

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

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние механической активации порошка на структуру стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии

УДК 669.18:621.762

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	У Лунлун		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Даренская Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин В.Е.	д.ф.-м.н., акад. РАН		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (бакалавриат)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

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

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки

Материаловедение и технологии материалов

Кафедра

Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Панин В. Е.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	У Лунлун

Тема работы:

**Влияние механической активации порошка на структуру стали
03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии**

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 3138/с от 22.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Стальной образец, полученный из механически активированной в течение 10 минут порошковой композиции 03X17H12B методом порошковой металлургии. Прессование проводили на гидравлическом прессе методом холодного одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

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

1. Аналитический обзор литературы о порошковой металлургии и механической активации металлических порошков с целью выяснения достижений мировой науки техники в данной области.
2. Освоение методик пробоподготовки и исследований: металлографический анализ,

подлежащих разработке; заключение по работе).	рентгеноструктурный анализ, оценка пористости, измерение микротвёрдости. 3. Проведение исследований и анализ полученных экспериментальных данных. 4. Обсуждение результатов выполненной работы. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность. 7. Заключение по работе.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация ВКР в Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент...	Конотопский В.Ю
Социальная ответственность	Кырмакова О.С
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	Даренская Е.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	У Лунлун		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 13 рис., 21 табл., 25 источников литературы.

Ключевые слова: порошковая металлургия, спекание, механическая активация, пористость, фазовый и металлографический анализ.

Объектом исследования является стальной образец, полученный из механически активированной в течение 10 минут порошковой композиции 03X17H12B методом порошковой металлургии.

Цель работы – Рассмотреть влияние механической активации порошковой композиции 03X17H12B на пористость и фазовый состав спеченной стали.

В процессе исследования проведены: подготовка образцов, оценка пористости, металлографический и рентгеноструктурный анализ, измерение микротвёрдости.

В результате исследований определено влияние механической активации порошковой композиции в течение 10 минут на структуру и фазовый состав спеченной стали 03X17H12B.

Основные характеристики спеченной стали 03X17H12B: пористость – 15,7 %; микротвердость – 158 кг/см³; аустенито-ферритная структура.

Степень внедрения: Результаты работы доложены и обсуждены на Молодежной школе, проводимой в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении» (9-11 июня 2016 г, г. Томск).

Область применения: для изготовления деталей сложной формы в машиностроительной, космической промышленности и авиастроении.

Экономическая значимость работы заключается в возможности использования результатов при разработке новых составов порошковых композиций для получения стальных изделий методами порошковой металлургии, включая современные методы, такие как аддитивные технологии и инжекционное формование.

Содержание

Введение	7
1. Порошковая металлургия	8
1.1. Основы порошковой металлургии	8
1.2. Способы получения порошковых материалов	10
1.3. Технология порошковой металлургии	19
1.4. Механическая активация порошков	20
2. Материалы и методики исследований	23
2.1. Материалы исследований	23
2.2. Методики исследований	25
2.2.1 Подготовка образца	25
2.2.2 Травление поверхности образца	26
2.2.3 Металлографический анализ	27
2.2.4 Измерение микротвердости	29
2.2.5 Оценка пористости	32
2.2.6 Фазовый анализ	33
3. Результаты исследований	35
3.1. Фазовый анализ	35
3.2. Металлографический анализ	38
3.3. Оценка пористости	40
3.4. Измерение микротвердости	43
4. Финансовый менеджмент	45
5. Социальная ответственность	61
Заключение	77
Список публикаций студента	79
Список литературы	80

Введение

Порошковая металлургия является одним из основных направлений развития современного, высокоэффективного производства развитых стран мирового сообщества. Основы технологии порошковой металлургии используются при разработке новых ресурсоэффективных технологий, исключающих или уменьшающих недостатки классической порошковой металлургии. К таким современным технологиям можно отнести аддитивные технологии и получение изделий методом инжекционного формования порошковых металлов. Изготовление металлических изделий из порошков, позволяет получать детали сложной формы без последующих обработок и потери дорогостоящих материалов. Разработка новых составов порошковых композиций является важной задачей, решение которой позволит получить изделия с требуемыми свойствами.

Объектом исследования в данной работе является хромоникелевая сталь 03X17H12B, полученная методом порошковой металлургии. В качестве исходного сырья использовали порошковую смесь, состоящую из отдельных компонентов: карбонильного железа, хрома, никеля и углерода (сажа). Порошковую смесь подвергли механической активации в течение 10 минут.

В литературе встречается немного информации о влиянии механической активации металлических порошков на процессы прессования и спекания и структуру спеченных изделий. В связи с этим данная работа направлена на рассмотрение влияния механоактивации порошков на основе системы Fe-C-Cr-Ni на пористость и фазовый состав спеченных изделий. Результаты, полученные в работе, будут полезны для исследователей, занимающихся порошковой металлургией.

Работа была представлена в виде доклада на Молодежной школе, проводимой в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении» (9-11 июня 2016 г, г. Томск).

1 Порошковая металлургия

1.1 Основы порошковой металлургии

Порошковая металлургия представляет собой область промышленности, которая охватывает весь спектр методов получения металлических порошков и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и деталей из них или их смесей с порошками неметаллов без плавления основного компонента [1].

Среди имеющихся различных способов обработки металлов порошковая металлургия имеет особое место, так как позволяет изготавливать не только изделия сложных форм и различных назначений, но и создавать принципиально новые материалы, которые сложно или невозможно получить другим путем. Такие материалы могут иметь уникальные свойства, а также можно значительно повысить экономические показатели производства. Коэффициент использования материала в процессе порошковой металлургии составляет около 100 процентов [2].

Порошковая металлургия находит широчайшее применение для изготовления деталей, работающих в различных условиях работы. С помощью порошковой металлургии можно производить изделия, обладающие специальными свойствами.

Основные преимущества методов порошковой металлургии [3]:

1. Снижение затрат на дальнейшую механическую обработку, которую можно исключить или существенно уменьшить. Получение готового изделия, имеющего точные размеры и форму. Обеспечение поверхности изделия высокого качества.

2. Применение энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Сокращение числа операций в технологической цепи производства деталей. Использование более 97 процентов сырья. Осуществление большинства последующих сборочных этапов на стадии спекания.

3. Получение изделий со специальными свойствами, использование многокомпонентных смесей, объединение металлических и неметаллических компонентов. Получение изделий требуемой пористости (фильтры) с регулируемой проницаемостью, например, самосмазывающиеся подшипники скольжения.

4. Получение более высоких технологических, эксплуатационных и экономических характеристик продукции по сравнению с традиционными технологиями.

5. Упрощение изготовления филигранных изделий.

6. Обеспечивает прецизионное производство. Соответствие размеров в серии изделий.

Уже в древние времена применяли порошки металлов. Медные, серебряные и золотые порошки применяли для декоративных целей в красках. Возрождение порошковой металлургии и превращение её в отдельный технологический метод обработки произошло благодаря ученым из России В.В. Любарскому и П.Г. Соболевскому, они в 1826 г. разработали технологию прессования и спекания порошка платины [4].

Стандартная технология производства деталей методами порошковой металлургии включает четыре основных операции:

- 1) получение порошков исходного материала;
- 2) формование прессовок;
- 3) спекание;
- 4) окончательная обработка.

Каждая из этих операций влияет на формирование свойств готового спеченного изделия. Использование различных методов производства порошков металлов позволяет оказывать влияние на свойства порошков, их качество и экономические показатели.

1.2 Способы получения порошковых материалов

Все встречающиеся в современной практике способы получения порошков разделяют на две группы [5]:

- механические способы;
- физико-химические.

К механическим способам получения порошков относятся технологические процессы, при которых исходный материал в результате действия внешних сил измельчается без изменения химического состава.

