

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние давления прессования на структуру и свойства спеченных изделий из порошковой смеси системы Fe-C-Cr

УДК 621.762.5:621.777.01

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ6А	Ло Цзянкунь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ваулина О.Ю.	к.э.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов О.Н.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Т.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	к.э.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код результата	Результат обучения
P1	Осуществлять сбор, анализ и обобщение научно-технической информации в области материаловедения и технологии материалов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов
P2	Работать с патентным законодательством и авторским правом при подготовке документов к патентованию и оформлению ноу-хау
P3	Выполнять маркетинговые исследования и анализировать технологический процесс как объекта управления, разрабатывать технико-экономическое обоснование инновационных решений в профессиональной деятельности
P4	Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P5	Внедрять в производство технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов, быть готовым к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, позволяющих получать и диагностировать материалы и изделия различного назначения.
P6	Разрабатывать новые и модернизировать существующие технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов
P7	Внедрять системы управления качеством продукции в области материаловедения, эксплуатировать оборудование, позволяющее диагностировать материалы и изделия из них, в том числе наноматериалы
P8	Действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения, выбирать наиболее рациональные способы защиты и порядка в действиях малого коллектива в чрезвычайных ситуациях
P9	Общаться в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности, подготавливать и представлять презентации планов и результатов собственной и командной деятельности, формировать и отстаивать собственные суждения и научные позиции
P10	Самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научный, научно-педагогический и производственный профиль своей профессиональной деятельности
P11	Применять принципы рационального использования природных ресурсов, основные положения и методы социальные, гуманитарные и экономические подходы при решении профессиональных задач с учетом последствий для общества, экономики и экологии.
P12	Использовать основные категории и понятия общего и производственного менеджмента в профессиональной деятельности

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Отделение материаловедения

Направление подготовки: *Материаловедение и технологии материалов*

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Б.Б. Овечкин
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ6А	Ло Цзянкунь

Тема работы:

Влияние давления прессования на структуру и свойства спеченных изделий из порошковой смеси системы Fe-C-Cr	
Утверждена приказом директора ИШ НПТ	Приказ № 1490/с от 05.03.2018г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	Стальной образец, полученный методом порошковой металлургии. Предварительно порошковая композиция 20X13 спрессованна при разных давлениях. Прессование - одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 1 часа.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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,</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Аналитический обзор литературы2. Освоение методик3. Проведение и описание исследований.4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.5. Социальная ответственность.6. Заключение по работе.

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация ВКР в Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Петухов О.Н.
<i>Социальная ответственность</i>	Раденков Т.А.
<i>Приложение для раздела ВКР, выполненного на иностранном языке</i>	Петровна А Ю
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ваулина О.Ю.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ6А	Ло Цзянкунь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 с, табл 24, рис 23, источников литературы 25.

Ключевые слова: порошковая металлургия, прессование, спекание, усадка, плотность, пористость, металлографический рентгеноструктурный анализ, размер зерен и пор, микротвёрдость.

Объектом исследования являются спеченные образцы из стали 20X13, полученных из отдельных порошков при разном давлении.

Цель работы – Исследовать влияние давления прессования на структуру и свойства спеченных изделий из порошковой смеси системы Fe-C-Cr.

В работе проводили подготовку поверхности образца (шлифовкой, полировкой, травлением), металлографический и рентгеноструктурный анализ, оценку пористости, расчет размер зерна, а также была измерена усадка, плотность и микротвердость.

Основные характеристики спеченных образцов из стали 20X13, полученных из отдельных порошков при разном давлении: С увеличением давления прессования уменьшается величина пористости и размера зерна, повышается величина микротвердости спеченных образцов; ферритная структура для всех образцов.

Результаты работы доложены на Молодежной школе в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении», состоявшейся 9-11 июня 2018 г, г. Томск.

Результаты исследования будут использоваться для разработки составов фидстоков для инжекционного формования.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) размещена в электронно-библиотечной системе (ЭБС) ТПУ.

Abstract

Graduation thesis from 95 s, tabl. 24, Fig. 23, literature sources 25.

Key words: powder metallurgy, pressing, sintering, shrinkage, density, porosity, metallographic irectgenostructural analysis, grain size and pores, microhardness.

The object of the research is sintered specimen of steel 20X13 which is obtained from individual powders at different pressures.

The purpose of this work is to investigate the effect of extrusion pressure on the structure and properties of sintered products from a powder mixture of the Fe-C-Cr system.

In the work, sample surface preparation (grinding, polishing, etching), metallographic and X-ray analysis, porosity estimation, grain size calculation were made, and shrinkage, density and microhardness were measured.

The main characteristics of sintered specimen of steel 20X13 which is obtained from individual powders at different pressures: With increasing extrusion pressure, the porosity and grain size decreases, the microhardness of the sintered specimen increases; ferritic structure for all samples.

The results of the work were reported at the Youth School within the framework of the International Conference "Materials and Technologies of New Generations in Modern Materials Science", held on June 9-11, 2018 in Tomsk.

The results of the study will be used to develop feedstock formulations for injection molding.

Graduation thesis (GT) is placed in the electronic library system (ELS) of TPU.

Содержание

Введение.....	10
1 Порошковая металлургия.....	11
1.1 Этапы технологии порошковой металлургии.....	12
1.2 Преимущества порошковой металлургии.....	13
1.3 Недостатки порошковой металлургии.....	14
1.4 Получение порошков.....	14
1.5 Формование порошков (прессование).....	17
1.6 Режимы спекания порошков.....	21
1.7 Применение порошковых материалов.....	23
2.1 Материалы исследований.....	25
2.2 Методики исследований.....	25
2.2.1 Изготовление образцов.....	25
2.2.2 Подготовка поверхности образцов для металлографических исследований (шлифовка, полировка, травление).....	27
2.2.3 Металлографические исследования.....	28
2.2.4 Определение пористости образца.....	29
2.2.5 Определение фазового состава образца.....	30
2.2.6 Измерение микротвердости.....	31
3. Исследование образцов порошковой стали 20X13.....	33
3.1 Измерение образца.....	33
3.1.1 Измерение образца после прессования.....	33
3.1.2 Измерение образца после спекания.....	35
3.2 Определение пористости для образцов с разным давлением прессования ..	37
3.3 Исследование структуры образцов после спекания.....	42
3.3.1 Определение фазового состава спеченных образцов.....	42
3.3.2 Металлографический анализ образцов после спекания.....	43
3.4 Рентгенофазовый анализ спеченных образцов 20X13.....	48
3.5 Определение микротвердости.....	51
3.6 Результаты проведенного исследования.....	52

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
4.1. Планирование научно-исследовательских работ.....	57
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	59
4.2 Бюджет научно-технического исследования.....	63
4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	63
4.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	65
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	68
4.2.4 Расчет амортизационных расходов.....	68
4.2.5 Расчет затрат на электроэнергию.....	69
4.2.6 Расчет прочих расходов.....	70
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	70
4.2.8 Расчет прибыли.....	71
4.2.9 Расчет НДС.....	72
4.2.10 Цена разработки НИР.....	72
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
5. Социальная ответственность.....	77
5.1 Техногенная безопасность.....	77
5.1.1 Анализ опасных факторов производственной среды.....	77
5.1.2 Анализ вредных факторов производственной среды.....	78
5.2. Региональная безопасность.....	82
5.2.1 Защита атмосферы.....	82
5.2.2 Защита гидросферы.....	82
5.2.3 Защита литосферы.....	83
5.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	83
5.3.1 Техника безопасности при работе с нагревательными электропечами и проведении термической обработки.....	85
5.3.2 Электробезопасность.....	85
5.3.3 Одежда и средства индивидуальной защиты.....	86
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88

5.5. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	90
Заключение	91
Список литературы:	93

Введение

Порошковая металлургия представляет собой науку, охватывающая разные методы изготовления металлических порошков, разных соединений, сплавов, полуфабрикатов и всевозможных изделий из смесей порошков.

