

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние механической активации порошковой композиции Fe-Ni на структуру спеченных образцов

УДК 621.762.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ81	Коновалова Мария Алексеевна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Романцов И.И	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Осуществлять сбор и критический анализ информации, включая научные публикации, патенты, маркетинговые исследования в области материаловедения и технологии материалов
P2	Управлять научно-исследовательским и производственным проектом, включая критический анализ проблемных ситуаций, оценки потенциала коллектива и самооценки
P3	Способен представлять и защищать результаты своей работы и деятельности коллектива, включая планы научно-исследовательских работ, производственных проектов, научные публикации и доклады с использованием современных коммуникативных технологий, в том числе на иностранном языке.
P4	Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P5	Ориентироваться в современных технологиях новых материалов с учетом экономичности, требований готовой продукции и интеллектуального потенциала предприятия, производства или научной группы
P6	Внедрять в производство технологии получения керамических, металлических наноматериалов и изделий, включая эксплуатацию соответствующего оборудования.
P7	Эксплуатировать оборудование и обрабатывать экспериментальные результаты с целью изучения структуры и свойств материалов, диагностики их эксплуатационных характеристик
P8	Разрабатывать новые и модернизировать существующие технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ81	Коновалова Мария Алексеевна

Тема работы:

Влияние механической активации порошковой композиции Fe-Ni на структуру спеченных образцов

Утверждена приказом директора ИШНПТ

Приказ № 52-52с от 21.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

17. 06. 2020

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.).

В работе была исследована порошковая композиция Fe-Ni. Это порошок, содержащий в составе 36% никеля и 64% железа.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы по механической активация порошкаи спеканию образцов из порошковой композиции Fe-Ni . 2. Материал и методы исследования: механическая активация порошка, измерения насыпной плотности, электронно-растровая микроскопия, формование, спекание и микротвердость образцов. 3. Изучение структуры и свойств порошка. 4. Изучение структуры и свойств образцов. 5. Результаты проведенного исследования. 6. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность. 8. Заключение по работе. 9. Приложение А. Перевод на английский язык литературного обзора.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в Power Point</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент...</i></p>	<p><i>Т. Б. Якимова, доцент ОСГН, НИ "ТПУ"</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>И. И. Романцов, доцент ООД, НИ"ТПУ"</i></p>
<p><i>Перевод на иностранный язык</i></p>	<p><i>И. К. Забродина, доцент ИЯК, НИ "ТПУ".</i></p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферат</p>	
<p>Литературный обзор</p>	
<p>Список использованной литературы</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Ваулина О. Ю.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ81	Коновалова Мария Алексеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 112 страниц, 19 рисунков, 32 таблиц, 18 источников литературы.

Ключевые слова: Порошковая металлургия, порошковая композиция инвара, механическая активация, насыпная плотность, микроструктура, микротвердость.

В работе была исследована порошковая композиция Fe-Ni. Это порошок, содержащий в составе 36% никеля и 64% железа.

Цель работы - Исследовать влияние механической активации порошковой композиции Fe-Ni на структуру и свойства спеченных образцов.

В работе использовали порошковую смесь: железо - 64% и никеля - 36%. Исследовали спеченные образцы из исходного порошка и после 60 секунд механической активации при разном давлении прессования (390 МПа и 650 МПа). Методом сканирующей электронной микроскопии исследовали форму и размер частиц, определяли насыпную плотность порошка до и после механической активации. Затем формовали и спекали образцы, изучая их микроструктуру до и после травления, измеряли микротвердость.

Результаты работы будут доложены на Международной научно-технической молодежной конференция «Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения», которая состоится 21-25 сентября 2020 года в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Результаты будут использованы для создания изделий из порошка инвара методом инъекционного формования сложной формы.

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

Abstract

Final qualifying work 112 pages, 19 figures, 32 tables, 18 sources of literature.

Keyword: Powder metallurgy, Invar powder composition, mechanical activation, bulk density, microstructure, microhardness.

The Fe-Ni powder composition was studied. It is a powder containing 36% Nickel and 64% iron.

The aim of this work is to Investigate the influence of mechanical activation of the Fe-Ni powder composition on the structure and properties of sintered samples.

A powder mixture was used: iron-64% and nickel-36%. Sintered samples from the initial powder were examined and after 60 seconds of mechanical activation at different pressing pressure (390 MPa and 650 MPa). Scanning electron microscopy was used to study the shape and size of the particles and determine the bulk density of the powder before and after mechanical activation. Then the samples were formed and sintered, their microstructure was studied before and after etching, and their microhardness was measured.

The results of the work will be reported at the International scientific and technical youth conference "Advanced materials for structural and medical purposes", which will be held on September 21-25, 2020 at the national research Tomsk Polytechnic University.

The results will be used to create products from Invar powder by injection molding of complex shapes.

The final qualifying work (WRC) is placed in the electronic library system (EBS) of TPU.

Содержание	
Введение.....	10
1. Литературный обзор.....	11
1.1 Механическая активизация порошков.....	11
1.2 Физические явления при механической активации.....	13
1.3 Измельчение и активация.....	14
1.4 Механическая активация в планетарной мельнице.....	15
1.5 Инвар и его физико-химические свойства.....	16
1.6 Применение инвара.....	18
1.7 Обработка сплавов железо-никель.....	19
1.8 Механическая активация инвара.....	20
1.9 Теплое прессование.....	22
2. Материалы и методы исследования.....	25
2.1 Материалы исследования.....	25
2.2 Методы исследования	25
2.2.1 Механическая активация порошка.....	25
2.2.2 Измерение насыпной плотности.....	25
2.2.3 Электронно-растровая микроскопия.....	26
2.2.4 Прессование.....	27
2.2.5 Спекание.....	27
2.2.6 Подготовка поверхности образцов, травление.....	28
2.2.7 Измерение микротвердости.....	29
2.2.8 Металлографические исследования.....	31
3. Практическая часть.....	33
3.1 Изучение структуры и свойств порошка.....	33
3.2 Исследование спеченных образцов.....	37
3.2.1 Смешивание, прессование, режимы спекания, усадка.....	37
3.2.2 Определение пористости образцов.....	40
3.2.3 Травление.....	42
3.2.4 Измерение микротвердости.....	44

4. Результаты приведенных исследований.....	46
5. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение...	49
5.1 Предпроектный анализ.....	49
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	49
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
5.1.3 SWOT-анализ.....	52
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	57
5.2 Инициация проекта.....	57
5.2.1 Цели и результат проекта.....	57
5.2.2 Организационная структура проекта.....	58
5.2.3 Ограничения и допущения проекта.....	59
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	60
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	60
5.3.2 План проекта.....	61
5.4 Бюджет научного исследования.....	63
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	72
5.5.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	72
6. Социальная ответственность.....	78
6.1 Объект исследования.....	79
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов которые может создать объект исследования.....	79
6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследования.....	79
6.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от опасных и вредных факторов.....	81
6.3 Экологическая безопасность.....	89

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду....	89
6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду..	90
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	91
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования.....	91
6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	92
6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	92
Заключение.....	94
Список использованной литературы.....	97
Приложение (справочное).....	99

Введение

Измельчение сверхтонкое и тонкое закономерно протекает с увеличением поверхностной и внутренней энергии измельчаемого порошка. Эта энергия может эффективно применяться для улучшения многих технологических процессов, таких как ускорение различных химических реакций в процессе получения материалов с новыми свойствами. Первый знаменитый учёный Д.И. Менделеев, который подумал о механических методах ускорения реакций между твердыми телами в конце 19 века, сказал: «Что взаимодействие между измельченными телами ускорится, если их как можно мельче измельчать и перемешивать друг с другом».