К физико-химическим способам относятся технологические процессы, в которых получение порошка связано с изменением химического состава исходного сырья в результате глубоких физико-химических превращений. При этом конечный порошок, как правило, отличается по химическому составу от исходного материала.

Механические способы получения порошков. Механические способы изготовления порошков включают в себя [6]:

1. дробление и размол;
2. распыление расплавленного металла;
3. грануляция;
4. обработка металлов резанием.

Дробление и размол. В качестве сырья для производства порошков можно использовать отходы производства (стружки, обрезки). Этим способом можно получать порошок любого металла. На практике чаще используют для передела в порошок губчатые осадки металлов, полученных восстановлением газами или электролизом, а также измельчение хрупких металлов и сплавов [7].

Механическое измельчение наиболее эффективно, когда в качестве сырья используют вторичное сырьё производства (стружки, обрезки, скрап). Однако иногда применяют механический размол и для исходного сырья, не являющегося отходами производства. Примером может служить

изготовление порошка из хрупких материалов (Si, Be), порошка бронзы или легированных сплавов требуемого химического состава [8].

Сущность измельчения заключается в ударных, скалывающих и истирающих действиях мелющих тел, стенок измельчающих устройств и самой измельчаемой массы. Во время дробления твердых материалов протекают упругие и пластические деформации, которые приводят к возникновению и накоплению микротрещин. Эти микротрещины приводят к образованию новых поверхностей раздела и разрушению материалов. Размалыванию хорошо поддаются непластичные хрупкие материалы (Si, Mn, тугоплавкие соединения). Пластичные металлы поддаются размолу значительно хуже (Cu, Zn), они при размоле деформируются, т.е. сплющиваются, и даже слипаются.

Процесс получения с помощью механического измельчения металлических порошков состоит обычно из следующих операций [7]:

- подготовки шихты, заключающейся в предварительном грубом дроблении, получении стружки или приготовлении сечки (небольших кусков проволоки);
- измельчении шихты в мельницах;
- отжига порошка (для снятия наклёпа).

Для грубого дробления используются обычно щековые, молотковые, конусные и валковые дробилки, схожие с дробилками, применяемыми в горнорудной промышленности. После грубого дробления получают частицы размерами от 1 до 10 мм.

Окончательное измельчение и получение порошка металла проводится в шаровых, вибрационных, вихревых или планетарных мельницах.

Распыление и грануляция жидких металлов. Одним из наиболее производительных способов получения металлических порошков является распыление и грануляция жидких металлов. Распыление расплава считается

относительно простой и недорогой технологией производства порошков металлов, имеющих температуру плавления до 1600°C [6].

Измельчение расплавленного металла проводят одним из следующих способов:

- распыление – дробление струи расплава водой или газом при установленном давлении;
- центробежное распыление – удары лопаток вращающегося диска;
- грануляция – сливание струи расплавленного металла в жидкость, например, воду.

Процесс распыления расплавленной металлической струи потоком газа может проходить по разным схемам. Поток газа, распыляющий струю расплава, может соосно обтекать струю расплава, обтекать под некоторым углом к оси струи и быть направленным к оси струи под прямым углом.

Обработка металлов резанием. Получение порошков с помощью обработки металлов резанием используются на практике очень редко. Порошки получают при станочной обработке металлов, подбирая режим резания, обеспечивающий образование частиц, а не сливной стружки.

Далее образующуюся крупную стружку измельчают в шаровых, вихревых или других аппаратах, а из мелкой стружки с величиной частиц около 1 мм можно изготавливать изделия без дальнейших обработок. Иногда применение этого метода является почти единственным возможным для получения порошка. Прежде всего, это относится к металлам, которые имеют близкое сродство с кислородом, особенно в состоянии высокой дисперсности. Например, этим способом получают порошок магния.

Физико-химические методы получения порошков

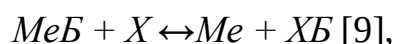
Физико-химические методы получения порошков включают в себя [6]:

1. восстановление оксидов и солей;
2. электролиз;
3. диссоциация карбониллов;

4. гидрометаллургический способ.

Восстановление оксидов и солей. Одним из наиболее часто используемых и экономичных способов получения порошков является восстановление металлов из оксидов и солей. В качестве исходных материалов для этого способа применяют руды, отходы металлургических производств и другие относительно дешевые виды сырья.

Восстановлением называют процесс получения металла из его химического соединения, при котором происходит отнятие неметаллической части (кислорода, солевого остатка) с помощью веществ, называемых восстановителями [9]. Процесс восстановления также является и процессом окисления. Если исходное химическое соединение (оксид, соль) теряет неметаллическую часть или восстанавливается, то восстановитель вступает с неметаллической частью во взаимодействие или окисляется. Реакцию восстановления можно записать в следующем виде:



где *Me* – любой металл, порошок которого нужно получить;

B – неметаллическая составляющая (кислород, солевой остаток и др.) восстанавливаемого исходного химического соединения;

X – восстановитель;

XB – химическое соединение восстановителя.

Стрелочки означают, что в ходе реакции возможна обратная реакция образования исходного соединения (*MeB*) в следствие взаимодействия полученного металла (*Me*) и соединения восстановителя (*XB*). Оценивание возможности протекания реакции восстановления определяют, сопоставляя величины, которые характеризуют прочность химических связей в соединении металла (*MeB*) и образующемся соединении восстановителя (*XB*). Количественной мерой указанных величин является величина свободной энергии, образующейся во время образования соответствующего химического соединения: чем больше высвобождается энергии, тем прочнее химическое соединение. Поэтому реакция восстановления возможна лишь в

случае, когда при образовании соединения восстановителя (*ХВ*) выделяется больше энергии, чем при образовании соединения металла (*МеВ*) [10].

В качестве восстановителя может выступать только вещество, обладающее большим химическим сродством к неметаллической составляющей восстанавливаемого соединения, чем получаемый металл. В порошковой металлургии наиболее распространены в качестве восстановителей следующие вещества [10]:

- оксид углерода (СО);
- водород;
- диссоциированный аммиак;
- конвертируемый природный газ;
- эндотермический газ (эндогаз);
- металлы;
- твердый углерод (кокс, уголь, сажа).

Электролиз. По применению на промышленных предприятиях электролитический способ занимает среди физико-химических методов получения металлических порошков второе место после восстановления.

В процессе получения порошков методом электролиза происходит разложение водных растворов соединений выделяемого металла или его расплавленных солей при пропускании постоянного электрического тока через них и последующей разрядке соответствующих ионов металла на катоде.

В время электролиза передача электричества в электролите (раствор кислот, солей и оснований) осуществляется благодаря движению отрицательных и положительных ионов, которые образуются в результате диссоциации молекул присутствующих химических соединений. В отсутствие внешнего электрического поля ионы в электролите движутся хаотически. Наложение электрического поля упорядочивает движение ионов: катионы двигаются к катоду, а анионы – к аноду.

Благодаря источнику электрического тока электроны перемещаются с одного полюса на другой. В результате такого принудительного перемещения электронов на катоде образуется избыток отрицательно заряженных электронов и он получает отрицательный заряд, а анод, лишившись части электронов, получает положительный заряд.

Источником ионов выделяемого металла является анод, состоящий из этого металла, и электролит, содержащий его растворимое соединение. Если используются нерастворимый анод, источником ионов выделяемого металла будет служить только электролит.

Превращение ионов металла в атом сопровождается некоторой убылью энергии. В связи с этим протекает в первую очередь тот процесс разрядки, на который требуются меньшие затраты энергии. Поэтому электролитический способ можно считать также процессом рафинирования, так как при данных условиях не все имеющиеся в электролите катионы могут выделиться на катоде. Благодаря этому метод электролиза даёт возможность получать высокочистые порошки даже при использовании загрязненного сырья.