Производство компонентов с помощью порошковой металлургии имеет много потенциальных преимуществ по сравнению с их производством с использованием обычных методов. Некоторые из этих преимуществ включают:

- изготовление большинства тугоплавких металлов и их соединений, сложные сплавы, пористые материалы могут быть изготовлены только методом порошковой металлургии;

- порошковая металлургия представляет собой процесс формообразования с возможностью изготовления точных размеров;

- получение материалов с минимумом примесей, с точным химическим составом.

Недостатки и ограничения порошковой металлургии для производства деталей включают:

- высокая стоимость на производство порошков;

- инструмент и оборудование, требуемые для порошковой металлургии, очень дороги, поэтому становится основной проблемой при низкой производственной мощности;

- трудно производить крупные и сложные детали по порошковой технологии.

Порошковая металлургия является начальной ступенью для новых современных технологий, например, инжекционное формование изделий.

Данная работа посвящена исследованию спеченных образцов из стали 20X13, полученных из отдельных порошков при разном давлении.

1 Порошковая металлургия

Порошковая металлургия (ПМ) представляет собой металлообрабатывающий процесс для формирования прецизионных металлических изделий из металлических порошков. Металлический порошок сначала прессуют в форму продукта при комнатной температуре. За этим следует нагрев в печи с контролируемой атмосферой (спекание), который заставляет частицы порошка сплавляться вместе без плавления. Её имеет высокоточная формообразующая способность. Можно позволять изготавливать детали со сложными характеристиками и точными размерами, имеющий точный химический состав, часто процесс изготовления детали заканчивается без необходимости механической обработки. Стоимость производства изделия заданной формы и требуемых допусков на размеры для ПМ обычно ниже, чем стоимость литья или делает ее как кованный продукт благодаря чрезвычайно низкому количеству отходов и меньшему количеству этапов обработки. Преимущество в затратах является основной причиной выбора ПМ в качестве производственной технологии. Несмотря на то, что этот процесс существует уже более 100 лет, за последние 25 лет он широко рассматривался как превосходный способ производства высококачественных деталей для самых различных применений. Изделия, производимые ПМ, обладают достаточными физико-механическими свойствами, полностью удовлетворяя функциональным характеристикам. Производя изделия с однородной структурой, ПМ позволяет производителям производить продукты, которые являются более последовательными и предсказуемыми в своем свойстве при разном применении. Кроме того, ПМ обладает высокой степенью гибкости, позволяя адаптировать физические характеристики продукта в соответствии с вашими конкретными характеристиками и требованиями к производительности. К ним относятся:

- конструктивные изделия со сложными формами;
- управляемая пористость;
- контролируемая производительность;

- специальные свойства, такие как твердость и износостойкость;
- отличная точность и хорошая отделка поверхности;
- большая серия деталей с узкими допусками;

Уникальная гибкость ПМ позволяет изготавливать изделия из материалов, которые соответствуют вашим потребностям. Благодаря использованию специально подобранных материалов эта возможность позволяет уточнить механические свойства изделия [1, 2].

1.1 Этапы технологии порошковой металлургии

В процессе порошковой металлургии последовательно следуют следующие три этапа: смешивание, прессование и спекание.

Смешивание: Получение гомогенной смеси порошков из отдельных металлов или сплава. В зависимости от необходимости могут добавляться порошки других сплавов или смазочных/пластифицирующих материалов.

Прессование: контролируемое количество смешанного порошка вводится в прецизионную матрицу, а затем прессуется или уплотняется при давлении в диапазоне от 100 МПа до 1000 МПа. Требуемое давление прессования зависит от характеристик и формы частиц, способа смешивания и от используемого смазочного материала. Обычно это делается при комнатной температуре. При этом рыхлый порошок прессуется в форму. Как и в случае с матрицей, модель имеет размер и форму готового продукта. Прочность модели достаточно для обработки и транспортировки в процессе спекания.

Спекание. На этом этапе модель нагревается в печи с защитной атмосферой до подходящей температуры, которая ниже температуры плавления металла. Типичными атмосферами спекания являются эндотермический газ, экзотермический газ, диссоциированный аммиак, водород и азот. Температура спекания варьируется от металла к металлу; обычно они находятся в пределах от 70 до 90% от температуры плавления металла или сплава.

1.2 Преимущества порошковой металлургии

Порошковая металлургия обычно используется для компонентов на основе железа. Порошки, используемые в качестве сырья, могут быть элементарными, предварительно легированными или частично легированными. Порошки, такие как железо и медь, имеющие хорошую сжимаемость, производят прессованные изделия с высокой прочностью. Предварительно легированные порошки более твердые, но менее сжимаемые, поэтому требуют более высоких нагрузок при прессовании для получения уплотнений с высокой плотностью.

Производство компонентов с помощью порошковой металлургии имеет много потенциальных преимуществ по сравнению с их производством с использованием обычных методов, таких как обработка из заготовок. Некоторые из этих преимуществ включают:

- большинство тугоплавких металлов и их соединений, сложные сплавы, пористые материалы могут быть изготовлены только методом порошковой металлургии;

- благодаря порошковой металлургии можно прессовать в конечный точный размер с заданной пористостью (плотностью) и редко нуждаться в последующей механической обработке, поэтому можно значительно экономить металл, снизить стоимость продукта. При изготовлении изделий с помощью порошковой металлургии, потери металла составляют всего 1-5%, а при общем способе литья потери металла могут достигать 80%;

- благодаря технологии порошковой металлургии в материале компоненты не плавятся во время производства, а спекание в вакууме не боится окисления, также не дает какого-либо материального загрязнения, поэтому, вероятно, изделия получаем высокой чистоты;

- метод порошковой металлургии может гарантировать правильность соотношения компонентов и однородности;

- порошковая металлургия пригодна для производства одинаковой формы для большого количества изделий и т. д. Высокая стоимость продуктов

переработки, изготовленных методом порошковой металлургии, может значительно снизить себестоимость продукции;

-порошковая металлургия представляет собой процесс формообразования, во многих случаях отделочные операции не требуются.