Механическая активация рассматривает превращения, реакции и главное взаимодействие между твердыми телами. Общепринято, что энергия при механической активации соприкасается с твердым телом проникает в него и создает ему дефектную поверхность. Таким образом, могут возникать дефекты, такие как вакансии, дислокации или междоузельные атомы внутри кристаллической решетки тела. Однако, установлено, что свойство твердого тела, которое состоит из множества кристаллов, можно изменить при помощи точечных и линейных дефектов, а именно местами их концентрации и возникновения. Механическая активация разрешает использование не только различных химических реакций, но и включает в себя различные физические явления, которые могут возникать главным образом при деформировании тела. Можно привести один из примеров такого явления, которое появляется при пластической деформации твердого тела - это диффузия, другими словами, по атомный массоперенос. Данные эффекты исследователи научились получать с помощью оборудования, которое способно измельчать твердое тело в порошок. Этот процесс непрерывен, эффективен и целесообразен.

1 Литературный обзор

1.1 Механическая активизация порошков

При механической активации, частицы порошка приобретают новые поверхности, атомы постоянно взаимодействуют, то есть находятся в активном состоянии. Это способствует возникновению дефектов в частицах, которых располагаются внутри кристаллической решётки. В процессе активации решетка сжимается и это приводит к образованию дефекта, который имеет название кристаллографический сдвиг. Сдвиг, происходит у порошков из металлических материалов с различной валентностью и обладающими каркасной структурой.

Если сравнивать оксиды, которые в своём строении представляют достаточно уплотнённую упаковку атомов, то у них после механической активации изменяется структура и свойство порошка, но не изменяется химический состав. Данный процесс объясняется тем, что приобретение новых свойств в процессе активации их кислородная подрешетка разупорядочивается, что приводит к исчезновению дальнего порядка атомов, а катионы выходят из тетра-пустот в акта-пустоты, которые по размеру гораздо больше.

Стоит отметить, что после окончания механической активации частицы порошка обладают многообразными физико-химическими свойствами, например, такими как магнитность или они с лёгкостью взаимодействуют с другими веществами, что существенно отличает такой порошок от исходного. Можно сделать вывод, что для одного материала механическая активация будет эффективной, то есть будет происходить изменение свойств, а для другого нет [1].

Химические связи такие как металлическая, ковалентная или ионная существенно влияют на процесс активации, отчего полученные свойства и протекания реакции может существенно отличаться. Однако, если исходные

вещества по своим свойствам не очень отличаются друг от друга, то одинаковым будет то, что при их смешивании всегда будет получаться твердый раствор. В случаях, когда свойства смешиваемых веществ не совпадают друг с другом будут получаться эвтектические смеси или химические соединения.

Механохимия[2] развивается в течение 30 лет и изучает инициирование и ускорение химических реакций в газы, жидкости и твердые вещества под воздействием механической энергии. Новое состояние материала, достигаемое при приложении механической силы, называется «активированным». Если во время процесса увеличения реакционная способность материала остается химически неактивной, процесс называется механической активацией. Механическая активация включает изменения энергетического состояния, структуры и химических свойств материалов, подвергнутых механическим воздействиям при диспергировании в отсутствие другого реагента. В наличие другого реагента среди частиц, участвующих в трении или столкновениях, есть механохимической реакции в результате механической активации, что дополнительно индуцирует изменение состава или структуры материала

Механическая активация материалов использовалась во всем мире с целью увеличения поверхности энергия зерновых материалов, что позволяет проводить химические реакции в твердом состоянии. Активация материалов с использованием механические силы могут быть представлены как многоступенчатый процесс, где на каждой стадии изменения материалов физико-химических параметров, а также накопленной энергии.

Энергия механической активации расходуется на работу по расширению микрорезонаторов, что приводит к деформации частиц и энергии, необходимой для создания новых поверхностей. Изделия с механической активацией имеет различные энергетические характеристики, и эти характеристики в значительной степени являются функцией типов мельниц или так называемых механоактиваторов и условий их работы.

Основные роли в процессе имеют мощность фрезерного устройства, массу шлифовальных тел и частоту работы системы. Среди технологических параметров процесса важно указать мощность и время. Размер исходного сырья является менее влиятельным технологическим параметром. Механическая энергия шаров влияет на все процессы в мельнице. Работы, необходимые для достижения шлифования материала, называются конкретными (или механической активации), размерность которой может быть получена из соотношения энергии и массы, энергия, затрачиваемая на процесс [2].

1.2 Физические явления при механической активации

Основой для сверхтонкого измельчения служит измельчительное оборудование, именно оно позволяет получить материал нужных размеров. Эти машины очень быстры и не требуют много места для их эксплуатации, они сильно воздействуют на измельчаемое вещество благодаря большой частоте вращения, характеризуется высокой энергией, которая концентрируется в одну единицу рабочего времени. Измельчительное оборудование способно работать, как в ударном, так и в истирающем режимах, что позволяет добиться в дальнейшем тех эффектов в реакциях, которые способно вызвать только сверхтонкое измельчение вещества. Ученые доказали, что вещества при воздействии механической силы имеют возможность менять состав и строение.

В данных процессах, многочисленные физические явления, которые появляются в результате удара или трения, в конце концов трансформируются в химические явления. Стало быть, можно сказать, что трение, сжатие, вибрации или удар, это те механические воздействия, которые способны при измельчении вызывать различные физические явления:

- электромагнитные волны в широком диапазоне активируют излучение;

- при измельчении в веществах вырабатывается тепло;
- создаётся разность потенциалов и возбуждается эмиссия электронов;
- сплошность материалов нарушается, а свободная энергия на поверхности вещества увеличивается;
- возникают пластические и упругие деформации;
- кристаллическая решетка деформируется, что говорит о появлении линейных и точечных дефектов (дислокации, междоузельные атомы и вакансии), в результате чего возникает избыточная поверхностная энергия;
- разрыв химических связей возникает из-за нарушения сплошности материала при этом могут возникать некомпенсированные связи или радикалы, которые имеют избыточную поверхностную энергию.

Одним из первых ученых, который ввел понятие “механическая активация” оказался А. Смекалов. Он говорил, что это процесс, который определяется как увеличение или уменьшение химических веществ, изменение энергетического состояния при воздействии механических сил [3].

1.3 Измельчение и активация

Измельчение и активация это два неразделимых понятия. Таким образом, любое измельчение это и есть активация частиц, так как во время него увеличивается количество энергии мельящего вещества, главным образом из-за увеличения энергии на поверхности частиц [4].

Следует учитывать тот факт, что размер частицы оказывает влияние на химические и физические свойства измельчаемого вещества. Когда частица достигает минимального размера в веществе должны произойти изменения, то есть в следствии чего могут поменяться его свойства [7]. Однако у такого вещества параметр решетки уменьшиться или станет аморфным, так оно станет поглощать большее количество энергии, которое сможет приравняться к энергии решетки. В некоторых случаях может произойти деструкция, то есть разрушение вещества.