Меняя условия электролиза на катоде можно получать:

- твердые хрупкие осадки в виде плотных слоёв,
- губчатые мягкие осадки,
- рыхлые осадки.

Губчатые и твёрдые осадки измельчают, а рыхлые осадки используют как готовый порошок. На строение катодного осадка влияют следующие факторы [10]:

- концентрация ионов выделяемого металла;
- температура электролита;
- плотность тока.

Диссоциация карбониллов. Карбонил – это химическое соединение металла с оксидом углерода, которое имеет формулу типа $Me_a(CO)_c$ [10]. Карбонильный метод основан на способности некоторых металлов

образовывать комплексные соединения (карбонилы) в присутствии оксида углерода (CO). Эти карбонилы могут распадаться с образованием порошков при определённых условиях. Общим требованием к таким соединениям при получении порошков является их легколетучесть, невысокие температуры образования и термического разложения. Основные свойства некоторых карбонилов можно увидеть в таблице 1.1.

Карбонильный процесс получения порошков протекает в 2 стадии по следующим реакциям [10]:

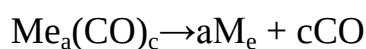
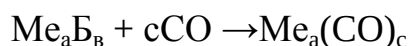


Таблица 1.1 – Основные свойства некоторых карбонилов [11]

Карбонил	Цвет и состояние в нормальных условиях	Температура плавления, °C	Плотность, г/см ³	Продукты разложения карбонилов
Fe(CO) ₅	Желтая жидкость	– 19,5	1,453 (при 20 °C)	Выше 130 °C Fe и CO
Fe ₂ (CO) ₉	Золотистые, желтые или оранжевые кристаллы	–	2,085 (при 18,5 °C)	При 100 °C Fe и CO
Fe ₃ (CO) ₁₂	Темно-зеленые кристаллы		1,996 (при 18 °C)	При 150 °C Fe и CO
Ni(CO) ₄	Бесцветная жидкость	– 19	1,31 (при 20 °C)	При 0 °C в вакууме и выше 50 °C при избыточном давлении 1 ат. Ni и CO
Co(CO) ₄	Оранжевые кристаллы	51	1,78	Выше 60 °C Co и CO
Cr(CO) ₆	Бесцветные кристаллы	Возгоняется	1,77	При 200 °C или освещении Cr и CO
Mo(CO) ₆	Бесцветное твердое вещество	Возгоняется	1,96	Mo и CO
W(CO) ₆	То же	127	–	W и CO

На первой стадии исходное сырьё Me_aB_b, содержащее металл (Me) в соединении с балластным веществом (B_b), вступает во взаимодействие с

оксидом углерода (CO), при этом образуется промежуточный продукт – карбонил $[Me_a(CO)_c]$, который отделяется от примеси (балласта) благодаря высокой летучести и собирается в чистом виде.

На второй стадии при нагреве промежуточный продукт (карбонил) распадается на оксид углерода и металл. Оксид углерода возвращают на первую стадию процесса.

Первую стадию карбонильного процесса называют синтезом карбонила металла, а вторую – термическим разложением карбонила.

При синтезе карбонила на поверхности исходного сырья (металлолома, отходах металлообработки, окисленных руд и др.) происходит адсорбация газообразных молекул CO, которые затем вступают в химическое взаимодействие с металлической частью сырья. Образующееся карбонильное соединение в первый момент времени остаётся на поверхности металла, так как удерживается силами сцепления, а затем превращается в газ и удаляется. Реакция образования карбонила протекает на всей поверхности металла исходного сырья, где оксид углерода соприкасается с ней, то есть снаружи твердого тела, а также в трещинах и порах. Образование карбонила зависит от температурных условий, а также присутствия веществ, приводящих к торможению или ускорению реакции.

Термическое разложение карбонила на оксид углерода и металл обычно происходит при относительно невысоких температурах. Вначале образуются атомы металла и газообразные молекулы CO, затем формируются частицы порошка в результате кристаллизации парообразного металла. При этом сначала идёт образование зародышей, а из которых затем вырастают частицы порошка различной формы.

Скорость образования зародышей и скорость роста металлических кристаллов зависит от степени разряжения в аппарате, концентрации паров металла и конечно от температуры. Значительно большее число зародышей образуется при относительно низких температурах, чем при повышенных.

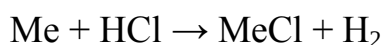
Рост концентрации пара металла и уменьшение вакуума способствует образованию зародышей.

Условия роста и образования зародышей различаются. Скорость роста кристаллов зависит от температуры процесса и от концентрации паров металла, а также глубина вакуума влияет на форму и размер частиц металла. Очень мелкие частицы с правильно сформированными гранями образуются в условиях глубокого вакуума. В неглубоком вакууме образуются дендриты, а в умеренном вакууме – смесь правильных кристаллов, имеющих самые различные размеры [11].

На производстве карбонильным методом получают никелевые, железные, кобальтовые, хромовые, молибденовые, вольфрамовые и некоторые другие металлические порошки. Этот метод позволяет получать и полиметаллические порошки, например железомолибденовые, железоникелевые, железоникельмолибденовые, железокобальтовые. Для этого термическому разложению подвергают смесь карбониллов требуемых металлов. Карбонилы для этого готовят отдельно. Также можно получать сплавы, если вместе с парами карбонила в аппарат разложения вводить другие металлические порошки. Карбонил разлагается на поверхности частиц порошка и таким образом образуется сплав.

Гидрометаллургический способ. Этот метод относится к методам хлорной металлургии, использующей активные свойства хлоридов и хлора для получения редких металлов и веществ в высокочистом состоянии. Используют этот метод, когда другие известные способы получения порошков металлов применить невозможно. Гидрометаллургическим способом получают легированные порошки из комплексных руд, содержащих Cr, Ni, V и другие легирующие элементы.

В основе способа лежит процесс восстановления металлосодержащего материала. Материал обрабатывается соляной кислотой, в результате чего металл переходит в раствор и образует хлориды:



Не растворяющаяся часть (пустая порода, зола и другое) выпадают в осадок. С помощью фильтрации раствор отделяют от осадка, затем выпаривают до концентрации насыщения и после этого подвергают кристаллизации. Получаемые кристаллы хлоридов восстанавливают водородом.

При восстановлении таким способом комплексных руд хром, никель, ванадий, железо, марганец переходят в раствор. Нерастворимая часть (осадок) также ценна, так как она насыщается другими компонентами после перевода в раствор железа и других легирующих элементов. В термодинамическом отношении, характеризующем возможность получения легированного железа из руд хлоридным методом, интересны три основные операции [11]:

- восстановительный обжиг руды;
- растворение обожженной руды в соляной кислоте;
- восстановление хлоридов.

1.3.Технология порошковой металлургии

Типовой технологический процесс получения изделий методами порошковой металлургии состоит из таких основных операций: приготовление шихты (смешивание), формование, спекание и калибрование [12].

1. Приготовление шихты.

Смешивание – это приготовление однородной механической смеси из порошков металлов различного химического и гранулометрического составов или смеси порошков металлов и неметаллов с помощью смесителей. Смешивание относится к подготовительным операциям.

2. Формование порошка:

Формование деталей производят путем холодного прессования в металлических формах под высоким давлением (30-1000 МПа). Чаще

используют жёсткие закрытые пресс-формы, пресс-инструмент ориентирован, как правило, вертикально. Порошковую смесь свободно засыпают в полость матрицы, дозировку объёма регулируют ходом нижнего пуансона. Прессование может быть одно- или двусторонним. Порошковая смесь брикетируется между верхним и нижним пуансоном в полости матрицы. Сформованный брикет выталкивают из полости матрицы нижним пуансоном. Для осуществления формования используют специальные прессы с различными приводами: гидравлическим, механическим или пневматическим. Получаемая прессовка (спрессованный материал) имеет форму готового изделия, а также прочность, достаточную для перемещения к печи для последующего спекания.