Точность размеров довольно высока;

- количество операций, необходимых для производства готовой детали, часто меньше, чем другие методологии изготовления.

1.3 Недостатки порошковой металлургии

Недостатки и ограничения порошковой металлургии для производства деталей включают:

- высокая стоимость на производство порошков;

- продукция металлургии может иметь ограниченные формы и особенности;

- инструмент и оборудование, требуемые для порошковой металлургии, очень дороги, поэтому становится основной проблемой при низкой производственной мощности;

- трудно производить крупные и сложные детали из порошковой металлургом;

- этот метод приводит к потенциальным проблемам здоровья персонала из-за атмосферного загрязнения рабочего места.

1.4 Получение порошков

Порошковый материал представляет собой совокупность частиц металла или сплава с размером до 1 мм, которые находятся во взаимном контакте и не связаны друг с другом.

Сыпучие твердые вещества состоят из межчастичных пор и частиц. Также частицы порошков подразделяются на более мелкие структурные элементы. В металлических частицах всегда содержатся внутренние включения и примеси, распределенные как по поверхности[2, 3].

Частицы имеют самые разнообразные формы. Различные структуры могут подразделиться на три вида.

- 1) плоские частицы;
- 2) игольчатые или волокнистые частицы;
- 3) равноосные частицы.

Частицы отделяются друг от друга порами (межчастичных) и контактных промежутков. Поры обычно составляют 70-85% от общего объема непрессованных порошков. В дополнение к межчастичным порам между частицами порошка, в порошковой смеси также могут иметься внутрочастичные поры. Размер межчастичных пор увеличивается с увеличением размера частиц и плотности их укладки уменьшается.

Производство порошка представляет собой первую технологическую операцию порошковой металлургии. Благодаря разным способам получения порошков можно получать порошковые изделия с необходимыми физическими, механическими и другими свойствами. Существует два метода получения порошков: механические и физико-химические[3].

Физико-химические методы включают технологические процессы для производства порошков, связанные с физико-химическом превращением сырья. В результате полученный порошок имеет химический состав, который существенно отличается от химического состава исходного материала. Физико-химические методы включают восстановление оксидов твердыми восстановителями и газами, термическую диссоциацию карбонильных соединений, метод испарения и конденсации, электролиз и т. д.

Механические методы получения порошков понимаются как технологические процессы, в которых исходный металл измельчается без изменения его химического состава измельчается благодаря влиянию внешних механических сил. Чаще всего применяется мельницы различных конструкций для измельчения твердых материалов.

Механические методы включают распыление струи жидкого металла паром, водой, сжатым газом, измельчение металла путем резки, измельчения в

шаровой мельнице или в вихревой мельнице, измельчения в инерционной дробилке.

Физико-химические методы более универсальны, но в практике порошковой металлургии нет четкой границы между двумя способами получения порошка. Чаще всего технологическая схема производства порошков включает в себя отдельные операции как физико-химических, так и механических методов[4].

Путем восстановления оксидов производство металлических порошков представляет собой наиболее распространенный, высокопроизводительный и экономичный метод. Восстановление является процессом получения металлов, материалов, или их соединений путем удаления неметаллических компонентов (кислородных или солевых остатков) из исходного химического соединения.

Порошки, полученные при восстановлении, имеют низкую стоимость. Исходные материалы для получения порошков используются сырые концентраты, оксиды и отходы металлургического производства. Благодаря этой особенности широко применяется метод восстановления. В настоящее время этот метод дает множество изготовления металлических порошков.

В общем случае химическая реакция восстановления может быть представлена:



где M - неметаллический компонент, X - восстановитель (углерод в виде кокса, активных металлов, природные газы, H₂, CO, CO₂).

Восстановление металлов из оксидов может осуществляться с помощью твердых или газообразных восстановителей. Активные газовые восстановители включают окись углерода, водород, и различные газы, содержащие H₂ и CO. В качестве твердого восстановителя углерод и металл имеют большее химическое сродство к кислороду.

Углерод, широко использован среди восстановителей, имеет низкую стоимость и простоту процесса восстановления. Недостаток процесса представляет собой возможность науглероживания восстанавливаемых

металлов, а также этот процесс ограничивается. Восстановление углеродом наиболее распространено в производстве порошков хрома, железа, вольфрама, хрома и некоторых других металлов, а также непосредственно производит порошки из оксидов карбида.

Из-за того, что металлы по восстановлению оксидов разделяются на трудно восстанавливаемые (марганец, магний, хром), многие другие оксиды требуют более сильных восстановителей, чем углерод. Как правило, водород используется в качестве восстановителя для получения порошков, которые не загрязнены углеродом, например, порошков кобальта, вольфрама, молибдена.

Независимо от восстановителя метод получения порошков путем восстановления представляет собой гибкий процесс. Размеры частиц зависит от температуры восстановления. С снижением температуры размер частиц уменьшается[5].

1.5 Формование порошков (прессование)

Формование металлического порошка представляет собой технологическую операцию, в результате которой из него образуется порошковая формовка, полученная с заданными плотностью, размерами и формой.

Уплотнение порошков в пресс-форме

Определенный объем сыпучего порошкового прессуется в стальной пресс-форме с формированием брикета, имеющего определенную форму, размер и характеристики. Изменение объема порошкового тела при прессовании отличается от компактного материала. Объем может изменяться со смещением отдельных частиц, заполняющих пустоты между ними и их деформациями.

Иногда с помощью прилипания, схватывания, механического зацепления частиц порошка друг с другом путем связывания происходит процесс, когда сыпучее порошковое тело превращается в компактное, обладающее определенными прочностными свойствами.

Процесс уплотнения порошка включает следующие этапы:

Первый этап - под действием внешних сил происходит свободное перемещение и более плотное накопление частиц.

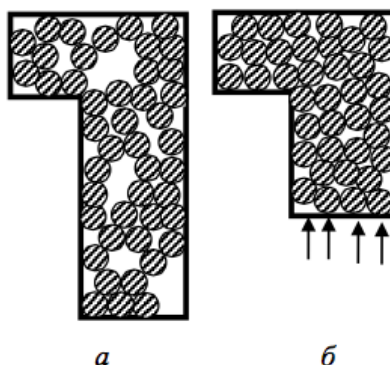


Рисунок 1.1- Модель уплотнения порошка в процессе прессования: а - свободная насыпка материала; б - заполнение пустот частицами материала

Второй этап - наиболее плотно упакованные частицы порошка оказывают определенное сопротивление сжатию, испытывая упругую деформацию. Давление увеличивается, а плотность не увеличивается.

Третьей этап - давление прессования превышает предел текучести частиц порошка, происходит пластическая деформация. Он охватывает весь объем каждой частицы, рисунок 1.2.