Из механизма, который возникает при соударении двух тел, можно выделить две гипотезы:

- при небольших импульсах, происходит разрушение тела, импульс воздействует механической силой, которая может быть даже ниже предела упругости разрешаемого тела, но воздействовать на него с высокой частотой;
- разрешение может произойти по всему объему тела, но с большей вероятностью, что дефект возникнет вблизи границ где материал более однороден, а также по границам отражения и преломления волн.

Механическая активация уже активно применяется не только в лабораториях при проведении исследований, но и в промышленности для ускорения технологического процесса получения материалов. Однако, существует недостаток, который препятствует более широкому применению данной технологии. Это отсутствие высокопроизводительных мельниц-активаторов в которых происходит измельчение вещества, их изготовление не вышло в масштабы крупно и среднесерийного производства [5]. Одно из главных применений, это получение в мельницах-активаторах однородных композиционных смесей [6].

1.4 Механическая активация в планетарной мельнице

Необходимо развитие технологии измельчения и получения дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Применение технологии измельчения при механической активации, повысит конкурентность предприятий нашей страны, по сравнению с зарубежным рынком [7]. Активация нашла своё применения в таких областях производства, как химическая, керамическая, порошковая и медицинская промышленность.

Планетарные мельницы имеют 3 или 4 барабана, которые одновременно крутятся вокруг своих осей и вращаются в противоположную сторону от центральной. При измельчении материала частицы совершают много соударений друг с другом, со стенками барабана и шарами, которые

закладываются в барабан вместе с активируемым веществом, в зависимости от структуры и природы вещества, шары изготавливают из разного материала. В результате изменяются физические и химические свойства вещества. Частицы прошедшие механическую активацию обладают повышенной способностью вступать в реакцию с другими веществами. При активации можно уменьшить размер частиц, но бывает и так, что при длительной активации частицы слипаются в результате того, что их поверхностная энергия слишком большая, получаются частицы-агломераты. Однако, для этого требуется измельчительное оборудование нового поколения, которое имеет мелкосерийное производство и относится к дорогостоящему. Все эти факторы отличают данную технологию от других методов производства [8].

1.5 Инвар и его физико-химические свойства

Для решения определенных видов задач в научно-технической сфере зачастую можно столкнуться, что природные материалы не соответствуют нужным требуемым свойствам и нужно искать новые, которые будут подходить для решения поставленных задач. Таким перспективным материалом, является сплав железа и никеля, получивший название «Инвар».

Сплавы, получающие новые технологические свойства, которые задаются на этапе изготовления, получили название прецизионные. Данные свойства проявляются во время эксплуатации и становятся решающими в выборе материалов. Благодаря смешиванию различных металлов в заранее подобранной пропорции можно получать уникальные механические, физические и химические свойства. Для изготовления прецизионных сплавов в основном используют такие металлы, как: никель, кобальт, медь, железо, марганец и другие [6].

В данной работе будет рассмотрен сплав железа с никелем, который получил название «Инвар», так как данное слово с латинского языка имеет значение «неизменный». Инвар был создан в Швейцарии известным

металлургом, химиком и изобретателем Геймом в 1896 году. К сожалению, применять данный сплав стали гораздо позже, а, следовательно, и оценили его свойства. За данное открытие ученый получил Нобелевскую премию в области физике, так как особое внимание уделяли физико-химическим свойствам данного сплава. Инвар получил широкое распространение в точной измерительной технике.

Сплав железо и никеля называют инвар, он состоит из следующих компонентов 36% никеля и 64% железа. Первым сплавом такого типа был сплав марки «36НХ» с содержанием элементов 36% никеля, 12% хрома и 52% железа. К сожалению этот сплав обладает недостатками: имеет низкое значение механических характеристик, которые нельзя улучшить термической обработкой и сплав имеет не высокую температуру точки Кюри ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$), что ограничивает рабочий интервал температур.

Наиболее распространённым и часто используемым является сплав марки «36Н», который в России изготавливается по ГОСТ 10994-74.

К основным физическим свойствам инвара можно отнести:

- низкий коэффициент теплового расширения в очень широком диапазоне температур (от $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- предел механической прочности равен 49 кгс/мм^2 ;
- плотность данного стандартного материала составляет 8130 кг/м^3 .

Явление почти полного отсутствия теплового расширения объясняется отрицательной объемной магнитострикцией кристаллической решетки инвара. Это означает, что в результате взаимного отталкивания магнитных полюсов отдельных атомов сплава его кристаллическая решетка «надувается», то есть увеличиваются расстояния между атомами. Однако этот эффект снижается с увеличением температуры (из-за уменьшения магнитных моментов отдельных атомов), что ведет к сжатию кристаллической решетки. Таким образом, уменьшение отрицательной объемной магнитострикции при возрастании температуры противодействует тепловому расширению, которое стремится увеличить расстояния между

атомами. В определенных диапазонах температур эти физические явления способны настолько компенсировать друг друга, что при этом фактически не происходит изменение межатомных расстояний, что препятствует изменению длины (или объема) твердого тела. Эффект инвара исчезает вместе с исчезновением магнитных моментов атомов после достижения температуры магнитного упорядочения соответствующего материала, то есть температуры Кюри или температуры Нееля.

1.6 Применение инвара

Изначально инвар применялся для изготовления дешевых эталонов мер массы и длины. Кроме того, он использовался в конструкциях высокоточных маятниковых часов и хронометров. В наши дни из этого сплава часто изготавливается один слой структуры биметаллов.

Сплавы инвар применяются в большом числе изделий, от которых требуется высокая стабильность линейных размеров при колебаниях температуры. Так, инвар используется в производстве теневых масок для приемных трубок цветных телевизоров, переходов стекло-металл, мембранных танков для перевозки сжиженного природного газа, подложек чипов, корпусов лазерных устройств, волноводов, а также астрономических и сейсмографических приборов [7]. Из этого сплава изготавливают различные датчики, преобразователи энергии, одну из составляющих биметаллических элементов. Благодаря своим характеристикам он использовался для производства эталонов длины и массы. Инвар применяется также в бытовой технике: телевизорах, радиоприёмниках, аудио и видеомагнитофонах, некоторых моделях высокоточных маятниковых часах.

1.7 Обработка сплавов железо-никель

Железоникелевым (инварные) сплавам характерен температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) менее $3,5 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Данный коэффициент имеет сплав марки «З6Н» при температуре не более 100°С.

Для данной группы сплавов свойственна резкая зависимость точки температуры Кюри и значений температурного коэффициент линейного расширения от концентрации различных примесей в исходном веществе и элементов, добавленных для получения заданных свойств, рисунок 1.1.

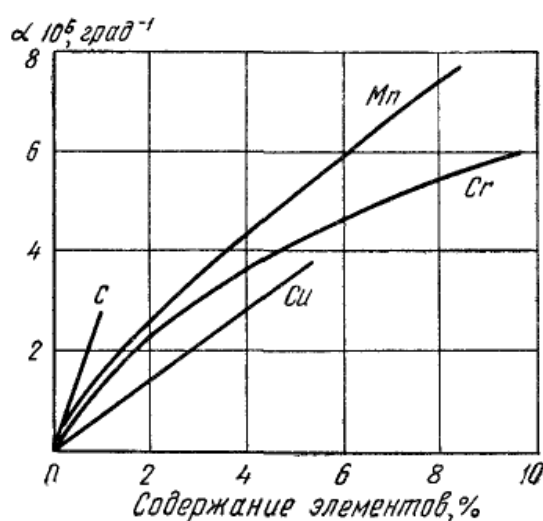


Рисунок 1.1 - Увеличение температурного коэффициента линейного расширения сплава инварного состояния при легировании [9]

При добавлении в сплавы инвара легирующих элементов (например, как хром, меди или других, кроме палладия и кобальта), вызовет увеличение ТКЛР. Однако, необходимо не забывать рассчитывать количество добавленных элементов, а, следовательно, и их влияние на температурный интервал этих сплавов.