3.Спекание:

Спекание изделий из однородных порошков металлов производят при температуре ниже температуры плавления металла. Повышение температуры спекания и увеличение продолжительности спекания приводят к увеличению усадки, плотности и улучшению контакта между зёрнами. Для избегания окисления процесс спекания проводят в защитной атмосфере: восстановительной (водород, оксид углерода), в вакууме или в атмосфере нейтральных газов (азот, аргон). Прессованное изделие превращается в компактное изделие.

4.Калибрование:

Калибрование изделий проводят для достижения требуемой точности размеров, при этом повышается качество поверхности и прочность.

5.Дополнительные операции:

Временами используют дополнительные операции: пропитка смазками, механическая доработка, термическая, химическая обработка и др.

1.4 Механическая активация порошков

Механическая активация – представляет собой увеличение реакционной способности (изменение физико-химических свойств)

обрабатываемых веществ в последующих процессах и реакциях в результате механического воздействия [13].

В первую очередь во время механической активации происходит тонкое и сверхтонкое измельчение, как правило, сопровождающееся увеличением запаса внутренней и поверхностной свободной энергии измельченного продукта. Механоактивация может проходить путем воздействия механическими колебаниями, ударными волнами, трением, диспергированием, бароактивацией.

При обработке порошков в мельницах, дезинтеграторах и аналогичных измельчительных аппаратах веществу передается механическая энергия. В результате происходит диспергирование (уменьшение размеров частиц), образуется новая поверхность частиц. Однако, это не единственный результат механической обработки. Кроме этого, могут наблюдаться:

- деформация кристаллов,
- образование большого количества дефектов,
- сдвиговые напряжения,
- изменение размеров микроблоков, образующих кристалл,
- агрегация кристаллитов,
- выделение тепла,
- локальный подъем температуры и давления,
- эмиссия света и электронов,
- фазовые превращения,
- аморфизация,
- разрыв химических связей,
- ускорение процессов диффузии,
- формирование центров с повышенной активностью на вновь образованных поверхностях [13].

Авторы, рассматривая керамические порошки [14] и порошки на основе TiNiCo [14], говорят о том, что механическая активация исходных

порошков способствует повышению качества спеченных материалов и облегчает их получение. Они отмечают понижение температуры спекания, пористости и повышение плотность при использовании механоактивированных порошков.

В настоящее время в литературе мало информации о влиянии механической активации порошков на основе железа на качество спеченных изделий и процессы их прессования и спекания.

2 Материалы и методики исследований

2.1 Материалы исследований

В качестве материала исследования выбран стальной образец, полученный методом порошковой металлургии. Химический состав порошковой композиции представлен в таблице 2.1. Для получения порошковой композиции были выбраны металлические порошки: карбонильное железо, хром, никель, вольфрам. Порошки смешивали в течение 24 часов, а затем подвергали механической активации в течение 10 минут.

Таблица 2.1 – Химический состав образца, %

Cr	C	Ni	W	Fe
17	0,03	12	2	Ост.

Исходя из химического состава порошковой композиции, можно обозначить марку образца как 03X17H12B2. Зная содержание углерода и легирующих элементов, можно предположить, какой фазовый состав у стали. Для этого используют диаграмму Потока и Согалевич и диаграмму Шеффлера [15], рисунки 2.1 и 2.2 соответственно.

Стали, содержащей 17 % Cr и 12 % Ni, согласно диаграмме Шеффлера, рисунок 2.2, соответствует аустенитная структура.

Для определения фазового состава по диаграмме Потока и Согалевич необходимо определить хромовые эквиваленты ферритообразования (Cr_{ϕ}) и мартенситообразования (Cr_M). Содержание углерода в исследуемом образце – 0,03 %. Для такого содержания C коэффициенты равны: $K_{\phi}=50$ и $K_M=60$. Далее рассчитали хромовые эквиваленты ферритообразования (Cr_{ϕ}) и мартенситообразования (Cr_M).

$$Cr_{\phi} = \%Cr - 1,5 * \%Ni - K_{\phi} * \%C + 0,5 \%W = 17 - 1,5 * 12 - 50 * 0,03 + 0,5 * 2 = -1,5$$

$$Cr_M = 20 - [\%Cr + 1,5 * \%Ni + K_M * \%C + 1,1 \%W] = 20 - [17 + 1,5 * 12 + 60 * 0,03 + 1,1 * 2] = -19$$

По рисунку 2.1 находим, что структура образца должна быть аустенитной.