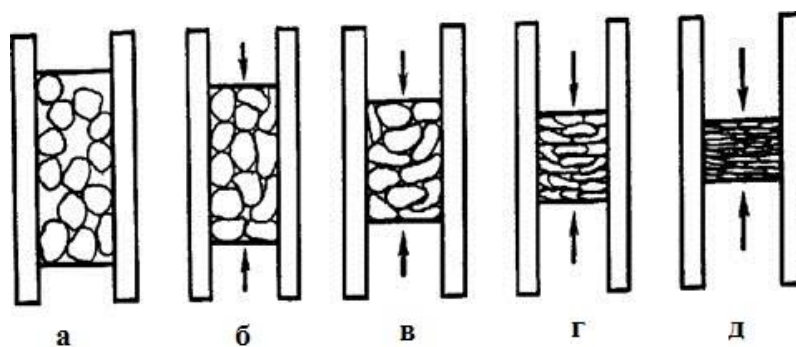


Рисунок 1.2 - Последовательные стадии (а-д) прессования порошков пластичных металлов

Сильнее всего уплотнение происходит на первом участке а, рисунок 1.3. На втором участке б, рисунок 1.3, кривой уплотнения частицы порошка уже упакованы достаточно плотно, они оказывают сопротивление сжатию определенной силы, с ростом давления прессования плотность порошкового изделия какое-то время не изменяется.

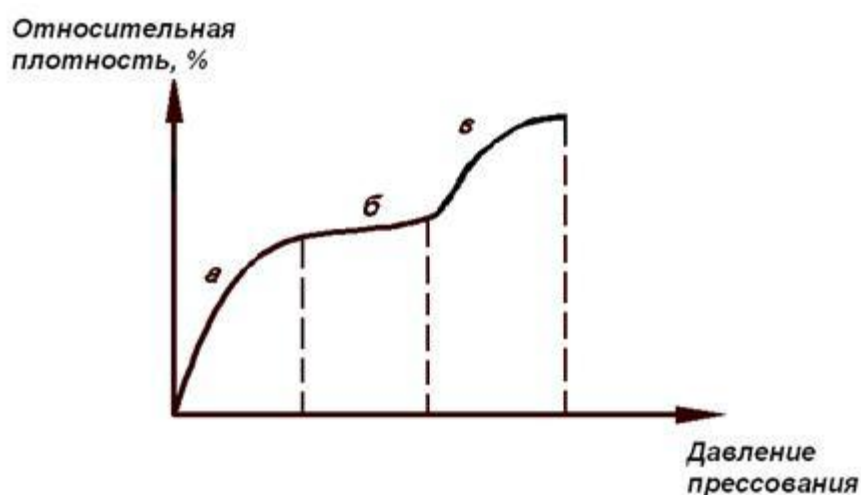


Рисунок 1.3 – Идеализированная кривая процесса уплотнения порошков пластичных металлов

Через определенное время, давление прессования начинает превышать сопротивлению сжатия, происходит пластическая деформация и наступает последняя третья стадия в, рисунок 1.3. Пластическая деформация на последнем этапе охватывает весь объем каждой отдельной частицы.

Формирование представляет собой технологический процесс получения изделий необходимых форм и размеров. Выбор порошков, метод изготовления, метод формования, режим спекания и прессования формирует эксплуатационные свойства изделий[5].

Уплотнение объема за счет заполнения пустот и пластической деформации проводится прессованием порошков в металлической пресс-форме. Поры не полностью исчезают в прессовании, но они обычно распределяется неравномерно. Это может быть связано с тем, что давление распределено неравномерно на заготовке, частицы могут иметь разные формы и свойства. Кроме того, при прессовании существует трение, вследствие чего частицы

могут изменять форму и размер частиц.

Методы формования порошков

Для одностороннего прессования только один пуансон перемещается в стальных формах относительно матрицы, рисунок 1.4а. Для двустороннего прессования, рисунок 1.4б, оба пуансона перемещаются. Величина давления при прессовании составляет от 300 до 1000 МПа, а для твердого сплава составляет от 100 до 150 МПа из-за хрупкости.

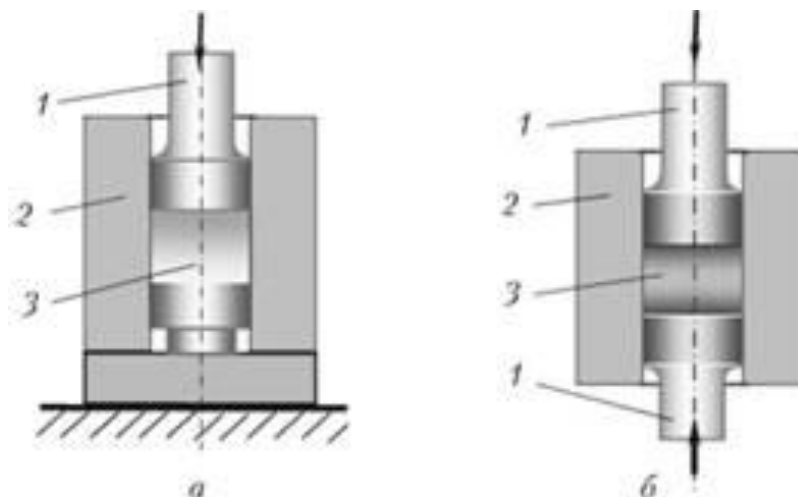


Рисунок 1.4 – Схемы холодного прессования: а – одностороннее; б – двустороннее (1 -пуансон, 2 – пресс-форма, 3 – порошковое тело)

Метод прокатки, рисунок 1.5. Поскольку угол захвата порошка α не превышает 13° , этим методом только прессуются ленты небольшой толщины. Ленты образуются путем прокатки между двумя гладкими роликками. Многослойный прокат осуществляется путем одновременной прокатки металлических листов со слоем порошка или двух различных металлов.

Прессование мундштука используется для производства труб, стержней и других длинных изделий. При прессовании активных металлов (титан, цирконий, гафний) применяют защитную среду или защитную оболочку из стекла или графита[6].

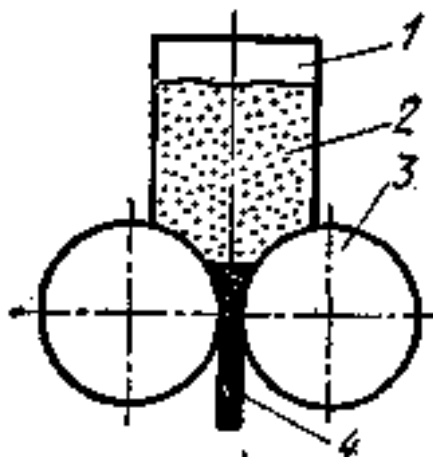


Рисунок 1.5 – Схема прокатки порошков: 1 - бункер, 2 – порошок, 3 – валки, 4 - порошковая лента

1.6 Режимы спекания порошков

Спекание относится к нагреву прессованного порошка до определенной температуры (ниже температуры плавления основных частиц порошка, но значительно выше температуры, которая позволила бы диффузию между соседними частицами). Спекание способствует связыванию между отдельными частицами порошка и увеличивает прочность. Процесс нагрева должен проводиться в контролируемой, инертной или восстановительной атмосфере или в вакууме для очень важных деталей, чтобы предотвратить окисление.

