факторов при плазменно-порошковой наплавке и мероприятия по их устранению

Производственная санитария - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на рабочих вредных производственных факторов.

Согласно ГОСТ 120003-74. ССБТ все вредные опасные факторы, воздействующие при эксплуатации оборудования, можно классифицировать следующим образом:

санитарно-гигиенически: нерациональное освещение, содержание вредных и отравляющих веществ в воздухе;

организационно - технические: неправильная организация труда и рабочего места (загроможденность проходов помещения, отсутствие необходимых для работы инструментов и приспособлений, присутствие ненужных и неиспользуемых), недостаточное усвоение работником правил техники безопасности.

Изучение причин производственного травматизма даёт возможность разработать меры по их предотвращению. Важной организационной мерой является установление научно обоснованных норм по гигиене труда.

(ГОСТ 120005-74 устанавливает оптимальные и допустимые условия в зависимости от времени года, категории работ, классификации помещения).

6.6 Производственное освещение

При работе на участке недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей

утомляемости рабочего.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности: Освещенность рабочего места должна быть согласно СНиП 23-05-95 в пределах 150 - 300 лк. Обеспечить это требование естественным освещением практически невозможно, поэтому должно применяться комбинированное освещение. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

6.7 Расчет искусственного освещения

Недостаточная освещенность рабочей зоны и производственных помещений. Система освещения в цехе должна включать в себя общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 200 лк согласно СНиП II - 4-95.

В данном случае, освещенность участка, комбинированная - сочетание общего освещения с местным источником света над рабочим местом. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется так же и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет, не должны производить слепящего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение. Физиологами установлено, что при естественном освещении производительность труда рабочих на 10% выше чем при искусственном. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на рабочего и способствует повышению производительности его труда [25].

6.8 Повышенный уровень шума

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создаёт предпосылки для хронических, профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение ритма сердца и артериального давления.

Производственное оборудование и инструменты, создающие в процессе эксплуатации шум, необходимо конструировать в соответствии с требованиями стандарта и снабжать паспортом с указанием спектра излучаемой звуковой мощности, определяемой по ГОСТ 12. 1. 003 - 83 ССБТ.

Мероприятия по устранению повышенного уровня шума:

- правильная организация труда и отдыха;
- ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;
- облицовка помещений звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
- применение индивидуальных средств защиты органов слуха - наушников, берушей, шлемов (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

Основные источники шума на проектируемом участке: технологическое оборудование, металлатор, вращатель.

Максимальная шумовая характеристика станков от 85 до 90 дБ А в соответствии с ГОСТ12.1.003-76. Индекс изоляции шума ограждением составляет 60 дБА. Уровень шума около наружной стены здания составляет 30 дБА. Следовательно расчет снижения уровня шума на расстоянии проводить нецелесообразно.

6.9 Некомфортабельные условия

В помещении, где проводятся работы в силу различных причин, может появиться такой фактор, как отклонение температуры и влажности от нормы, что создает дискомфортные условия для работы человека.

Параметры микроклимата в производственном помещении в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливаются в следующих пределах:

Температура воздуха $+19 - 25^{\circ}\text{C}$,

Относительная влажность - не более 70%,

Движение воздуха - не более 0,2 м/с.

Мероприятия по устранению некомфортабельных условий: Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в холодный и переходный период должны соответствовать нормам, указанным в ГОСТ 12.1.005 - 76, И должны поддерживаться источниками отопления и вентиляции. В доступных местах цеха должны находиться аптечки, укомплектованные необходимыми медицинскими средствами для оказания первой помощи пострадавшему. Должна быть также оборудована система пожарного оповещения, специальные места со средствами пожаротушения.

6.10 Региональная безопасность

Проблема охраны окружающей среды очень важна, так как при производственном процессе происходит выброс вредных веществ в атмосферный воздух. Для предприятий разработаны и утверждены нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу.

Основными загрязняющими веществами, выделяемыми предприятием в атмосферный воздух, является насыщение воздуха парами распыляемых веществ: металлов и сплавов на основе свинца.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха является металлургический завод.

Вредные вещества должны удаляться:

- местными дымоотсосами,
- крышными вентиляторами.

При производстве изделий на участке образуются производственные отходы. В утилизируемые отходы входят: металлическая стружка и кусковые отходы, отходы оболочковых форм, макулатура, отходы абразивных кругов, отработанное масло, отходы люминесцентных ламп.

К не утилизируемым относятся отходы термических солей, моющих растворов и растворителей, отходы промасленной ветоши и опилок, шлак металлоабразивный. Работа по сбору, хранению и вывозу отходов проводится по технологической инструкции «Учёт, сбор, хранение и транспортирование промышленных отходов I-IV классов токсичности [26].

6.11 Защита атмосферы

Наиболее эффективным направлением уменьшения загрязнения атмосферы является создание безотходных технологических процессов, предусматривающих внедрение замкнутых газообразных потоков.