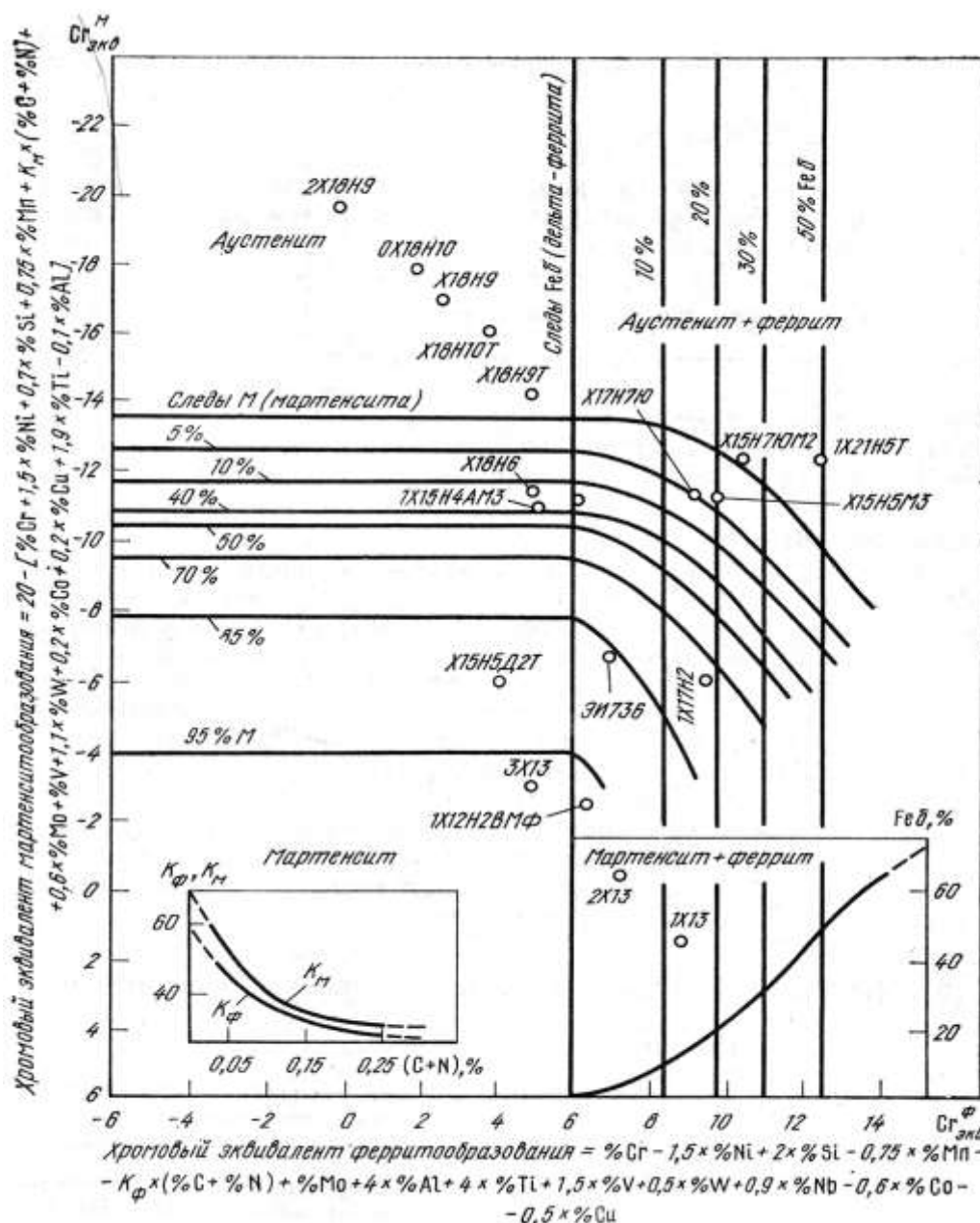


Рисунок 2.1 – Структурная диаграмма Я.М. Потака и Е.А. Согалевиц

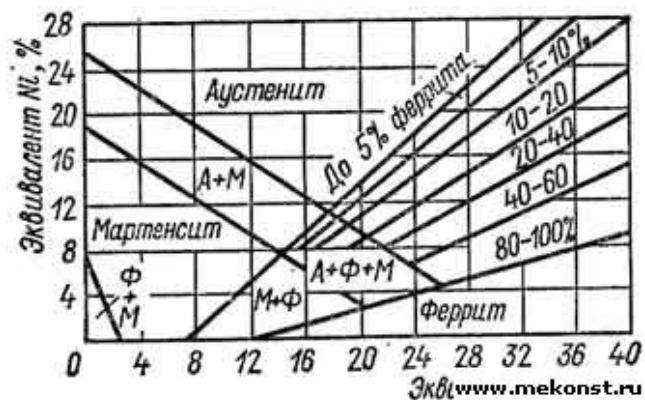


Рисунок 2.2 – Структурная диаграмма А. Шеффлера

Сталь 03X17H12B2 относится к коррозионностойким жаропрочным сталям, потому что содержит легирующие элементы: хром Cr (12-20 %) и Ni (10-15 %) [16]. Стойкость нержавеющей стали против коррозии напрямую связана с содержанием хрома: при содержании 13 процентов и выше стали являются коррозионностойкими в обычных условиях и в слабоагрессивных средах, более 17 процентов – коррозионностойкими и в более агрессивных средах, в частности, в азотной кислоте крепостью до 50 процентов.

Причина стойкости против коррозии хромистых сталей объясняется, главным образом, образованием на поверхности хромсодержащей детали, контактирующей с агрессивной средой, тонкой плёнки нерастворимых окислов. Большое значение при этом имеет состояние поверхности стали, отсутствие внутренних напряжений и кристаллических дефектов.

2.2 .Методики исследований

2.2.1 Подготовка образца

Первым этапом исследований является подготовка образцов. Приготовление шлифа для микроанализа обычно состоит из следующих основных операций [17]:

1. вырезки образцов и подготовки поверхности,
2. шлифования,
3. полирование,
4. травления.

Наиболее удобно готовить образцы простых форм следующих размеров: параллелепипед или цилиндр со стороной основания или диаметром 10–20 мм и высотой 10–15 мм. Малые по размеру образцы (лента, проволока) или образцы сложной формы после вырезки для изготовления шлифов заливают или запрессовывают в цилиндрические обоймы, используя пластмассы или легкоплавкие сплавы. Наиболее часто для заделки шлифов используют сплав Вуда или эпоксидные смолы. Они обладают достаточной

твердостью, малой объемной усадкой при отверждении и хорошо смачивают большинство металлических образцов.

Шлифование осуществляли на шлифовальном станке НЕРИС на наждачной бумаге разной зернистости, начиная с крупной и последовательно уменьшая размер абразива. Направление движения образца по наждачной бумаге изменяли на 90° при каждой смене номера бумаги. При смене номера бумаги шлиф очищали от частичек абразива. После шлифования на последней наждачной бумаге шлиф тщательно промывали в воде, чтобы предотвратить попадание частичек абразива на полировальный круг.

После шлифования проводили полирование с помощью алмазной пасты на сукне. Основные характеристики использованных алмазных паст приведены в таблице 2.2. Полирование позволяет удалить мелкие риски, оставшиеся после шлифования, и получить гладкую зеркальную поверхность шлифа.

Таблица 2.2 – Основные характеристики полировальных алмазных паст [17]

Обозначение зернистости по ГОСТ 9206-70	Размеры абразивных частиц, мкм	Концентрация алмазного порошка, %		Цвет пасты и этикетки
		нормальная Н	повышенная П	
3/2	3-2	2	4	желтый
2/1	2-1	1	2	желтый

Полирование вели до получения зеркальной поверхности, до тех пор пока на поверхности шлифа под микроскопом перестали наблюдаться риски и царапины. После полировки шлиф промывали в спирте и сушили полированную поверхность фильтровальной бумагой.

2.2.2 Травление поверхности образца

Для выявления структуры отполированную поверхность образца подвергали травлению реактивом – 5-ти процентным раствором «царской водки» в спирте. Состав «царской водки»: 3 части HCl и 1 часть HNO₃.

Реактив может воздействовать на фазы по-разному: растворять, окислять или окрашивать. В результате различной отражающей способности фаз, зерен и их границ создаётся картина – микроструктуру сплава, позволяющая увидеть под микроскопом очертания зерен и различных фаз, определить их взаимное расположение; по цвету, форме и размерам определить присутствующие в сплаве фазы.

Качество травления проверяли под микроскопом при том же увеличении, при котором предполагали изучение шлифа. После первого травления поверхность шлифа, видимая под микроскопом, была очень светлой, без четкого контура структуры, то есть шлиф был недотравлен; тогда проводили повторное травление. После окончания травления шлиф промывали спиртом и высушивали прикладыванием фильтровальной бумаги.

2.2.3 Металлографический анализ

Металлографический анализ, или металлографическое исследование – это анализ структуры металлов и сплавов и её образования. Понятие «металлографический анализ» трактуют [18], как «метод изучения микро- и макроструктуры металлов и сплавов с помощью визуального наблюдения при различном увеличении». То есть металлографический анализ это комплекс исследований металлов и сплавов с помощью оптических приборов.

Основным инструментом металлографического анализа является металлографический микроскоп. В данной работе использовали микроскопный комплекс на базе металлографического инвертированного микроскопа ЛабоМет-И вариант 1 с системой визуализации.

В металлографических микроскопах освещение объекта осуществляется через объектив. На рисунке 2.3 показаны две принципиальные схемы освещения шлифа. Лучи света от источника света 1 попадают на призму полного внутреннего отражения 2, рисунок 2.3,а, или

полупрозрачную плоско-параллельную пластинку 2, рисунок 2.3,б. Их назначение направить поток света в объектив 3 и через него – на шлиф 4. Отраженные от шлифа лучи попадают в объектив 3, далее в окуляр 5 и от него в глаз человека.

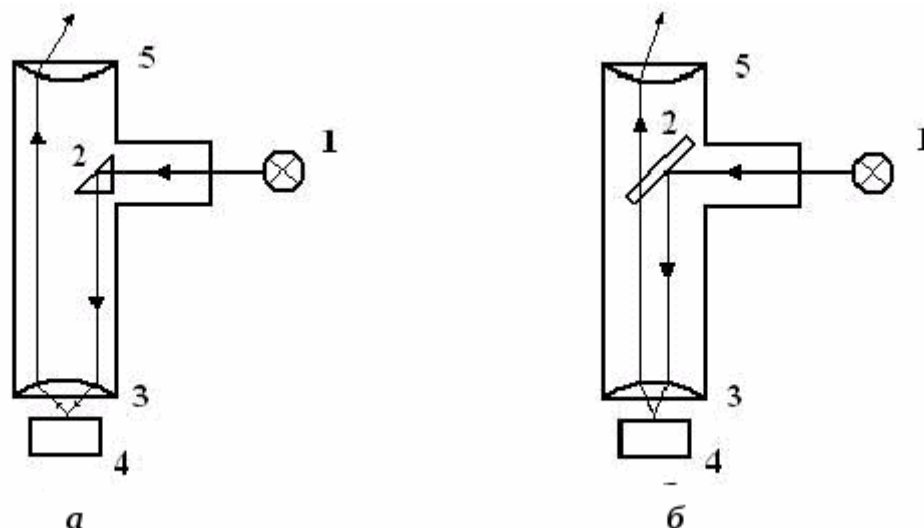


Рисунок 2.3 – Схема освещения шлифа в металлографических микроскопах

Если шлиф металла не травлен, то практически весь световой поток отражается от шлифа и попадает в окуляр микроскопа, рисунок 2.3,а. На травленном шлифе образуется микрорельеф из-за различной способности к растворению и окислению границ зерен, основы зерна и различных фаз, рисунок 2.4,б. В результате различные участки шлифа по-разному отражают лучи света, что и позволяет наблюдать в микроскоп структуру металлов и сплавов, рисунок 2.4, в, г.