Также одной из наиболее эффективных операций является наклеп, сплав марки «З6Н» благодаря данной операции упрочняется. Альтернативой наклёпа еще служит термическая обработка благодаря ей границы зерен укрепляются, тем самым материал упрочняется.

1.8 Механическая активация инвара

Процессы, которые протекают в твердых телах зачастую вызваны воздействием механических сил. Данные процессы являются приоритетными для изготовления техники, а также занимают главное место в создании перспективных и широко востребованных материалов, которые более экономически целесообразны, тем самым их производство намного выгоднее, а самое главное они безопасны для жизни и здоровья людей, по сравнению с теми, которые уже существуют.

Данный материал посвящён образованию фаз и способностью растворения металла никеля в железе, в сплаве марки «36Н», который содержит 36% никеля и 64% железа. Растворение никеля происходит в процессе механической активации данного сплава. Выявлено, что за счёт соударения частиц во время активации происходит их пластическая деформация, в результате которой никель равномерно растворяется и распределяется в α -Fe, что сопровождается перестроением кристаллической решётки вещества из объёмно-центрированной кубической в гранецентрированную.

Данный инварный сплав можно получать двумя наиболее перспективными способами это вакуумно-индукционная плавка и электрошлаковый переплав. Такие методы требуют сложного и дорогостоящего оснащения. Инварные сплавы выплавляют при высоких температурах, а в таких условиях избежать материала, который будет иметь крупное зерно практически невозможно, т.е. с низкими прочностными свойствами и твердостью. Сплавы, которые имеют в своей структуре аустенитную фазу их зерно термическими операциями уменьшить нельзя. В таких сталях измельчение зерна добиваются механической обработкой, а именно обработка давлением её нужно производить многократно для достижения, требуемого результата. Всё это приводит к тому, что процесс

изготовления таких сталей становится трудоёмким и энергозатратным. Поэтому изделия становятся дорогостоящими.

Однако, существует перспективный современный метод получения инварных сплавов это механохимический синтез. В последнее время учёные часто стали задумываться и пытаться объяснить процессы, которые происходят в материалах в процессе механической активации. Механическая активация веществ, а именно направление механохимия даёт огромные возможности для получения разнообразных веществ без высоких термических воздействий[9].

Главный, кто участвует во всех физических и химических процессах во время механохимического синтеза, это коэффициент диффузии атомов. Он отличается от обычной диффузии тем, что концентрация компонентов в веществе велика. Такой коэффициент также получил название «баллистическая диффузия». Благодаря тому, что атомы с быстрой скоростью перемещаются друг относительно друга и происходят различные необратимые изменения в веществе. Пластическая деформация способна изменять не только свойства, а также форм и размер материала.

1.9 Теплое прессование

С начала промышленного применения порошковой металлургии, т.е. прессования и спекания металлических порошков, большие усилия прилагались для улучшения механических свойств изделий порошковой металлургии и сужения допусков на готовые детали с целью расширения сбыта и максимального снижения суммарных затрат.

В последнее время большое внимание уделяется теплomu прессованию как многообещающему улучшению характеристик изделий. Способ теплого прессования позволяет повысить уровень плотности, т.е. понизить пористость готовых деталей. Он применим для большинства систем порошковых материалов. Обычно данный способ ведет к повышению

прочности и улучшению допусков на размеры. При этом достигается также возможность механической обработки заготовок из не спечённого материала, т.е. механической обработки в состоянии после прессования.

Теплое прессование рассматривается как прессование материала из твердых частиц, состоящего главным образом из металлического порошка, при температуре от приблизительно 100°C до приблизительно 150°C с использованием существующих порошковых технологий. Главные проблемы, с которыми сталкиваются при теплом прессовании порошков из нержавеющей стали, заключаются в больших усилиях выталкивания и большом внутреннем давлении прессования. Предпочтительно порошками, которые подвергаются тепловому прессованию, являются предварительно легированные, распыленные водой порошки, которые содержат, в весовых процентах, 10-30% хрома. Эти порошки являются порошками из нержавеющей стали стандартного типа и содержат 0,7-1,0% весового % кремния. Порошок из нержавеющей стали может включать также другие элементы, такие как молибден, никель, марганец, ниобий, титан, ванадий.

Кроме того, средний размер частиц порошка из стали предпочтительно должен превышать приблизительно 30 мкм при приемлемом интервале между 30 и 70 мкм. Однако, при теплом прессовании необходимо добавлять смазки. Её количество в составе, предназначенном для прессования, является важным фактором для возможности получить удовлетворительный результат. Смазки должно быть более 0,8% по весу, предпочтительно не меньше 1,0% по весу и наиболее предпочтительно не меньше 1,2% по весу от всего порошкового состава. Поскольку увеличение количества смазки ведет к снижению конечной плотности в неспеченном состоянии, что объясняется тем фактом, что смазки обычно обладают гораздо меньшим удельным весом, чем металлический порошок, содержание смазки, превышающее 2,0% по весу, оказывается менее важным. На практике полагают, что верхний предел должен быть ниже 1,8% по весу. Незначительное количество смазки должно быть предпочтительно

представлено соединением, обладающим высоким сродством к кислороду, что способствует активности спекания.

Порошок из нержавеющей стали, включающий смазку и присадки, подвергают затем прессованию при повышенной температуре. Теплое прессование может быть выполнено с предварительно нагретым порошком, предварительно нагретой матрицей или тем и другим вместе. Порошок можно, например, предварительно нагреть до температуры свыше 60°C , предпочтительно свыше 90°C . Подходящий диапазон теплового прессования составляет от 100°C до 200°C (предпочтительно прессование может выполняться при температуре ниже приблизительно 150°C). Прессование выполняется на стандартном прессовом оборудовании при давлении прессования, составляющем предпочтительно от приблизительно 400 до 2000 МПа (предпочтительно от приблизительно 500 до 1000 МПа).

Порошковые смеси, применяемые для теплового прессования, могут быть приготовлены главным образом двумя путями. Одним вариантом является приготовление порошковой смеси путем тщательного смешивания стального порошка, смазки (смазок) в форме твердых частиц и средства текучести вплоть до получения однородной смеси. Другим вариантом является приклеивание (прилипание) смазок к частицам порошка из нержавеющей стали. Это можно сделать путем нагрева смеси, включающей стальной порошок и смазку (смазки), до температуры, превышающей температуру плавления смазки (смазок), смешивания нагретой смеси и охлаждения полученной смеси перед добавлением средства текучести. Это можно также выполнить путем растворения смазки (смазок) в растворителе, смешивания полученного раствора со стальным порошком, испарения растворителя с целью получения сухой смеси, к которой затем добавляют средство текучести.