Однако до настоящего времени основным средством предотвращения вредных выбросов остается разработка и внедрение эффективных систем очистки газов. При этом под очисткой понимают отделение от газов или превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего

от промышленного источника. Для обезвреживания аэрозолей используют сухие, мокрые и электрические методы. В основе работы сухих аппаратов лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. Дополнительно применяется механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.

Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов:

- защита работников от источников тепловых излучений;
- устройство и оборудование вентиляции и отопления;
- применение средств воздухоочистки.

Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду:

- вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения;

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

6.12 Защита гидросферы

Воду, которая используется в промышленности, можно подразделить на охлаждающую, технологическую и энергетическую. Технологическую воду подразделяют на средообразующую, промывающую и реакционную, технологическая вода непосредственно контактирует с продуктами и изделиями. Энергетическая вода потребляется для получения пара и нагревания оборудования, помещений, продуктов и т.п.

Наиболее перспективный путь уменьшения потребления свежей воды и уменьшения сброса сточных вод - это создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения. При оборотном водоснабжении следует предусмотреть необходимую очистку сточной воды, охлаждение оборотной воды, обработку и повторное использование сточной воды. Под замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия понимается система, в которой вода используется в производстве многократно без очистки или после соответствующей обработки, исключающей образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоем.

Необходимость создания замкнутой системы производственного водоснабжения обусловлено:

- дефицитом чистой воды;
- исчерпанием способности водного объекта ассимилировать сточные воды;
- экономическими преимуществами перед очисткой сточных вод до требований, предъявляемых водоохранным контролем.

Выбор метода очистки и конструктивное оформление процесса производится с учетом следующих факторов:

- санитарные и технологические требования, предъявляемые к качеству очищенных сточных вод с учетом их дальнейшего использования;
- количество сточных вод;
- наличия у предприятия, необходимых для процесса обезвреживания энергетических и материальных ресурсов, а также необходимой площади для сооружения очистных установок;
- эффективности процесса обезвреживания.

На существующем предприятии вода используется в основном для хозяйственных нужд и в системе водяного отопления. Поэтому для её очистки можно использовать общие очистительные системы, либо применять дополнительные отстойники и фильтры.

6.13 Защита литосферы

Наиболее рациональным способом защиты литосферы от отходов производства и быта является разработка и освоение специальных технологий по сбору и переработке отходов. Рациональное решение проблем защиты литосферы от промышленных отходов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий и производств.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента повторного использования металла, которое дает не только технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду. Переработка отходов — технологическая операция или совокупность технологических операций, в результате которых из отходов производится один или несколько видов товарной продукции.

Утилизация отходов более широкое понятие, чем переработка, так как включает все виды их использования, в том числе в качестве топлива для получения тепла и энергии. Обезвреживание отходов — технологическая операция или совокупность операций, в результате которых первичное токсичное вещество или группа веществ, превращаются в нейтральные нетоксичные и неразлагающиеся соединения. Централизованная переработка отходов представляет собой совокупность операций по сбору, транспортированию и переработке отходов на специализированном производственном участке. Локальная переработка отходов представляет собой совокупность операций по переработке отходов, осуществляемых в зоне действия производственной установки, на которой образуются отходы.

В настоящее время все больше проявляется проблема осадков сточных вод, объем которых составляет около 1% от объема сточных вод. При очистке сточных вод образуется три типа осадков: минеральные, органические и

избыточный ил. Эти осадки образуются на очистных сооружениях канализации населенных мест и промышленных предприятия. Технология их обработки состоит в их предварительном уплотнении, обезвоживании, компостировании или термической обработки, обезвреживании, затем ликвидации или утилизации [26].

6.14 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Пожары на предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12. 1.004 - 91 ССБТ. Понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера:

- короткое замыкание,

- перегрузки по току,
- искрение и электрические дуги,
- статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

- сотрудники предприятия должны пройти противопожарный инструктаж;
- сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;
- пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легкодоступном месте [27].

6.15 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На участке наплавки применяется общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Такая вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В переходный и холодный периоды года при категории работ Пб – работы средней тяжести оптимальные параметры, следующие:

- температура от +17 до -19°C;
- относительная влажность 60-40 %;
- скорость движения воздуха 0,3 м/с.

В тёплый период года:

- температура +20-22°C;
- относительная влажность 60-40 %;

-скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Для поддержания необходимой оптимальной температуры в осенне-зимний период применяется центральное отопление [28].

На промышленном предприятии нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Сокращение продолжительности рабочего времени применяется для работников:

- до 16 часов в неделю - для работников в возрасте до шестнадцати лет;
- до 5 часов в неделю - для работников, являющихся инвалидами I или II группы;
- до 4 часов в неделю - для работников в возрасте от шестнадцати до восемнадцати лет;
- до 4 часов в неделю и более - для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в порядке, установленном Правительством РФ.

Продолжительность рабочего дня или смены, непосредственно предшествующих нерабочему праздничному дню, уменьшается на один час.

Работа в ночное время.

К работе в ночное время (с 22 часов до 6 часов) не допускаются; инвалиды; работники, не достигшие возраста восемнадцати лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет; работники, имеющие детей-инвалидов.