Перед процессом спекания прессованный порошок оказывается хрупкостью и подтверждает очень низкую прочность заготовки. Характер и прочность связи между частицами зависят от механизма диффузии и пластического потока частиц порошка и выпаривания летучего материала из в уплотненной заготовке.

Процесс спекания

Начальная стадия

Сначала дискретные частицы остаются, потому что полного уплотнения или плавления не происходит. В порошковой металлургии выбранная температура спекания всегда ниже, чем температура плавления металла. Однако выбранная температура достаточно высока, чтобы способствовать образованию

шейки в точке контакта между соседними частицами, хотя каналы остаются между шейками.

Промежуточная стадия

На промежуточной стадии процесса спекания плотность заполнения увеличивается, когда соседние шеи постепенно сливаются и частицы диффундируют. Результирующие закрытия каналов усиливают уплотнение. Два общих метода для этого - мгновенное жидкое фазное спекание и постоянное жидкое фазовое спекание.

Конечная стадия

На заключительной стадии процесса спекания уменьшается пористость, уменьшается объем. Некоторые изолированные поры могут оставаться, но слабо сыпучий материал, присутствующий в начале процесса спекания, в значительной степени превращается в твердый материал.

Связывание между порошковыми частицами происходит тремя способами: (1) плавление мелких составляющих частиц порошка; (2) диффузия между частицами порошка; (3) механическое связывание.

Время, температура и атмосфера печи являются тремя критическими факторами, которые контролируют процесс спекания. Процесс спекания увеличивает плотность заготовки за счет заполнения начальных отверстий и увеличения площади контакта между частицами порошка в компактном исполнении[6].

На рисунках 1.6 и 1.7 схематически показан процесс спекания методом твердофазной диффузии и жидкофазный перенос частиц порошка.

Дополнительные операции

После спекания некоторые отделочные операции, такие как повторное прессование (для обеспечения точности размеров) и механическая обработка, проводятся для дальнейшего улучшения качества заготовки. Изделия, изготовленные на основе процессов порошковой металлургии, также подвергаются другим операциям, таким как термическая обработка, обработка и отделка в зависимости от требований.

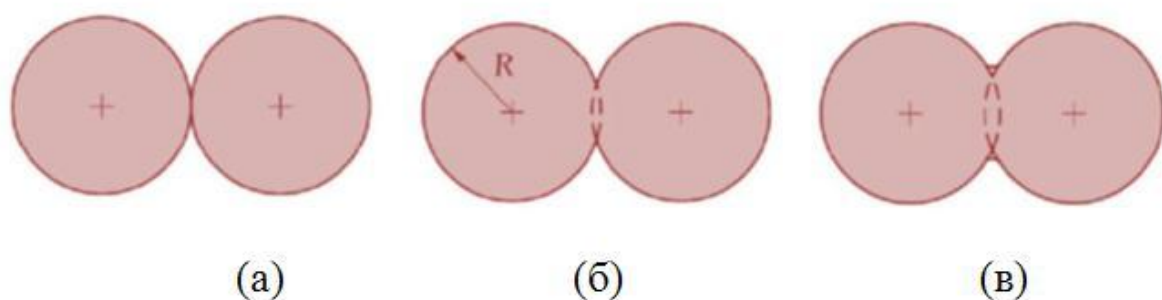


Рисунок 1.6 - Схематическое изображение спекания компактной заготовки с использованием твердотельной диффузии между частицами порошка [1]: а - начальные частицы порошка; б - образование шейки путем диффузии; в - уменьшение расстояния между частицами

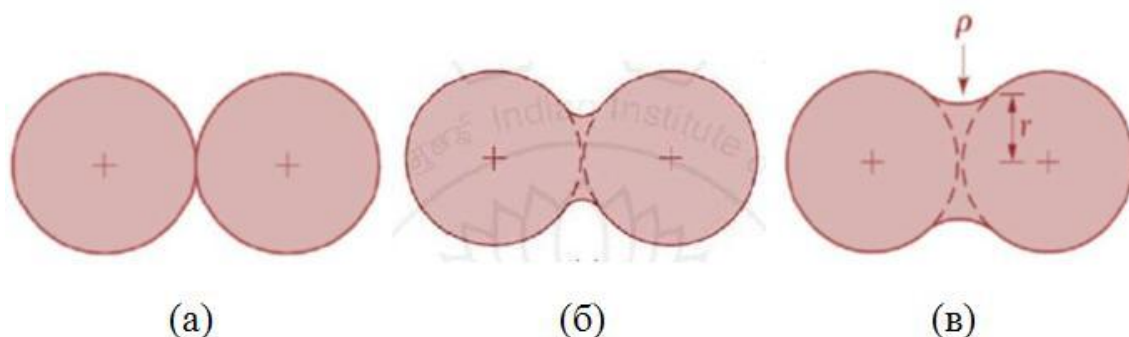


Рисунок 1.7 - Схематическое изображение спекания компактной заготовки с использованием жидкофазного переноса между частицами порошка: а - начальные частицы порошка; б - образование шейки путем жидкофазного переноса частиц; в - неизменное расстояние между частицами

1.7 Применение порошковых материалов

Технологией порошковой металлургии могут изготовиться сплавы с точно заданным составом, которые обладают теми или иными свойствами.

С помощью метода порошковой металлургии могут изготовиться электротехнические материалы и сплавы, полученные трудно или невозможно другими известными способами. Например, различные сплавы, которые не сплавляются: вольфрам-серебро и вольфрам-медь. А также металлы и неметаллы: серебро-окись кадмия имедь-графит. Они широко применяют в области электроники и радиотехники.

Металлокерамические материалы используются в электротехнической и радио-вакуумной промышленности. Эти материалы играют важную роль в

производстве ламп накаливания, в трубках рентгена, катодных ламп и выпрямителей. Например, Вольфрам, полученный методом порошковой металлургии, используется для производства нитей для обычных осветительных ламп.

Широкое внедрение в промышленность электронагрева различных материалов внесло значительное изменение в технологию производства. В развитии электронагревательных элементов большая роль играют металлокерамические материалы.

Промышленное использование высоких потенциалов требует разработки контактных устройств из огнеупорных материалов, обладающие высокой теплопроводностью и электропроводностью, имеющие высокую степень прочности при условиях ударных при высоких температурах и низкую склонность к сварке и прилипанию. Производство контактных материалов с такой комбинацией свойств возможно только порошковой металлургии.

Применение различного режущего инструмента (резцы из твердых сплавов), изготавливаемый методом порошковой металлургии, увеличило скорость обработки металлов в десятки раз.

Антифрикционные металлокерамические материалы широко используются в производстве пористых подшипников, фильтров и многих других изделий.