Полученные не спечённые изделия затем подвергают спеканию таким же образом, как и стандартный материал, т.е. при температуре от 1100 до 1400°C (предпочтительно при температуре от 1250 до 1325°C). Более низкая

температура спекания может использоваться для того, чтобы достичь заданной плотности после спекания путем использования теплого прессования вместо прессования при температуре окружающей среды. Кроме того, спекание предпочтительно осуществляется в стандартной неокислительной атмосфере в течение периодов от 15 до 90 минут.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Материал исследования

В работе была исследована порошковая композиция Fe-Ni. Это порошок, содержащий в составе 36% никеля и 64% железа.

2.2 Методы испытания

2.2.1 Механическая активация порошка

Исходный порошок активировали в планетарной мельнице - активаторе «АГО-2», рисунок 2.1. При активации использовали стальные барабаны, скорость вращения которых составила 1820 об/мин и стальные шары диаметром 6-10 мм. Для анализа временной зависимости на размер и форму частиц было использовано несколько режимов: 60 и 300 секунд.



Рисунок 2.1 – Планетарная мельница-активатор АГО-2

2.2.2 Измерение насыпной плотности

Методика определения насыпной плотности заключается в следующем. Порошок насыпают в воронку с выходным отверстием диаметра 5 мм. Порошок просыпается через отверстие в свободном виде в стакан известного объёма, пока порошок не начнет пересыпаться из него. Стакан располагаем под отверстием воронки, объем которого равен $V=25 \text{ см}^3$. Одним движением, взяв лабораторное стекло и не оказывая давления, выравниваем в стакане

поверхность порошка. После того, как выровняли порошок на поверхности, постучим маленько по стакану, чтоб порошок маленько осел и при перемещении не рассыпался. Порошок из наполненного сосуда взвешивали на весах с ценой деления 0,01 г. Испытание проводим по пять раз для каждой партии порошка с разным временем механической активации. Вычисляем среднеарифметическое значение массы пяти навесок для каждой механической активации по формуле 2.1.

$$\Delta m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{5} \quad (2.1)$$

Насыпную плотность порошка рассчитывали по формуле 2.2, где m – «насыпная» масса порошка, V – объём сосуда.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

2.2.3 Электронно-растровая микроскопия

Изображения микроструктуры порошков были получены с помощью растрового электронного микроскопа «VEGA 3 TESCAN», рисунок 2.2. Дальнейшее описание частиц порошка никелида титана будет опираться на ГОСТ 25849-83 (СТ СЭВ 3623-82) «Порошки металлические. Метод определения формы частиц», в котором описаны типовые формы частиц.



Рисунок 2.2 – Растровый электронный микроскоп VEGA 3 TESCAN

2.2.4 Прессование

Прессование проводили с помощью гидравлического пресса и плиты применяя теплое прессование.

Порошок предварительно нагревали вместе со связкой (воск+полипропилен) до 100 °С, загружали в стальную пресс-форму, помещается на гидравлический пресс. Гидравлический пресс создает сжимающее усилие, посредством которого между частицами прессуемого материала создаются связи, удерживающие форму будущего изделия. Нагрузка снимается, образец аккуратно извлекается из пресс-формы.

2.2.5 Спекание

Спекание спрессованных образцов проводили в ИФПМ с использованием вакуумной печи.

Перед началом спекания зарисовывается схема расположения заготовок в печи для того, чтобы в дальнейшем не перепутать образцы. После этого они загружаются в печь в соответствии со схемой. Задается нужная температура спекания и выдерживается определенное время. Время выдержки и температура спекания зависят от состава порошковой смеси в первую очередь и от размера заготовки – во вторую. По истечении времени спекания печь выключают и заготовки охлаждаются вместе с ней.

В данной работе использовались следующие параметры спекания: $t_{\text{спек}}=1300^{\circ}$, $\tau_{\text{выд}}=2\text{ч}$. Которые были выбраны согласно диаграмме состояния двухкомпонентной системы железо-никель представленной на рисунке 2.3.

Твердофазное спекание проходит при температуре ниже температуры плавления самого легкоплавкого компонента порошковой композиции (температура плавления никеля 1455°C и 1536°C для железа).

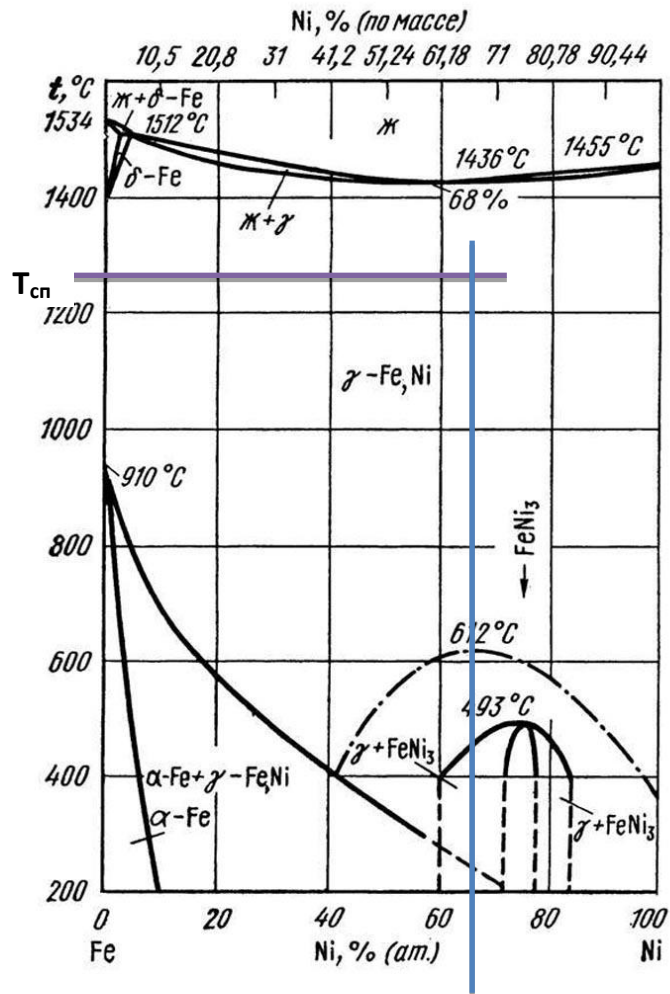


Рисунок 2.3 - Диаграмма состояния двухкомпонентной системы железо-никель

2.2.6 Подготовка поверхности образцов, травление

Для обработки и дальнейшего исследования выбирается поверхность с меньшим количеством дефектов.

Шлифование образца проводят с помощью наждачной бумаги, начиная с самой грубой (с наибольшей шероховатостью), переходить на следующую бумагу следует после полного устранения рисков (царапин), образовавшихся от работы на предыдущей бумаге. Под наждачный лист следует положить шлифованное стекло. Шлифование производится возвратными прямолинейными движениями, при этом обрабатываемая поверхность движется по абразиву. Перемещать образец следует от себя с небольшим нажатием (рабочий ход), а к себе совсем без нагружения, холостым ходом (не

отрывая обрабатываемую поверхность от абразивной бумаги). Перед сменой шероховатости бумаги, следует протирать поверхность спиртом для того, чтобы убрать частицы абразива, а также необходимо поворачивать на 90° относительно предыдущего направления движения.

После завершения шлифования поверхность полируется до зеркального блеска с помощью алмазных паст разной дисперсности. При полировании следует держать образец перпендикулярно относительно вертикали в пространстве, чтобы избежать заломов. Поверхность считается подготовленной, когда она имеет зеркальный блеск.