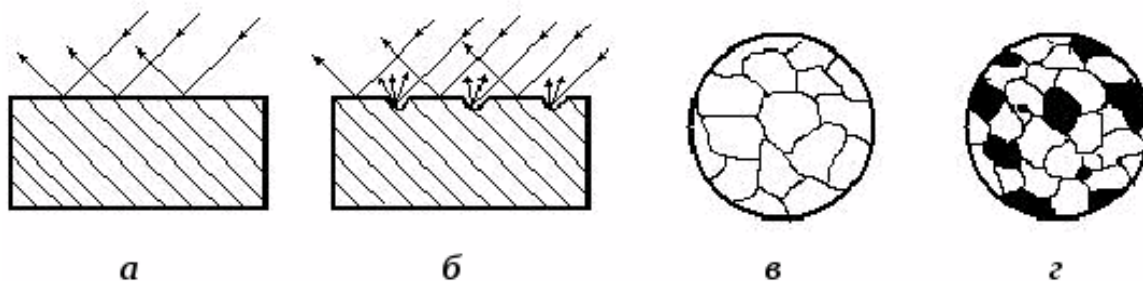


Рисунок 2.4 – Формирование изображения структуры шлифа в металлографическом микроскопе:

а – отражение лучей от полированной поверхности;

б – отражение лучей от травленной поверхности;

в – вид в микроскопе травленной поверхности однофазного шлифа;

г – вид в микроскопе травленной поверхности двухфазного шлифа

Анализатор SIAMS 700 имеет модульную конструкцию, которая может варьироваться в зависимости от выполняемых лабораторией задач металлографического контроля.

2.2.4 Измерение микротвердости

Твёрдость имеет большое практическое значение, так как она отражает многие рабочие свойства материала, например, сопротивляемость истиранию, режущие свойства, способность обрабатываться шлифованием или резанием, выдерживать местные давления и т. д. Кроме того, по твёрдости можно судить и о других механических свойствах (например, о прочности на разрыв). Следовательно, между твёрдостью и другими свойствами материалов существует определенная связь, подтверждаемая практикой [19].

Большинство методов определения твёрдости основано на принципе вдавливания в испытуемый материал твёрдых тел (закалённого стального шарика, алмазного конуса или алмазной пирамиды) и последующего измерения размеров отпечатков. Поэтому часто твёрдость определяют, как способность материала сопротивляться внедрению в него другого тела.

Наиболее широко практикуются испытания твёрдости по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу и метод определения микротвердости. Во всех перечисленных методах при вдавливании индентора происходит пластическая деформация испытуемого материала под индентором. Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем на меньшую глубину проникает индентор и тем выше твёрдость.

Методом микротвердости обычно измеряется твёрдость в пределах отдельных зёрен или очень тонких слоев. Этот метод чаще всего используются в исследовательских работах.

Для определения микротвердости использовали микротвердомер ПМТ-3, рисунок 2.6. Прибор для определения микротвёрдости состоит из механизма для вдавливания алмазной пирамиды с небольшой нагрузкой и металлографического микроскопа. В испытываемую поверхность вдавливают алмазную пирамиду под нагрузкой 0,05...5,00 Н. Твёрдость HV определяют по формуле:

$$H = 0,189 \frac{P}{d^2} .$$



Рисунок 2.5 – Микротвердомер ПМТ-3М

В испытуемый материал вдавливается алмазный наконечник Виккерс имеющий четырехгранное пирамидное основание. Замер проводится по отпечаткам (геометрического и механического). За счет удобных сменных наконечников прибор микротвердомер ПМТ-3М имеет расширенный диапазон применения. Прибор имеет ручную нагрузку управления. Микроскоп, используемый в приборе, позволяет просматривать измеряемые объекты в темном и светлом поле.

Порядок проведения испытаний на микротвердость [20].

1. Установить нагрузку на стержень нагружающего устройства. Нагрузка должна обеспечивать получение отпечатка 15–30 мкм.
2. Закрепить исследуемый образец на опорном столике. Вращением настроечных винтов сфокусировать микроскоп на поверхности образца.

3. Вывести перекрестье нитей в центр поля наблюдения.

4. Отцентрировать прибор, добившись совпадения образующегося отпечатка с перекрестьем нитей окулярного микрометра согласно методики, описанной выше.

5. Вращением микрометрических винтов опорного столика подвести под перекрестье нитей требуемый участок поверхности образца. Необходимо помнить, что при измерении микротвердости расстояние между центрами соседних отпечатков должно быть не менее двух длин диагонали большего отпечатка. Таким же должно быть расстояние от центра отпечатка до края образца.

6. Плавно повернуть столик на 180° до упора и медленно опустить индентор на образец. После выдержки под нагрузкой 5–7 с аккуратно поднять индентор и плавно вернуть столик в исходное положение. Если произошел сбой центровки, вывести центр перекрестья нитей на центр отпечатка.

7. С помощью окуляр-микрометра определить длину диагонали отпечатка в единицах деления винта шкалы микрометра. Для этого перекрестье нитей с помощью винта отвести в крайне правое положение так, чтобы перекрестье охватывало две стороны квадрата отпечатка, и отметить показание шкалы объект микрометра, рисунок 2.6, справа. Затем вращением винта переместить перекрестье нитей в крайне левое положение по отношению к сторонам отпечатка, рисунок 2.6, слева, и вновь отметить показания шкалы. Разность показаний шкалы в обоих положения даст размер диагонали в единицах деления шкалы микровинта.

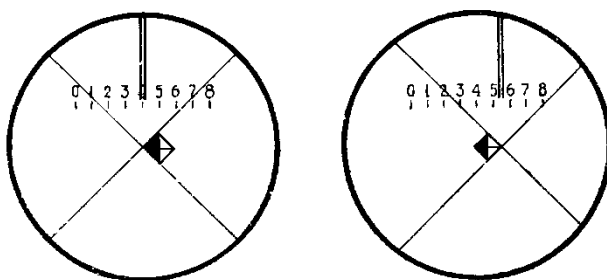


Рисунок 2.6 – Схема измерения диагонали отпечатка

8. Вычислить размер диагонали отпечатка в микрометрах, умножив полученное значение в единицах деления шкалы микровинта на переводной коэффициент $k=0,315$.

9. Аналогичным образом измерить вторую диагональ отпечатка. Найдите среднее арифметическое длин обеих диагоналей. Найти значение микротвердости по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Числа твердости при испытании алмазной пирамидой с углом при вершине 136° (по М.М. Хрущеву), нагрузка 100 кгс, кг/мм²

Диагональ отпечатка	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	—	5149	3784	2897	2289
10	1854	1532	1288	1097	946	824	724	642	572	514
20	464	420	383	350	322	297	274	254	236	221
30	206	193	181	170	160	151	143	135	128	122
40	116	110	105	100	95,8	91,6	87,6	84,0	80,5	77,2
50	74,2	71,3	68,6	66,0	63,6	61,3	59,1	57,1	55,1	53,3
60	51,5	49,8	47,8	46,7	45,3	43,9	42,6	41,3	40,1	39,0
70	37,8	36,8	35,8	34,8	33,9	33,0	32,1	31,3	30,5	29,7
80	29,0	28,3	27,6	26,9	26,3	25,7	25,1	24,5	24,0	23,4
90	22,9	22,4	21,9	21,4	21,0	20,5	20,1	19,7	19,3	18,9
100	18,5	18,2	17,8	17,5	17,1	16,8	16,5	16,2	15,9	15,6
110	15,3	15,1	14,8	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5	13,3	13,1

2.2.5 Оценка пористости

Пористость (устар. скважность) — характеристика материала, совокупная мера размеров и количества пор в твёрдом теле [21].