2 Материалы и методики исследований

2.1 Материалы исследований

В работе исследовали сталь 20Х13, полученную с помощью порошковой металлургии. Химический состав исследуемой стали представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 20Х13

C, %	Cr, %	Fe, %
0,2	13,0	74,8

В качестве исходного материала для приготовления стали, использовали порошки следующих марок: порошок карбонильного железа марки ВМ, никелевый порошок марки ПНК УТ-1, порошок хрома марки ПХ1С.

Легирование карбонильного железа различными элементами проводят для повышения свойств. Например, добавление хрома приводит к повышению коррозионной стойкости: при содержании хрома от 10% сталь считается нержавеющей в обычных агрессивных средах, а от 17% и выше сталь уже стойкая в сильноагрессивных средах, например, в азотной кислоте. Коррозионная стойкость стали, содержащей хром, объясняется наличием на поверхности тонкой пленки нерастворимых окислов[7].

2.2 Методики исследований

2.2.1 Изготовление образцов

Смешивание порошков

Смешивание проводили в течение 24 часов на Виброприводе ВП-С/220 (рисунок 2.1) с системой управления частотой и таймером. Достоинства вибропривода:

- обеспечение хорошего смешения компонентов внутри чаши с помощью сложного пространственного движения;
- смешивание компонентов происходит без разрушения или истирания порошинок (отсутствие рабочего тела внутри чаши);

- возможность задавать время работы и время паузы (пауза может отсутствовать).
- низкий уровень шума.

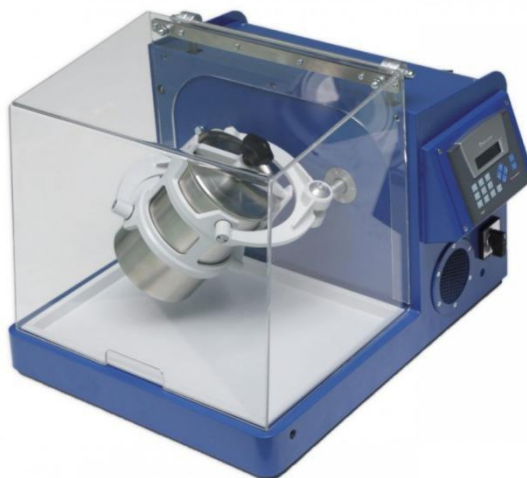


Рисунок 2.1 – Смеситель лабораторный «Турбула С 2.0»

Добавление связки в порошковую композицию

Для получения хорошего смешения порошки использовали промышленный обойный клей. Его содержание равно 3% порошковой смеси по весу. Вес клея для каждой навески составил 0,15 г. Клей растворили его воде, затем хорошо смешали порошковую смесь с водным раствором клея. И высушивали их, чтобы получить сухую порошковую смесь. Для каждого образца использовали 3 г порошковой смеси.

Прессование

В работе исследовали три группы прессованных образцов порошковой стали 20Х13 разной нагрузке прессования: 1 группа – нагрузка прессования составила 2 т, 2 группа – 4 т, 3 группа – 6 т.

Спекание

Спекали образцы в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 1 час.

2.2.2 Подготовка поверхности образцов для металлографических исследований (шлифовка, полировка, травление)

Поверхность образцов готовили шлифовкой, полировкой и травлением [8, 9].

Шлифовку производят вручную или на шлифовальных станках. Шлифование осуществляют на 4-5 номерах наждачной бумаги, последовательно уменьшая размер абразива. Направление движения образца по наждачной бумаге при смене номера бумаги следует изменять на 90° , а шлифование на одном номере вести до исчезновения рисок от предыдущей шлифовальной бумаги. При смене номера бумаги следует удалять со шлифа частички абразива спиртом. Для шлифования использовали различные абразивы (шлифовальные шкурки, алмазные пасты и т.д.). Первичное выравнивание образцов проводили на крупнозернистых абразивах. Далее переходили к менее грубой бумаге, так продолжали пока не дошли до гладкой поверхности. В конце шлифования шлиф тщательно промывают в воде, чтобы частички абразива не попали на полировальный круг.

После шлифования проводили ручную полировку поверхности образца на фильтровальной бумаге с добавлением алмазных паст разной дисперсности. Полирование – процесс достаточно длительный. Полирование считается законченным, когда поверхность шлифа при внешнем осмотре приобретает зеркальный блеск, а при рассмотрении под микроскопом на поверхности шлифа не будет обнаружено царапин. Приготовленные таким образом шлифы удовлетворяли требованиям, предъявляемым к объектам для металлографических исследований.

Выявление микроструктуры металлов травлением основано на неравномерном растворении в реактиве структурных составляющих. Границы зерен растравливаются сильнее, чем тело зерна. В результате на границах образуются углубления, которые рассеивают лучи света, и при рассмотрении структуры под микроскопом они наблюдаются в виде темных линий (рисунок 2.2).

В качестве травителя использовали «царскую водку», в состав которой входит смесь концентрированных азотной HNO_3 и соляной HCl кислот, взятых в соотношении 1:3 по объёму[9].

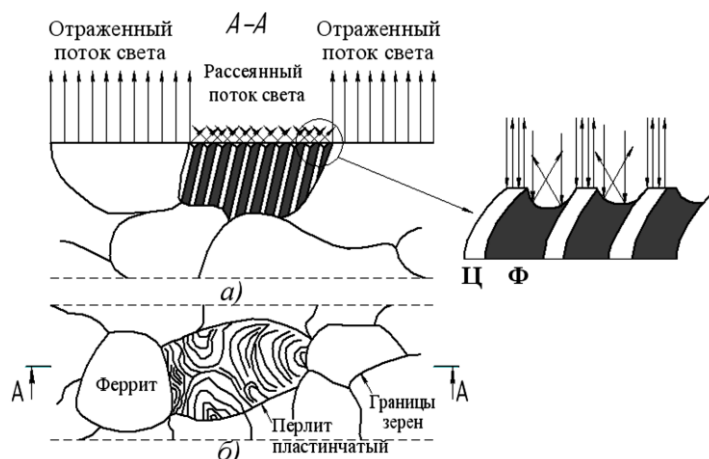


Рисунок 2.2 – Схема отражения потока света в неоднородном Ф+П - сплаве (а), и микроструктура под микроскопом (б): Ц – пластина цементита в перлите (светлая); Ф – пластина феррита в перлите(темная)

2.2.3 Металлографические исследования

В работе был использован металлографический лабораторный инвертированный микроскоп ЛабоМет – И (рисунок 2.3). Он предназначен для наблюдения и исследования изображения структуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов (в виде шлифов и срезов) при прямом освещении в отражённом свете в светлом поле [10].

Предусмотрена возможность расширения технических характеристик микроскопа за счет свободной комплектации узлами и принадлежностями, такими, как объективы, окуляры, визуальные насадки, устройства контрастирования, светофильтры и др.



Рисунок 2.3 – Металлографический микроскоп ЛабоМет

2.2.4 Определение пористости образца

Пористая структура характеризуется несколькими основными параметрами: пористостью, суммарным объёмом пор и распределением по размерам пор.