После того, как поверхность приобрела зеркальный блеск без рисок и царапин, можно проводить травление, которое необходимо для оценки микроструктуры поверхности образца.

В соответствии с целями травления и материалом образца выбирается травитель (в данном случае использовали HNO_3 - 68 % и HCl - 32%, травление осуществляли в течении 180 секунд), после с помощью ваты его наносят на подготовленную поверхность и засекают время. Травить рекомендуется лишь часть поверхности образца, чтобы в случае перетравления не пришлось заново готовить образец, а протравить часть чистой поверхности. По окончании засеченного времени поверхность протирают спиртом. После оценивается получившаяся поверхность на микроскопе. Если границы зерен четко различимы, то травить больше не следует, в противном случае травление повторяют.

2.2.7 Измерение микротвердости

Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере ПМТ-3 по следующей последовательности действий:

- Подготавливается поверхность образца, ее необходимо очистить от загрязнений с помощью спирта.

- На стержень нагружающего устройства устанавливается необходимая нагрузка.
- Исследуемый образец крепится к специальной пластине и устанавливается на опорном столике. При помощи вращения настроечных винтов настраивается фокус микроскопа на поверхность образца.
- Далее выводится перекрестье линий в центр поля наблюдения. Проводится отцентровка прибора, при помощи совпадения образующегося отпечатка с перекрестьем линий окулярного микрометра.
- Выбранный участок поверхности образца подводится под перекрестье линий с помощью вращения микрометрических винтов на опорном столике. Необходимо соблюдать расстояние между центрами соседних уколов и расстояние от центра отпечатка до края образца, которые должны быть не меньше двух длин диагонали большего отпечатка каждое;
- Для укола следует плавно повернуть опорный столик с образцом на 180° до упора и медленно опустить ручку индентора на образец. Индентор поднимается после выдержки 5–7 секунд плавно и аккуратно, столик возвращается в исходное положение без резких движений.
- Определяется длина диагонали отпечатка в единицах деления винта шкалы микрометра с помощью окуляр-микрометра. Для этого с помощью винта отводится перекрестье линий сначала в крайнее правое положение так, чтобы оно охватывало две стороны квадрата отпечатка, и фиксируется показание шкалы, рисунок 2.4 (а), затем- в крайнее левое, рисунок 2.4 (б) и снова фиксируется показание шкалы. Разность показаний шкалы – это и есть размер диагонали, измеренный в единицах деления шкалы микровинта.
- Вычисляется размер диагонали отпечатка в микрометрах, умножением полученного значения на переводной коэффициент k . Если размер диагонали не входит в рекомендуемый диапазон: 15–30 мкм или если

он больше полуторной толщины образца, то нужно изменить нагрузку и повторить измерение.

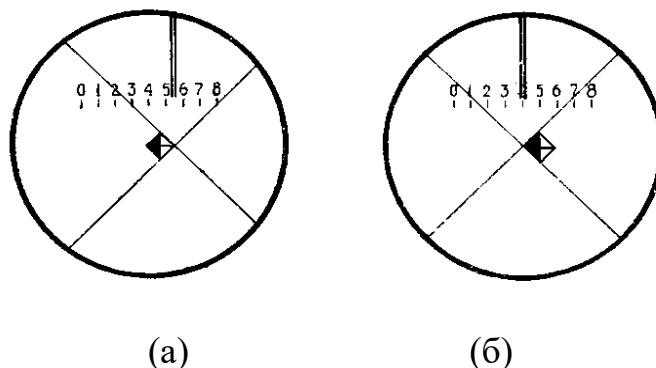


Рисунок 2.4 - Схема измерения диагонали отпечатка

Аналогичным образом измеряется еще несколько диагоналей отпечатков, вычисляется среднее значение длин всех диагоналей. Значение микротвердости рассчитывается по формуле 2.3. Для экспресс-оценки результатов измерений микротвердости пользуются специальными таблицами.

$$HV = \frac{1,8544P}{d^2}, [\text{кгс/мм}^2] \quad (2.3)$$

2.2.8 Металлографические исследования

Металлографические исследования проводились с помощью оптического микроскопа, программ Siams и ImageJ.

- Перед исследованием нужно очистить поверхность образца спиртом для получения чистой зеркальной поверхности;
- Включить микроскоп и компьютер;
- Зафиксировать образец на предметном столике микроскопа;
- Выбрать нужную линзу микроскопа и настроить фокус;
- Изучить микроструктуру, сделать несколько фото с помощью программы Siams при каждом интересующем увеличении;

- Сохранить изображения из программы в формате изображения;
- Загрузить полученные графические файлы в программу ImageJ и произвести необходимые расчеты (размер зерен, пор, различных включений и фаз и др);
- Сохранить полученные результаты в формате таблицы Excel

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ81	Коновалова Мария Алексеевна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%; - норма амортизации 10%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- ставка налога на прибыль 20 %; - страховые взносы во внебюджетные фонды 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика проекта: - Определение структур работ; - Определение трудоемкости работ; - Разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Сегментирование рынка*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *График и бюджет НТИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ81	Коновалова Мария Алексеевна		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данная работа посвящена изготовлению деталей из порошка "Железо-никель", который характеризуется малым температурным коэффициентом термического расширения, что делает данные изделия конкурентоспособными во многих отраслях промышленности.

Исходя из особенностей данного материала, можно судить о круге лиц, которые потенциально будут заинтересованы в разработке. Целевым рынком разработки являются заводы, где изготавливают ответственные детали повышенной точности, работающих в условиях отличных от климатических, коррозионно стойких, а также выполняющих свои функции при высоких механических нагрузках в широком диапазоне температур.




Материал широко применяется в приборостроении, где необходимо соблюдение условия, при котором детали не меняют своих характеристик при изменении температуры окружающей среды. Из сплава производят элементы датчиков и часть биметаллических конструкций, а также эталоны длины и массы благодаря улучшенным характеристикам.

Соединение нашло свое применение в бытовой электронике, а также некоторых элементах маятниковых часов. Сложность изготовления материала требует аккуратного обращения с аппаратурой, в которой оно используется. выполняющих свои функции в условиях повышенной влажности по производству корпусов, деталей, подшипников для машин.

Сегментировать рынок услуг можно по степени потребности использования данных расчетов. Результаты сегментирования представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов.

		Вид интернет-ресурса		
		Приборостроение	Бытовая электроника	Часовая промышленность
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

	Фирма А		Фирма Б		Фирма В
---	---------	---	---------	---	---------

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Использование механической активации позволяет увеличить химическую активность вещества вследствие увеличения его внутренней энергии. Подобный процесс возможно осуществить в устройствах, реализующих различные механизмы силового воздействия на порошковую смесь; в результате приобретенная механическая энергия накапливается в виде структурных дефектов кристаллической решетки. Запасенная энергия, полученная под воздействием механической активации, высвобождается при проведении синтеза с повышением температуры[16]. Наибольшей эффективностью из всех активаторов обладают устройства планетарного типа, позволяющие достигнуть максимальных значений запасенной энергии в системе. Однако широкое распространение в технологии порошковой металлургии также получили барабанные мельницы, которые и будут рассмотрены для анализа конкурентных технических решений. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направление для её будущего повышения.

В таблице 5.2 приведена оценка конкурентов, где $B_{п}$ - это планетарная мельница, которая применяется в данной работе и $B_{б}$ - барабанная мельница в которой тоже можно проводить механическую активацию порошка.