Является безразмерной величиной от 0 до 1 (или от 0 до 100 %). 0 соответствует материалу без пор; 100 %-я пористость недостижима, но возможны приближения к ней (пена, аэрогель и т. п.). Дополнительно может указываться характер пористости в зависимости от величины пор:

мелкопористость, крупнопористость и т. п. Характер пористости является словесной характеристикой материала и его определение зависит от отрасли.

Поры, как правило, заполнены вакуумом или газом с плотностью, значительно меньшей, чем истинная плотность материала образца. В этом случае величина пористости не зависит от истинной плотности материала, а зависит только от геометрии пор.

Пористость определяется по формуле:

$$\Pi = \left(1 - \frac{P_v}{P_t}\right) * 100\%, \quad (2.1)$$

где P_t – истинная плотность материала образца, кг/м³,

P_v – кажущаяся плотность пористого образца, кг/м³.

Кажущаяся плотность пористого образца вычисляется по формуле:

$$P_v = m/v, \quad (2.2)$$

где m – масса образца с порами, кг,

v – объём образца с порами, м³.

Объём образца определяют путем гидростатического взвешивания в случае больших образцов с замкнутыми порами и обмером в случае образцов правильной формы.

2.2.6 Фазовый анализ

Каждая твердая кристаллическая фаза имеет собственную, присущую ей кристаллическую решетку. Как правило, для сложных веществ фазовый состав отличается от их химического состава. При качественном фазовом анализе необходимо установить, какие фазы присутствуют в образце, а при количественном – найти их процентное содержание.

Рентгеновский метод фазового анализа основан на том, что для рентгеновских лучей кристаллическая решетка является дифракционной.

Условием дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке является условие Вульфа-Брэгга [22]:

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

где d – расстояние между соседними кристаллографическими плоскостями, с атомами которых взаимодействуют рентгеновские лучи;

θ – угол под которым наблюдается дифракция;

n – порядок дифракционного максимума (порядок «отражения»);

λ – длина волны монохроматических рентгеновских лучей, падающих на кристалл.

Если в качестве объекта использовать порошок или мелкокристаллический материал с различным образом ориентированными кристалликами, то при взаимодействии с ним монохроматических рентгеновских лучей всегда найдется для каждого сорта плоскостей определенное число кристалликов, попавших в «отражающее» положение. В этом случае под углом θ будет наблюдаться дифракционный максимум для данного сорта плоскостей. Угловое положение максимума будет определяться значением d , а последнее – геометрией кристаллической решетки.

Задание для раздела
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
154620	У Лунлун

Институт	Кибернетики	Кафедра	ММС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Исследование проводится для ООО «Сибирская машиностроительная компания» - При проведении исследования используется база лабораторий НИ ТПУ кафедра ММС; — в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ и оценка научно-технического уровня проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывается
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка календарного, формирование сметы расходов на проектирование
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка организационной эффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График Ганта 2. Бюджет проекта	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154620	УЛунлун		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках исследования данной выпускной квалификационной работы разработан электропривод ленточного конвейера на базе ТРН с обратной связью без датчика скорости, с целью создания электропривода для плавного запуска ленточного конвейера с возможностью выбора режима разгона.

При этом в результате разработки электропривода добились улучшения следующих характеристик:

- максимально плавный запуск электропривода;
- максимальное быстродействие электропривода;
- минимальное перерегулирование;
- минимальные экономические затраты.

Целью раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1. анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле 1

$$, HTY = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \Pi_i \quad (1)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 4.1 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.5
Теоретический уровень	0.4
Возможность реализации	0.2

Таблица 4.2 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 4.3 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 4.4 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.5, P_1 = 6, k_2 = 0.4, P_2 = 7,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$HTU = 0.5 \cdot 2 + 0.4 \cdot 7 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 7.1$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет среднюю значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей.

4.2. Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование

Темой дипломной работы является “ Влияние механической активации порошка на структуру стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии ”

Для достижения развития нового поколения недорогих типов энергосберегающих стальных , развитие на международном уровне до большого класса высокой прочности, высокой прочности, многоцелевого нового типа стали. Работа посвящена исследованию структуры стали 03X17H12B, полученных методом порошковой металлургии.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проекта;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Данная глава выпускной квалификационной работы посвящена описанию потребителя результата исследования, составлению плана

выполнения работы, определению трудоемкости работ, построению линейного графика работ. Так же была рассчитана стоимость затрат научной исследовательской работы.

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия машиностроительной отрасли, расположенные на территории Российской Федерации, включающие в себя судостроительные, автомобильные, авиакосмические, железнодорожные, оборонно-промышленные комплексы и т.д.

4.3 Потенциальные потребители результатов НТИ

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования стали 03X17H12B, являются промышленные машиностроительные заводы, которые выпускают различные типы деталей для промышленной отрасли, военной и авиастроение. Данное научно техническое исследование было выполнено для ООО “Куранты” город Москва.

В связи с бурным развитием стальной промышленности, в некоторых случаях можно приобрести низкое качество данного продукта. Что в последствие может сказаться пагубно на ответственных деталях, так же есть возможность выйти из строя, не испытав свой срок эксплуатации. Финансовая экономичность играет большую роль в закупке продукта. Покупка низкого качества продукта в большом размере по стоимости как за качественный продукт не удовлетворяет потребителей. Таким вопросом занимается данное исследование: изучение, Исследование структуры стали 03X17H12B, на исследуемый образец с последующим анализом.

Стоимость научно технического исследования для получения качественного результата анализа продукта, составляет большой удельный

вес в общей стоимости данного исследования. Ограничение в сроках выполнения исследования существует, машиностроительная промышленность каждый день ставит перед собой цели, выпустить быстро и качественную продукцию из поставленного полуфабриката. Финансирование осуществляется из фонда заказчика. Средства выделяются на основе рассчитываемой сметы.

4.4. Планирование комплекса работ на научно техническое исследование

Планирование проекта – это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а так же трудовых и материальных ресурсов

Основные задачи:

1. Взаимная увязка работ проекта;
2. Согласование выполнения отдельных этапов работ во времени, определение их длительности и обеспечение их выполнения в установленные сроки;
3. Определение общего объема работ и потребных для его выполнения денежных, материальных и трудовых ресурсов;
4. Распределение общего объема работ между исполнителями.

Графический метод планирования.

Комплекс работ по созданию научно технического исследование включает в себя 2 этапа:

- исследование образца РАФ и РАМ методом;
- исследование образца на влияние структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии.

Исследование образца РАФ и РАМ будут разрабатывать 2 человека: руководитель проекта и студент-дипломник.

Исследование образца на влияние структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии 2 человека: руководитель проекта и студент-дипломник.

4.5. Составление перечня работ

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.5:

Таблица 4.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания ВКР	руководитель; студент-дипломник.
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение методов порошковой металлургии поиск материалов по теме	руководитель,
	3	Выбор материала для проведения эксперимента	руководитель.,
	4	Календарное планирование работ	руководитель.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проведения исследования стали 03X17H12B	руководитель.
	6	Поиск необходимого оборудования.	руководитель.
	7	Исследование стали 03X17H12B	руководитель.,
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, исследования стали 03X17H12B	руководитель.
	9	Оценка эффективности полученных результатов	руководитель..
Оформление отчета НИР	10	Составление пояснительной записки	руководитель., Конотопский В.Ю.