Термин «пористость» - это физическая величина твердых тел. Характеризует долю объема пор в общем объеме материала (от 0 до 1), часто выражается в процентах (от 0 до 100). 0% имеет материал без пор, пористость в 100% невозможно, приближен к таким материал аэрогель или пена[11].

Определение пористости проводили двумя способами. Первый способ заключался в определении пористости образцов с помощью «Анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700™». Метод заключается в следующем: анализируемое изображение структуры переводится в черно-белое изображение и подвергается ряду обработок для удаления шумов и помех. Затем это изображение анализируется, и программа выдает отчет, содержащий: гистограмму распределения пор по размеру, площадь исследуемой фазы, площадь всего изображения и долю исследуемой фазы в процентах.

Второй способ определения пористости, среднего размера пор и распределение пор по размеру проводили методом секущих. Для определения среднего размера поры проводили линии на изображении нетравленной

поверхности. Затем подсчитывали размеры пор, попавших на линию, и их количество. Оценку среднего размера пор проводили по формуле (2.1):

$$\bar{d} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.1),$$

где \bar{d} - средний размер пор;

x_1 – размер поры под номером 1,

x_n – размер поры под номером n ,

n – суммарное количество пор.

Пористость с помощью метода секущих определяли по формуле (2.2):

$$P = \frac{\sum l}{\sum L}. \quad (2.2),$$

где $\sum l$ - суммарная длина пор;

$\sum L$ - суммарная длина линий.

2.2.5 Определение фазового состава образца

Качественный фазовый анализ проводили рентгенографическим методом. Съёмки рентгенограмм проведены на дифрактометре ДРОН-4М с характеристическим $\text{CoK}\alpha$ -излучением (ИФПМ СО РАН).

В аппаратах типа ДРОН для проведения широкого круга структурных исследований различных материалов используется дифракция рентгеновских лучей, для которых кристалл является идеальной дифракционной решеткой. Дифракция рентгеновских лучей от кристалла подчиняется закону Вульфа-Брэгга [12]:

$$n\lambda = 2d(hkl)\sin\Theta, \quad (2.3)$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения,

Θ – угол отражения,

$d(hkl)$ – межплоскостное расстояние,

n – порядок отражения.

Рентгенограммы записывались автоматически на компьютере. Обработку рентгенограмм проводили с помощью компьютерной программы

RENEX. Качественный фазовый состав образцов определяли сравнением интенсивностей линий на дифрактограммах и соответствующих им межплоскостных расстояний d_{hkl} с аналогичными параметрами известных веществ. Для этого использовали компьютерную картотеку, содержащую 39 627 веществ.

Для определения принадлежности рефлексов дифрактограммы к кубической решётке Fe проводили расчёты по методике [12]:

- вычленили предполагаемые рефлексы γ -Fe и α -Fe;
- рассчитывали $\sin^2\Theta$ для каждого рефлекса;
- проверить соотношение (2.4), для γ -Fe (1; 1,32; 2,66; 3,65; 4) и для α -Fe (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9):

$$\frac{\sin^2\theta_i}{\sin^2\theta_j} = \frac{H_i^2}{H_j^2} + \frac{K_i^2}{K_j^2} + \frac{L_i^2}{L_j^2} \quad (2.4)$$

- посчитать параметр решётки a для γ -Fe по формуле (2.5)

$$a = d_{HKL} \sqrt{H^2 + K^2 + L^2} \quad (2.5)$$

- построить экстраполяционный график в координатах « $a \cdot \cos^2\Theta$ ».

2.2.6 Измерение микротвердости

Микротвердость образцов измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 (рисунок 2.4) с механической нагрузкой $P=100$ г [13 - 15].

Образец для испытания помещали на столик прибора ПМТ-3 так, чтобы испытываемая поверхность была строго перпендикулярна к направлению перемещения пирамиды при вдавливании. Установив необходимую нагрузку, столик с образцом поворачивали под пирамиду. Нагружали образец медленно в течение 5-10 секунд. По окончании выдержки столик с образцом плавно поворачивали под микроскоп, для измерения отпечатка. Диагональ отпечатка (z) измеряли ценой деления окуляр-микрометра, затем эту величину вычисляли в микронах по формулам, где $g=0,32$ мкм: $d=zg$ (мкм).

Значение микротвердости (Н) вычисляли по ниже приведенной формуле, где P – нагрузка выражено в граммах, d в микрометрах;

$$H = \frac{1854P}{d^2} \text{ кг/мм}^2$$

Для того чтобы перевести значение микротвердости в МПа, можно воспользоваться соотношением; $1\text{МПа} = 9,81\text{кг/мм}^2$.

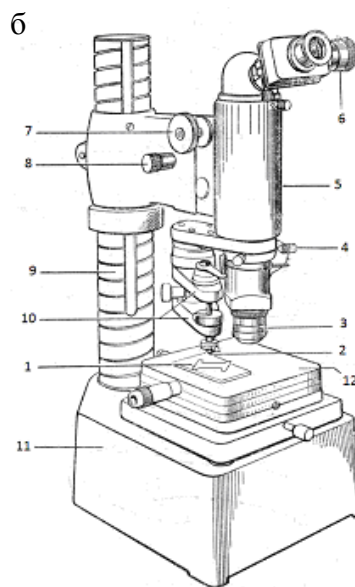


Рисунок 2.4 – Микротвердомер ПМТ-3: а) установка; б) схема: 1 – образец, 2 – алмазная пирамида, 3 – объектив, 4 – центрировка, 5 – тубус, 6 – окулярный микрометр, 7 – макропадача, 8 – микропадача, 9 – стойка, 10 – механическая нагрузка, 11 – станина, 12 – столик

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ6А	Ло Цзянкунь

Инженерная школа	новых производственных технологий	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	магистранта	Направление/специальность	Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: (2591р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (196р); информационные ресурсы: научные журналы, монографии, учебники и статьи по теме исследований; человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 30% от фонда оплаты труда.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Данная научно-исследовательская работа финансируется за счет средств государственного бюджета и по характеру получаемых результатов относится к поисковым работам. Результаты данных работ, как правило, не заканчиваются созданием и промышленным внедрением новых видов материалов и средств изготовления продукции. Они лишь выясняют технические, организационные и экономические возможности их получения. При положительных результатах выводы</i>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<i>поисковых работ могут быть использованы в научно-исследовательских работах прикладного характера. По поисковым НИР, которые не заканчиваются достижением положительных результатов, определяется лишь сумма производственных затрат и капитальных вложений на их выполнение.</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 322766,29р., включая затраты на заработную плату (139341,85р), отчисления в социальные фонды (48908,99р), электроэнергию (196,39р), и прочие расходы (21622,99р).</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако, поскольку данная НИР относится к поисковым работам, то оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Иерархическая структура работ
2. Календарный план проведения исследования
3. Сетевой график проведения исследования
4. Бюджет проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов О.Н.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ6А	Ло Цзянкунь		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований [17].