Таблица 5.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$B_{п}$	$B_{б}$	$K_{п}$	$K_{б}$
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда	0,3	5	3	2	1.2
2. Доступность материалов	0,12	4	1	0.88	0,22
3. Расход материала	0,18	2	1	0,4	0,2
4. Надежность	0,2	4	4	2.08	2.08
5. Безопасность	0,2	3	3	1.56	1.56
Итого	1	18	12	6.92	5.26
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность	0,6	5	3	2	1.2
2. Финансирование научной разработки	0,4	2	1	0,2	0,1
Итого	1	7	4	2.2	1.3

Оценка качества и перспективности по технологии определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i \quad (5.1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Вывод: Конкурентоспособность барабанной мельницы по сравнению с планетарной низкая, так как у планетарной производительность труда больше, следовательно, время технологической операции заметно уменьшается. Получение исходного порошка инвара (железо + никель)

занимается в промышленном масштабе компания АО "Полема" в России, однако механической активации, во время данной работы его подвергали в ИФПМ СО РАН, обрабатывая в планетарной мельнице-активаторе в течении 10 секунд. Данный порошок также активировали и барабанной мельницы в течении часа. Он показал аналогичные свойства.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ, представлен в таблицы 5.3.

Таблица 5.3 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Улучшение свойств порошка после механической активации</p> <p>С2. Квалифицированный персонал.</p> <p>С3. Наличие предприятий, куда можно внедрить исследуемую технологию.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Не много информации про подобные исследования</p> <p>С2. Большой срок поставок расходных материалов для эксплуатации</p> <p>С3 Сложности в обслуживании оборудования при проведении научного исследования (необходимо вызывать мастера).</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Возникновение дополнительного спроса на новую технологию</p> <p>В2. Использование нового оборудования</p> <p>В3. Выиграть грант по разработке.</p>	<p>Использование в разработке технологии новейшее оборудование</p> <p>Высокий уровень квалифицированных специалистов</p> <p>Улучшению качества проводимых исследований</p>	<p>Исследование можно внедрять на производстве, которое работает с порошком..</p> <p>Свойства механически активированного порошка в разы превышают свойства исходного. Заинтересованность производителя во внедрении технологии в свое производство.</p>

Таблица 5.3 (продолжение)

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2 Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p> <p>У3. Проблемы с внедрением метода в промышленные масштабы</p>	<p>Изготовление изделий, которые необходимы в быту</p> <p>Привлечь инансирование из других источников (гранты).</p> <p>Предоставление предприятиям специальных государственных программ для развития бизнеса.</p>	<p>Отсутствие альтернативных методов может стимулировать внедрение.</p> <p>Заключение договора на поставку с различными предприятиями страны.</p> <p>Участие в научно-исследовательских форум для превлечения предприятий и персонала.</p>
--	---	--

Затем необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта		
Возможности проекта		C1.	C2.	C3.
	B1.	-	-	+
	B2.	+	+	0
	B3.	+	+	+
		Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		C1.	C2.	C3.
	B1.	+	+	+
	B2.	-	+	+
	B3.	0	-	-

Таблица 5.4 (продолжение)

		Сильные стороны проекта		
Угрозы		C1.	C2.	C3.
	У1.	-	0	+
	У2.	0	+	-
	У3.	-	-	+
		Слабые стороны проекта		
Угрозы		C1.	C2.	C3.
	У1.	+	-	0
	У2.	-	-	+
	У3.	+	0	-

Вывод: Таким образом, определенные в ходе анализа сильные и слабые стороны производства дают возможность определить те параметры, которые являются выигрышными: улучшение свойств исходного порошка и наличие предприятий куда можно внедрить разработку их нужно развивать и поддерживать на необходимом уровне.

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4

Таблица 5.5 (продолжение)

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	2
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	44	44

При проведении анализа по таблице 5.3, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает

не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

В результате можно сделать вывод, что перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся на одном уровне и имеют среднюю перспективность.

Вывод: Необходимо проработать слабые стороны проекта и улучшить показатели выхода на мировой рынок. Для дальнейшего развития проекта и подготовки его к коммерциализации необходимо провести анализ рынка сбыта и разработать бизнес-план по продвижению продукта на рынок. В будущем также необходимо рассмотреть возможность международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок. Так как уровень компетенций разработчиков в сфере коммерциализации не является достаточным, поэтому в дальнейшем потребуется привлечение дополнительных специалистов в команду проекта.

Необходимо также сосредоточить свое внимание на вопросах финансирования научной разработки при ее коммерциализации, рассмотреть возможности использования услуг инфраструктуры поддержки и получения льгот.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации выбирается торговля патентными лицензиями и инжиниринг. Торговля патентными лицензиями подразумевает передачу третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе и тем самым будут получены средства для продолжения дальнейших научных исследований. Выбор данного метода коммерциализации будет способствовать успешному продвижению разработки на той стадии, на которой находится научный проект. Также в качестве метода коммерциализации выбран инжиниринг, в связи с тем что данный метод предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта, представлены в таблице 5.6

Таблица 5.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов

Таблица 5.6 (продолжение)

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Разработчик проекта (магистрант)	Получение изделий с новыми технологическими свойствами
Производители конструкций и деталей для машин, подшипников из полимерных материалов	Появление новых материально выгодных полимерных материалов со специальными свойствами

В таблице 5.7 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях их достижения.

Таблица 5.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение изделий с новыми технологическими свойствами
Ожидаемые результаты проекта:	Получение деталей с улучшенными физическими, химическими и механическими характеристиками
Критерии приемки результата проекта:	Эффективность готовых полученных изделий в результате исследования. Уменьшение пористости готовых изделий улучшит механические свойства материала.
Требования к результату проекта:	Требования:
	Получение деталей с минимальным термическим коэффициентом термического расширения
	Повышение коррозионной стойкости данных деталей.
	Определение оптимальных условий проведения процесса

5.2.2 Организационная структура проекта

Следующим шагом является определение того кто будет входить в рабочую группу данного проекта, роли каждого участника в данном проекте, а также функций, выполняемых каждым из участников и их трудозатраты. Данная информация представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ваулина О. Ю, доцент ТПУ, отделение материаловедения, к.т.н.	Руководитель проекта	Реализация проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координация деятельности участников проекта	100
2	Овечкин Б.Б доцент ТПУ, отделение материаловедения, д.т.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению ВКР	100
3	Забродина И.К., ТПУ, ОИЯ, препод.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению английской части	3
4	Рыжакина Т.Г., ТПУ, ОСГН, доцент, к.э.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3
5	Романцов И.И., ТПУ, ОБД, препод. к.т.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	3
6	Коновалова М.А., ТПУ, ОМ, магистрант	Исполнитель по проекту		1000
ИТОГО				1209

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Эта информация представлена в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
1. Бюджет проекта	339173 рубля
2. Источник финансирования	НИТПУ
3. Сроки проекта	09.09.2018 – 31.05.2020
3.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	30.09.2018
3.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2020

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 5.1 представлен шаблон иерархической структуры.



Рисунок 5.1 – Иерархическая структура по ВКР

5.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта в таблице 5. 10.