4.6. Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5)$$

где $T_{кг}$ – 365 количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – 52 количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – 13 количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 13} = 1,217$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел. [23]

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения НИР

№ 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,	1	3	1,8	1,8	2,1906
2	студент.	10	20	14	14	17,038
3	студент	3	10	5,8	5,8	7,0586
4	Руководитель студент	3	10	5,8	5,8	7,0586
5	Руководитель студент	10	12	10,8	10,8	13,1436
6	руководитель,.	5	14	8,6	8,6	10,4662
7	студент	5	10	7	7	8,519
8	студент	1	5	2,6	2,6	3,1642
9	Руководитель студент	2	7	4	4	4,868
10	студент	2	9	4,8	4,8	5,8416
ИТОГО				65,2		79,3484

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения ВКР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками,

характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [24].

График строится в рамках таблицы 5.7 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.7 – Календарный график проведения ВКР

Этапы	Вид работы	Исполнители	T_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания ВКР	Даренская Е.А., студент	3					
2	Изучение методов порошковой металлургии, поиск материалов по теме	студент	15					
3	Выбор материала для проведения эксперимента	студент.	3					
4	Календарное планирование работ	Даренская Е.А., студент	2					
5	Планирование проведения исследования стали 03X17H12B	Даренская Е.А., студент	20					
6	Поиск необходимого оборудования.	Даренская Е.А., студент	6					
7	Исследование стали 03X17H12B	студент	14					
8	Анализ полученных результатов, исследования стали 03X17H12B	студент	3					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Даренская Е.А., студент	5					
10	Составление пояснительной записки	Конотопский В.Ю.	9					

- руководитель, - студент-дипломник.

Календарный план разработки проекта составлен с учетом всех выходных и праздничных дней. На разработку данного проекта потребуется 65,2 рабочих дней.

4.7. Смета затрат на разработку проекта

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{ам.техн}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции.

В данной работе использовался 1 образец стали 03X17H12B. Стоимость 1 кг материала 60 руб. Вес одного образца 0,2 кг.

Стоимость 1 м² наждачной бумаги 120 руб. Затраты на наждачную бумагу, при условии, что на исследовании требуется 0,6 м² бумаги, составили 72 руб.

Таблица 4.8– Затраты на получение образцов

Стоимость 1 кг стали 03X17H12B, руб.	60
Вес образца, кг	0,2
Стоимость материала образцов, руб.	12
Стоимость наждачной бумаги, руб.	72
Общие затраты на получение образца, руб.	84

Для проведения научно-исследовательской работы требуются следующие виды оборудования: установка для исследования печь типа Снол,

твердомер Бринелль, твердомер ПМТ – 3, металлографический микроскоп и компьютер.

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

- 1) Печь типа Снол, твердомер Бринелль, твердомер ПМТ – 3 – по пятой группе (оборудование испытательное): 10 лет.
- 2) Металлографический микроскоп, компьютер – по третьей группе (техника электронно- вычислительная): 5 лет. [25]

Таблица 4.9 – Материальные Цены

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во. материала, ед	Цена за ед, руб
Печь типа СНОЛ	шт	10	1	27400
Твердомер Бринелль	шт	10	1	88000
Твердомер ПМТ - 3	шт	5	1	46000
Образец стали 03X17H12B	шт	-	1	60
Металлографический микроскоп	шт	5	1	150000

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году.

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{\text{ам.обор}}$, по следующей формуле

$$I_{\text{ам. обор}} = \left(\frac{T_{\text{исп. обор}}}{365} \right) \times K_{\text{обор}} \times H_a,$$

где $T_{\text{исп.обор}}$ – время использования оборудование;

300 дней – количество дней в году;

$K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{с.с. обор.}}},$$

где $T_{\text{с.с. обор.}}$ – срок службы оборудования

$$I_{\text{ам.печь}} = (T_{\text{исп.обор}}/300) * K_{\text{исп.печь}} * H_a = (1/300) * 27400 * (1/10) = 7,5 \text{ руб}$$

$$I_{\text{ам. твер.Бр}} = (T_{\text{исп.обор}}/300) * K_{\text{исп. твер.Бр}} * H_a = (1/300) * 88000 * (1/10) = 24,1 \text{ руб}$$

$$I_{\text{ам. ПМТ - 3}} = (T_{\text{исп.обор}}/300) * K_{\text{исп. ПМТ - 3}} * H_a = (1/300) * 46000 * (1/5) = 25,2 \text{ руб}$$

$$I_{\text{ам.метал.микр}} = (T_{\text{исп.обор}}/300) * K_{\text{исп.метал.микр}} * H_a = (1/300) * 150000 * (1/5) = 82,1 \text{ руб}$$

$$\sum I_{\text{ам. обор}} = K_{\text{ам. исп. уст}} + K_{\text{ам. кам}} + K_{\text{ам. комп}} = 7,5 + 24,01 + 25 + 82,1 = 138,61 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * k_{\text{пр}} * k_{\text{д}} * k_{\text{р}}, \quad (9)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$);

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.8.

Таблица 4.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{дн}}$, тыс. руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	1,302	1,3	1	1,3	2206	22	48532
Студент	0,86	1	1	1,3	1118	36	40248
Итого $З_{\text{осн}}$ 88780							

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * K_{\text{доп.з.пл}}$$

$$З_{\text{доп}} = 88780 * 0,125 = 11097,5 \text{ руб}$$

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

$$З_{\text{зп}} = 88780 + 11097,5 = 99877,5 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Базовая ставка единого социального налога составляет 30 %,

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($И_{\text{соц.отч.}}$):

$$I_{\text{соц.отч}} = ECH = \Phi_{\text{ЗП}} * 0,3 = 0,3 * 99877,5 = 29963,25 \text{руб}$$

Накладные расходы используют на следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 80% от полного фонда заработной платы. Тогда:

$$I_{\text{накл.расх}} = 0,8 * 99877,5 = 79902 \text{руб}$$

Прочие затраты – затраты, к которым относятся налоги, сборы, платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретение и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.д. Эти затраты составляют 2% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$I_{\text{прочее}} = 0,02(\Phi_{\text{ЗП}} + I_{\text{ам.образ}} + ECH + I_{\text{накл.расх}})$$

$$I_{\text{прочее}} = 0,02(97123,5 + 138,51 + 27684 + 79902) = 4096,96 \text{руб}$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$).

$$K_{\text{проект}} = \Phi_{\text{ЗП}} + I_{\text{ам.образ}} + I_{\text{соц.отч}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

$$K_{\text{проект}} = 99877,5 + 138,51 + 29963,25 + 79902 + 4096,96 = 213978,22 \text{руб}$$

Таблица 4.11 - Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Амортизация оборудования	$I_{\text{ам.обор}}$	138,61
Затраты на оплату труда	ЗП	99877,5
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{соц.отч}}$	29963,25
Накладные расходы	$I_{\text{накл.расх}}$	79902
Прочие затраты	$I_{\text{прочие}}$	4096,96
Себестоимость проекта	$K_{\text{проекта}}$	213978,22

Таким образом смета затраты на научно исследовательскую работу составляет 213978,22 рубля.

4.8. Оценка организационной технико-экономической эффективности

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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = 87767/87767=1 \quad (10)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – 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).

Список публикаций

1. Степанюк С.А., У Лунлун, Даренская Е.А. Влияние механоактивации на пористость хромоникелевой стали, полученной методом порошковой металлургии // Сборник трудов Международной конференции и молодежной школы «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ». – 09-11 июня 2016, Томск.