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1. Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках проведенного научного исследования:

- определена структура работ (табл-4.1);
- определены участники каждой работы;
- установлена продолжительность работ;

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить руководитель доцент ОМ Ваулина О.Ю., студент ОМ ИШНПТ ТПУ Ло Цзянкунь и Юй Сяолин, работающая в должности техника. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Техник №1, техник №2
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель,

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Техник №1, техник №2
	6	Подготовка образцов исследований.	Техник №1, техник №2
	7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	Техник №1, техник №2
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Техник №1, техник №2
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Техник №1, техник №2
	10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	Руководитель

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [18].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

54 чел-дн - минимально возможная трудоемкость выполнения все работ научного исследования.

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

72 чел-дн - максимально возможная трудоемкость выполнения научных исследований.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{61,2}{2} = 30,6 \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность научно-исследовательской работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения научно-исследовательской работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для действительного отражение значений трудоемкости работ длительность каждого из этапов из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

Где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.








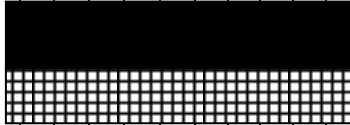

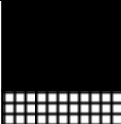
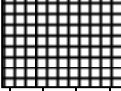





$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48 \quad (5)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Таблица 4.2 –Временные показатели проведения ВКР

№ раб	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{\min} чел.дн	t_{\max} чел.дн	$t_{\text{ож}}$ чел.дн	T_p раб.дн	T_k кал.дн
1	Руководитель темы	4	6	4,8	4,8	7,104
2	Руководитель	3	4	3,4	3,4	5,032
3	Техник №1, техник №2	5	6	5,4	5,4	7,992
4	Руководитель,	4	5	4,4	4,4	6,512
5	Техник №1, техник №2	5	6	5,4	5,4	7,992
6	Техник №1, техник №2	12	16	13,6	13,6	20,128
7	Техник №1, техник №2	10	15	12	12	17,76
8	Техник №1, техник №2	6	7	6,4	6,4	9,472
9	Техник №1, техник №2	3	4	3,4	3,4	5,032
10	Руководитель	2	3	2,4	2,4	3,552
				61,2		90,576

Таблица 4.3 – Календарный план проведения НИР

этапы	Вид работы	T _к	Исполнитель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	7,104	Руководитель темы					
2	Выбор направления исследований	5,032	Руководитель					
3	Подбор и изучение материалов по теме	7,992	Техник №1, техник №2	 				
4	Календарное планирование работ по теме	6,512	Руководитель					
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	7,992	Техник №1, техник №2	 				
6	Подготовка образцов исследований.	20,128	Техник №1, техник №2		 			
7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	17,76	Техник №1, техник №2				 	
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	9,472	Техник №1, техник №2					 
9	Оценка эффективности полученных результатов	5,032	Техник №1, техник №2					 
10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	3,552	Руководитель					



Руководитель темы



Техник №1



Техник №2

Как можно видеть в представленной таблице значения трудоемкости и количество исполнителей для всех видов выполнения научного исследования.

4.2 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования были учтены следующие статьи затрат:

- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы

4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых исследованиях:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для проведения научных исследований;
- покупные материалы, используемые в процессе подготовки образцов для испытаний.
- Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Принимается в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу-4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
образец	г	3	63	226,8
Наждачная бумага, Р600	лист	4	30	144
Наждачная бумага, Р1200	лист	3	35	126
Наждачная бумага, Р1500	лист	6	35	252
Наждачная бумага, Р2000	лист	3	45	162
Алмазная паста	тюбик	5	280	1680
Итого				2590,8

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

4.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Таблица 4.5 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Исполнители по категориям	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление ТЗ	7,104	Руководитель	1,25	8,88
2	Выбор направления исследований	5,032	Руководитель	1,25	6,29
3	Изучение материалов	7,992	Техник №1	0,45	3,5964
			Техник №2	0,35	2,7972
4	Календарное планирование	6,512	Руководитель	1,25	8,14
5	Проведение теоретических	7,992	Техник №1	0,45	3,5964
			Техник №2	0,35	2,7972
6	Подготовка образцов	20,128	Техник №1	0,45	9,0576
			Техник №2	0,35	7,0448

7	Проведение испытаний	17,76	Техник №1	0,45	7,992
			Техник №2	0,35	6,216
8	Сопоставление результатов	9,472	Техник №1	0,45	4,2624
			Техник №2	0,35	3,3152
9	Оценка эффективности	5,032	Техник №1	0,45	2,2644
			Техник №2	0,35	1,7612
10	Определение целесообразности	3,552	Руководитель	1,25	4,44
Итого: 82,4508					

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИТ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} * K_{\text{ПР}} * K_{\text{Р}} \quad (10)$$

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 1,3;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3,

Расчёт основной заработной платы приведён в табл-4.6.

Таблица 4.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ТС}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{дн}}$, тыс. руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	1,25	1,3	1	1,3	2,1125	22,2	46897,5
Техник №1	0,45				0,7605	68,376	51999,948
Техник №2	0,35				0,5915	68,376	40444,404
Итого $Z_{\text{осн}}$: 139341,852							

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * 0.17 = 23688,115 \text{руб.}$$

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

$$C_{\text{зп}} = 139341,852 + 23688,115 = 163029,967 \text{руб.}$$

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц}} = 163029,967 * 0,3 = 48908,99$ руб.

4.2.4 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A * Ц_{OB} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (11)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{OB}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Например, для ПК в 2018 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 298 * 8 = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Стоимость персональный компьютер = 36000 руб., время использования 180 часа, тогда для него C_{AM} (ПК) = $(0,4*36000*180*1)/2384 = 1087$ руб. Стоимость оборудовании 15000 руб, его $F_d = 450$ час.; $N_A = 0,5$; тогда его C_{AM} (Пр) = $(0,5*15000*25*1)/450 = 416,7$ руб. Итого начислено амортизации 1503,7 руб.

4.2.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot ЦЭ \quad (11)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$ЦЭ$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $ЦЭ = 5,6273$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t, \quad (12)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_C \quad (13)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	180*0,6	0,3	182,32
микроскоп	25	0,1	14,07
Итого:	196,39		

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1.$$

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч.}} = (2590,8 + 163029,967 + 48908,99 + 196,39 + 1503,7) \cdot 0,1 = 21622,985 \text{ руб.}$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ»

Таблица- 4.8 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное	Сумма, руб.
---------------	----------	-------------

	обозначение	
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2590,8
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	163029,967
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	48908,99
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	196,39
Амортизационн ые отчисления	$C_{\text{ам}}$	1503,7
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	21622,985
Итого:		237852,832

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 237852,832$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в

размере $5 \div 20$ % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 35677,925 руб. (15 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(237852,832 + 35677,925) * 0,18 = 49235,536$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 237852,832 + 35677,925 + 49235,536 = 322766,293 \text{руб.}$$

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} = 1 \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).