Таблица 5.10 – Календарный план проекта

Код раб.	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окон-я работ	Состав участников (ФИО исполн.)
1.	Утверждение проекта	33	03.09.2018	05.10.2018	Овечкин Б.Б.
2.	Утверждение научного руководителя	8	03.09.2018	10.09.2018	Ваулина О.Ю.
3.	Утверждение темы проекта	25	11.09.2018	05.10.2018	Ваулина О.Ю.
4.	Обзор литературы	33	06.10.2018	08.12.2018	Коновалова М.А.
5.	Исследование порошка	23	09.12.2018	31.12.2018	Коновалова М.А.

Таблица 5.10 (продолжение)

Код раб.	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окон-я работ	Состав участников (ФИО исполн.)
6.	Измерение насыпной плотности	31	01.01.2019	31.01.2019	Коновалова М.А.
7.	Изучение размера и формы частиц порошка	52	01.02.2019	21.03.2019	Коновалова М.А.
8.	Механическая активация порошка	91	22.03.2019	20.06.2019	Коновалова М.А.
9.	Получение связки для прессования образцов	117	21.06.2019	14.10.2019	Коновалова М.А.
10.	Подготовка смеси для прессования	84	15.10.2019	06.01.2020	Коновалова М.А..
11.	Прессования и спекание порошка	53	07.01.2020	28.02.2020	Коновалова М.А..
12.	Полировка и шлифовка полученных образцов	16	29.02.2020	15.03.2020	Коновалова М.А.
13.	Снимки структуры и микротвердости	23	16.03.2020	07.04.2020	Коновалова М.А.
14.	Подготовка отчета	54	08.04.2020	31.05.2020	Коновалова М.А.
15.	Защита магистерской диссертации по теме проекта	14	01.06.2020	14.06.2020	Коновалова М.А.
ИТОГО:		657	03.09.2018	13.06.2020	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2018				2019								2020								
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	
Составление технического задания		■																				
Изучение литературы			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Экспериментальная часть						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Обработка результатов																					■	■



– магистрант (Коновалова М.А.)



– руководитель (Ваулина О.Ю.)

5.4 Бюджет научного исследования

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ
Измерение насыпной плотности порошка	Порошок инвара марки "З6Н"	Воронка для измерения насыпной плотности, секундомер.
Механическая активация порошка	Порошок инвара марки "З6Н"	Планетарная мельница-активатор "АГО-2"
Получение связки	Полипропилен и воск	Плитка, весы.
Изготовление образцов	Порошок инвара марки "З6Н", полипропилен и воск	Разрывная машина (пресс), вакуумная печь.
Шлифование образцов	Образцы	Наждачная бумага различной образивности и алмазная паста.
Измерение микротвердости	Образцы, спирт.	Электронный оптический микроскоп, компьютер

Для учета затрат на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, производится расчет стоимости материальных затрат по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты представлены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Кол-во	Цена за единицу с НДС, руб	Сумма, руб
Порошок инвара марки "З6Н"	100 г.	1250	125
Полипропилен	20 г.	40	20
Воск	50 г.	350	175
Спирт	200мл.	400	100
Воронка для измерения насыпной плотности	1 шт.	2410	2410
Секундомер	1 шт	360	360

Таблица 5.13 (продолжение)

Наименование	Кол-во	Цена за единицу с НДС, руб	Сумма, руб
Плитка	1 шт	1120	1120
Весы лабораторные	1 шт	2680	2680
Набор наждачной бумаги	1 шт	1350	1350
Алмазная паста	1 шт	560	560
Всего за материалы			7685
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			918
Итого по статье С _м			8603

Далее описаны все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме и занесены в таблицу 5.14.

Таблица 5.14 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, год	Амортизация за год, тыс. руб	Амортизация за время использования, руб.
1	Мельница активатор «АГО-2»	1	3810	10	381	10438
2	Электронный оптический микроскоп	1	111,5	3	37.1	305
3	Разрывная машина "P-20"	1	58,4	6	9,7	160
4	Вакуумная печь	1	3690	3	123	3845
5	Твердомер "ПМТ 3"	1	23	2	11,5	63
Итого:			7693263	Итого:		14811

Расчет основной заработной платы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда, по формуле 5.3. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.15.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.3)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле 5.4:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.4)$$

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

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 5.5:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.5)$$

где: Z_m – 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_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 5.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	99	99
- праздничные дни	14	14

Таблица 5.15 (продолжение)

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	100	218

Месячный должностной оклад работника, по формуле 5.6:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (5.6)$$

где: Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_b определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	К _{пр}	К _д	К _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _{раб.} , раб.дн.	З _{осн.} , руб.
Руководитель	20400	1	0,014	1,3	30232,8	1553,25	100	155325
Магистрант	4000	-	-	1,3	5200	267,16	218	58240,88

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы по формуле 5.7:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 5.17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.17– Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата, руб.	155325	58240,88
Дополнительная зарплата, руб.	16830,1	5824,1
Итого по статье С _{зп} , руб.	236219,8	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} (Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}) = 0,302 \cdot (155325 + 16830,1) = 51991 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Накладные расходы

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 5.8:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.8)$$

где: $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (155352 + 16830,1) = 27549,12 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции (таблица 5.18).

Таблица 5.18 - Затраты по статьям на разработку научного исследования

Затраты по статьям						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Амортизационные отчисления, связанные с использованием оборудования для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
8603	14811	213566	22654	51990	27549	339173

Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (таблица 5.19). Для научного проекта выбираем проектную организационную структуру.

Таблица 5.19 – Организационная структура проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражающий требования к коммуникациям со стороны участников проекта представлен в таблице 5.20.

Таблица 5.20 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Информация о текущем состоянии научного проекта	Участники проекта	Исполнителю проекта	Еженедельно (понедельник)
3	Еженедельный отчет и информация о проведенных внештатных работах	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану производства

Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 5.21.

Таблица 5. 21 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления риска	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска
1	Изменение температуры	Перепад напряжения	На свойства конечного продукта	Средний	Автоматизация процесса
2	Отсутствие выдачи заработной платы сотрудникам	Остановка финансирования проекта	На конкурентоспособность товара	Низкий	Несколько источников финансирования
3	Отсутствие поставки сырья	Повышение стоимости сырья	На выход продукта	Средний	Несколько поставщиков сырьевых материалов

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

Социальная эффективность научного проекта (таблица 5.22) учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 5.22 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Недолговечность изделий	Увеличение срока службы эксплуатации изделий из полученного материала
Невозможность изготовления деталей, работающих при высокой температуре	Повышение температурного режима эксплуатации изделий из полученного материала

5.5.1 Оценка сравнительной 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 по следующей формуле 5.9:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (5.9)$$

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

Φ_{pi} – 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).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле 5.10:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.10)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы 5.23.

Таблица 5.23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,25	4	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,10	4	3	3
3. Надежность	0,20	5	3	4
4. Безопасность	0,10	5	4	3
5. Простота эксплуатации	0,15	4	4	4
6. Возможность автоматизации производства	0,20	5	4	5
Итого	1	26	23	23

$$I_m^p = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,5$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,10 + 3 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,95$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,00$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 5.11:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (5.11)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле 5.12:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (5.12)$$

где: \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 5.24.

Таблица 5.24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,19	0,17	0,17
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,95	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,68	23,23	23,53
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	-

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является

наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента рассчитан бюджет научного исследования, который составил 339173 руб., а также провели оценку, конкурентоспособности технических решений тем самым инвестиционный проект можно считать выгодным и экономически целесообразным.