Сменная работа - работа в две, смены - вводится в тех случаях, когда длительность производственного процесса превышает допустимую продолжительность ежедневной работы, а также в целях более эффективного использования оборудования, увеличения объема выпускаемой продукции или оказываемых услуг. При сменной работе каждая группа работников должна производить работу в течение установленной на предприятии продолжительности рабочего времени. Работа в течение двух смен подряд запрещается.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции и снижения себестоимости ее изготовления разработан процесс плазменно-порошковой наплавки антифрикционного слоя подшипника скольжения.

Для введения разработанного технологического процесса потребуется приобрести комплект основного оборудования для плазменно-порошковой наплавки EU TRONIC стоимостью 2329600 рублей. Дополнительно рекомендуется приобретение вспомогательного оборудования:

Двухосевой универсальный сварочный позиционер ИРС-2М-О-1-011 стоимостью 282000 рублей.

В результате нововведений расчетное время наплавки единицы изделия составит 2 часа 15 минут вместо 4 часов 26 минут.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа наплавки, используемых материалов и оборудования, произведён расчёт себестоимости годового выпуска изделий.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгоде предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 1100 изделий.

Площадь участка – 74 м².

Коэффициент загрузки оборудования – 46 %.

Список использованных источников

1. Опорные подшипники турбины [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.:
http://www.ateffekt.ru/publ/turboustanovki/opornye_podshipniki_turbiny/5-1-0-93
2. Христолюбов А.С., Потехин Б.А., Михайлов С.Б. Демпфирующая способность баббитов, полученных различными способами // Вестник ИжГТУ. 2008. №4. С.33-35.
3. Потехин Б.А., Илюшин В.В., Христолюбов А.С. Технологические пути повышения прочности цветных сплавов с интерметаллидным упрочнением// Литьё и металлургия. 2014. №3 (63). С. 15-18
4. Потехин Б.А., Илюшин В.В., Христолюбов А.С. Влияние способов литья на структуру и свойства оловянного баббита// Металловедение и термическая обработка металлов. 2009г. №8 (650). С.16-21.
5. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Рябцев И.А. Плазменная наплавка.-К.: «Экотехнология», 2007. 292с.
6. Сухарев А.С., Зябрев А.А. Сравнительная оценка получения покрытий методами наплавки // Сварочное производство. № 8. 2015. С. 45-48.
7. Илюшин В.В. Влияние технологии получения антифрикционных сплавов на их структуру и свойства. Дис.... канд. техн. наук: 05.02.01. Екатеринбург. 2009. 180 с.
8. Особенности формирования антифрикционных покрытий на базе сплавов баббита при плазменной наплавке / Гуркин С.В. [и др.]// Сварочное производство. №3.2018 С. 34-38.
9. Характеристика материала СЧ15 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=457
10. Характеристика материала Б83 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1319

11. Характеристика материала Б83 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://inzhenier-info.ru/razdely/konstruirovaniye/opory-skolzheniya/materialy-podshipnikov-skolzheniya.html>
12. Родин В.Н. и др. Ремонт паровых турбин - файл n1.doc [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: http://nashaucheba.ru/v59741/родин_в.н._и_др._ремонт_паровых_турбин?page=6
13. Заливка баббита, изготовление подшипников [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://proizvodstvospb.ru/izgotovlenie-detaley/zalivka-babbita/>
14. Ахумов В. А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
15. СТО 70238424.29.160.20.014-2009 Турбогенераторы единой серии Т. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.
16. РУ-34-38-002-84 РД 34.45.614 Руководство по капитальному ремонту турбогенераторов ТВФ-120-2 И ТВФ-100-2
17. <http://bmstu.ru/mstu/works/science/degreecandidates/dissertants/?q=dissertation&id> Гуркин С.В. “Разработка технологии плазменно порошковой наплавки антифрикционных покрытий на базе сплавов баббита при ремонте подшипников скольжения”
18. Ремонт паровых турбин [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://uralenergomash.ru/site/assets/files/1160/molochek_v_a_remont_parovykh_turbin.pdf
19. ООО «Рикасмаркет» [Электронный ресурс] - Режим доступа к ст.: <https://рикасмаркет.com/p30757915-ustanovka-contracor.html> дата обращения – 20.05.2019
20. ЗАО «Накал» – промышленные агрегаты [Электронный ресурс] - Режим доступа к ст.: <https://www.nakal.ru/news/pech-azo-dlya-oao--umro--/> дата обращения - 21.05.2019
21. АльметиКо – цветные металлы [Электронный ресурс] - Режим

доступа к ст.: <https://almet.ru/bronza//babbitt-broc43.html> дата обращения - 22.05.2019

22. Крампит Н. Ю., Крампит А. Г., Крампит М. А. Устройства для поворота изделия. Вращатели и манипуляторы. Эл. учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства», 2012.

23. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

24. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования

25. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий.

26. ГОСТ 17.2.3.02-2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями

27. ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения (принят в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 22.1.02-97)

28. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные.