

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование структуры и свойств стали 40Х, полученной методом порошковой металлургии
УДК 669.18:621.762.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б61	Янь Чжицзянь		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.т.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.И.	д.т.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01

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 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:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б61	Янь Чжицзянь

Тема работы:

Исследование структуры и свойств стали 40Х, полученной методом порошковой металлургии

Утверждена приказом директора ИШНПТ

Приказ № 52-50/с от 21.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Порошковая смесь из порошков карбонильного железа, углерода, хрома, никеля, меди и марганца, полученная смешиванием в течение 24 часов. Химический состав порошковой смеси аналогичен составу стали 40Х.</p> <p>Связующее «полипропилен-воск».</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы о порошковой металлургии с целью выяснения достижений мировой науки и техники в данной области. 2. Освоение методик пробоподготовки и исследований: металлографический 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 <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация ВКР в PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	И.В. Кашук, доцент НИ ТПУ
<i>Социальная ответственность</i>	А. И. Сечин, доцент НИ ТПУ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.04.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Даренская Е.А.	к.т.н., доцент		17.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б61	Янь Чжицзянь		17.04.2020

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 81 с., 16 рис., 26 табл., 21 источник.

Ключевые слова: порошковая металлургия, прессование, спекание, плотность, пористость, размер зерен, микротвердость.

Объектом исследования являются спеченные образцы стали 40Х, полученные при разной температуре спекания методом порошковой металлургии.

Цель работы - исследовать структуру и свойства стали 40Х, полученной методом порошковой металлургии.

В процессе исследования проводились исследования пористости, микроструктур, определение размера зерна, измерение микротвёрдости.

В результате исследования исследованы структуры и свойства стали 40Х, полученной методом порошковой металлургии.

Степень внедрения: тезисы по результатам данной работы отправлены на Международную научно-техническую молодежную конференцию «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения» (21-25 сентября 2020 г. Томск, Россия).

Область применения: полученные результаты будут полезны при разработке технологии инжекционного формования сталей.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в возможности использования результатов при разработке технологии инжекционного формования сталей.

Оглавление

Введение.....	9
1 Порошковая металлургия сталей.....	10
1.1 Технология порошковой металлургии.....	10
1.1.1 Получение порошков	10
1.1.2 Подготовка порошка к формованию.....	12
1.1.3 Приготовление смесей порошков.....	13
1.1.4 Формование порошка	13
1.1.5 Спекание порошка.....	14
1.1.6 Свойства стальных порошков.....	14
1.1.7 Преимущества и недостатки порошковой металлургии	17
1.2 Современная порошковая металлургия сталей.....	18
1.2.1 Горячее изостатическое прессование.....	18
1.2.2 Инжекционное формование металлов	19
1.2.3 Хромистые стали в порошковой металлургии.....	21
2 Объекты и методы исследования	23
2.1 Объекты исследования	23
2.2 Методы исследования.....	23
2.2.1 Подготовка поверхности образцов к исследованиям.....	23
2.2.2 Металлографические исследования	24
2.2.3 Определение пористости образцов	24
2.2.4 Определение микротвёрдости образцов	26
3 Исследование образцов стали 40Х, полученных методом порошковой металлургии	28
3.1 Получение образцов стали 40Х методом порошковой металлургии	28
3.2 Анализ пористости образцов стали 40Х.....	30
3.3 Исследование структуры образцов стали 40Х	33
3.4 Определение размера зерна исследуемых образцов	38
3.5 Определение микротвердости образцов стали 40Х.....	42

3.6 Результаты проведенного исследования	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность	46
и ресурсосбережение	46
4.1 Анализ конкурентных технических решений	47
4.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	47
4.1.2 SWOT-анализ.....	48
4.2 Планирование научного исследования	50
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	50
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	51
4.2.3 Разработка графика проведения НИ	52
4.3 Бюджет научного исследования	56
4.3.1 Расчет материальных затрат научного исследования	56
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	57
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей НИ	59
4.3.4 Дополнительная заработная плата	60
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
4.3.6 Накладные расходы.....	61
4.4 Определение финансовой, бюджетной и экономической эффективности НИ	62
5 Социальная ответственность	67
Введение.....	67
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	67
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	68
5.2 Производственная безопасность.....	69
5.2.1 Микроклимат	69
5.2.2 Пожаробезопасность.....	71

5.2.3 Освещенность рабочего места	72
5.2.4 Электробезопасность	73
5.2.5 Шум	75
5.3 Экологическая безопасность.....	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
Заключение	79
Список использованных источников	80

Введение

Большим достижением второй половины XX в. является значительное развитие направления порошковой металлургии. Именно в то время порошковая металлургия стала самостоятельной наукой, которая базируется на основных принципах других фундаментальных наук, таких как, металловедение, физика, химия, математика.

Метод порошковой металлургии позволяет создавать и производить различные изделия со специфическими свойствами, которые невозможно получить другими методами получения изделий. Такими особыми изделиями являются: твердосплавы, сверхтвердые материалы, композиты различных составов и т.д.

Основными направлениями изготовления изделий из порошков являются получение материалов с заданным уровнем свойств, которые лучше со стороны технико-технологических показателей, также возможно получение деталей машин и приборов.

Порошковая металлургия это ресурсоэкономичный и энергосберегающий метод. Также переход от классической металлургии к порошковой металлургии способствует снижению загрязнения окружающей среды. Это происходит благодаря снижению выбросов присущих традиционной металлургии, таких как, загрязнение окружающей среды выбросами газов, шлаков и пр.

Таким образом, порошковая металлургия является современным актуальным методом, который позволяет получать различные изделия даже с самыми специфическими свойствами, которые не получить другими методами. При этом метод обладает большой экологической чистотой производства.

В связи с этим целью данной работы является исследование структуры и свойств стали 40Х, полученной методом порошковой металлургии.

1 Порошковая металлургия сталей

1.1 Технология порошковой металлургии

Первой большой стадией порошковой металлургии (ПМ) металлов и сплавов, в том числе и сталей, является получение порошков и их дальнейшая подготовка к формованию.

1.1.1 Получение порошков

Получить металлический порошок можно механическими, а также физико-химическими методами.

В качестве механических методов получения металлических порошков выделяют несколько способов: измельчение твердых материалов, диспергирование (распыление) расплавов [1].

Измельчение твердых металлических частиц проводят несколькими способами:

- обработка металлов резанием (получение стружки и опилок);
- размол в шаровых вращающихся мельницах;
- размол в шаровых вибрационных мельницах;
- размол в планетарных центробежных и гироскопических мельницах;
- измельчение в аппаратах магнитного индукционного вращателя;
- размол в вихревых и струйных мельницах;
- размол в молотковых мельницах;
- измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках;
- измельчение ультразвуком.

Все данные методы заключаются в воздействии внешних сил, которые разрушают частицы металла. Данный процесс происходит вследствие удара, резания, раздавливания, истирания или комбинацией данных действий,

которые связаны с воздействием напряжений сжатия, растяжения, изгиба. Механическим методом получают порошки более хрупких металлов.

Диспергирование расплавленного металла происходит в результате воздействия струи сжатого газа или жидкости, рисунок 1.1. Возможно диспергирование механическим способом. Данный процесс активно используется для получения порошков железа, сталей и других сплавов на основе железа, а также получения порошков из цветных металлов.

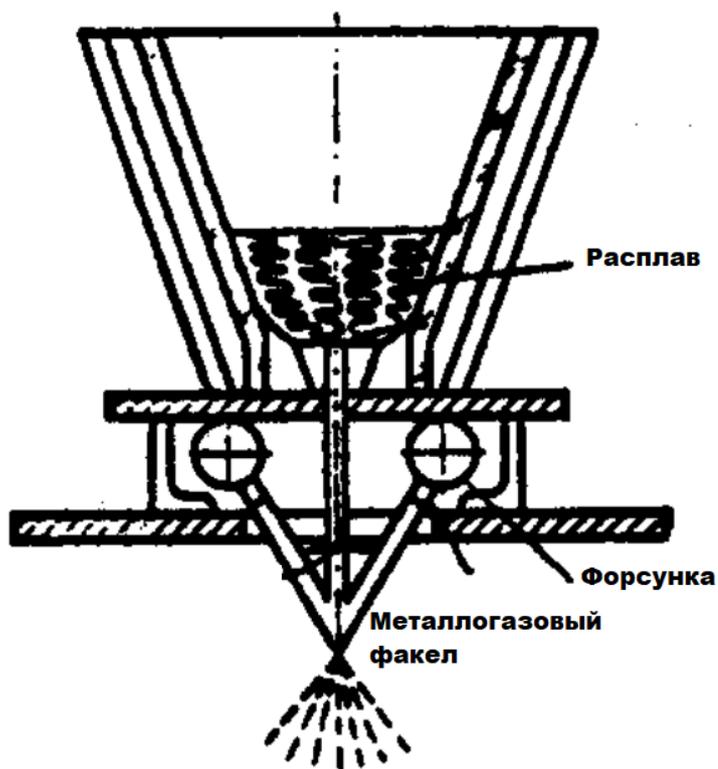


Рисунок 1.1 - Диспергирование расплавленного металла водой

Физико-химические методы получения порошков основаны на химических реакциях, таких как восстановление, диссоциация и другие [2].

Для получения порошков сталей и сплавов используют следующие физико-химические методы:

- методы восстановления;
- электролиз;
- карбонильный метод;
- хлоридный метод;
- метод термодиффузионного насыщения;

- метод межкристаллитной коррозии.

Самым широко распространенным физико-химическим методом является восстановление - получение металла из химического соединения путем отнятия неметаллической составляющей.

В качестве восстановителей могут служить газы: водород, угарный газ, газы, содержащие H_2 и CO одновременно (генераторный, коксовый и др.), диссоциированный аммиак. Также восстановителем может являться твердый углерод и металлы или их соединения.

1.1.2 Подготовка порошка к формованию

Процесс подготовки порошка к формованию весьма важен в технологии порошковой металлургии. Для получения заданных свойств и характеристик необходимо тщательно подготавливать порошок при помощи последовательных операций: отжиг, рассев, смешивание [3].

Отжиг - вид термической обработки порошков для получения необходимого химического состава, улучшения однородности, снятия напряжений, уменьшения пирофорности и газонасыщенности порошка. Отжиг необходим для снятия наклепа предшествующей механической обработки. В результате отжига повышается пластичность порошка, благодаря этому повышается прессуемость, формуемость порошка, а также его уплотняемость.

Рассев порошка необходим для разделения порошка по размерам частиц на различные фракции. В зависимости от дальнейшего применения этих частиц необходимо подбирать частицы порошка определенного размера. Чаще всего для отсева используют набор сит с сетками различных диаметров.

1.1.3 Приготовление смесей порошков

На данном этапе создается смесь определенного химического и гранулометрического состава. Смешивание порошков происходит в смесителях различного типа. Оно бывает двух видов: мокрое и сухое. Мокрое смешивание происходит с добавлением жидких веществ (смазок, пластификаторов), которые препятствуют разделению компонентов смеси, благодаря чему смесь получается более однородной.

1.1.4 Формование порошка

Формованием называется прессование металлического порошка в пресс-форме, рисунок 1.2, под воздействием давления [3]. В результате прессования металлического порошка получают прессовку (компакт).

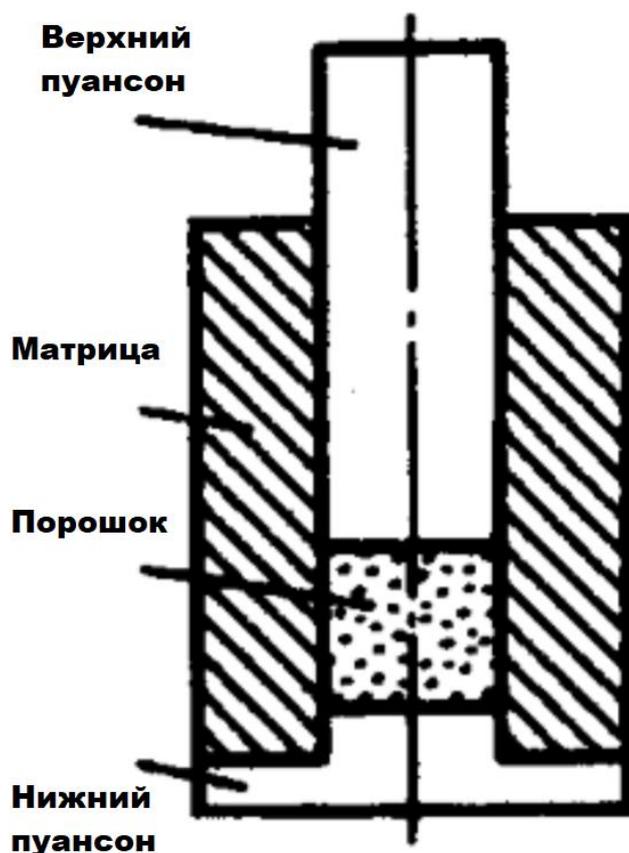


Рисунок 1.2 - Конструкция пресс-формы

Другие виды формования металлического порошка:

- изостатическое формование;
- шликерное формование;
- прокатка порошка;
- мундштучное формование;
- инжекционное формование;
- вибрационное формование;
- импульсное формование.

1.1.5 Спекание порошка

Спекание прессовки заключается в нагреве и выдержке при температуре ниже температуры плавления основного компонента с целью достижения требуемых свойств. Спекание металлических порошков, чаще всего проводится в защитных атмосферах.

Спекание разделяется на твердофазное и жидкофазное. При твердофазном спекании не образуется расплав при нагреве. При жидкофазном спекании легкоплавкие компоненты смеси порошков плавятся и образуют расплав, который присутствует в процессе спекания.

1.1.6 Свойства стальных порошков

При изготовлении сталей методом порошковой металлургии (ПМ) огромное влияние на свойства конечной продукции оказывают характеристики исходного порошка [4]. Наиболее значимыми характеристиками исходного стального порошка в ПМ являются:

- распределение частиц по размерам;
- форма частиц;
- количество примесей;
- характеристики поверхности.

Свойства исходных порошков в ПМ подразделяют на три группы: физические, химические и технологические.

Физические свойства. К физическим свойствам металлических порошков относят: форму частиц, удельную поверхность частиц, размер и гранулометрический состав частиц.

Форма частиц оказывает выраженное влияние на насыпную плотность порошка и оказывает влияние на его прессуемость, спекаемость и механическую прочность спрессованного и спеченного продукта. Частицы имеющие неправильную форму имеют пониженную насыпную плотность, хорошие свойства при прессовании и спекании, в то время как сферические частицы имеют максимальную насыпную плотность, но пониженные прессовочные свойства и хорошую спекающую характеристику.

Удельная поверхность частиц отвечает за развитость поверхности порошка, которая является суммарной поверхностью на единицу массы или объема частиц. Данный показатель зависит от размера, формы и состояния поверхности частицы. Оказывает значительное влияние на скорость спекания, чем больше данный показатель, тем выше скорость спекания.

Размер частиц имеет большое значение, поскольку он влияет на большинство свойств, таких как прочность, плотность компакта, пористость, вытеснение захваченных газов, стабильность размеров, характеристики текучести.

Химические свойства. Наиболее важными химическими свойствами стальных порошков являются: химический состав, токсичность и пирофорность.

Химический состав порошков является важным химическим свойством. Он обычно определяет процент основного металла и процент примеси. Примесь - это некоторые элементы или соединения, которые оказывают нежелательное воздействие. Примеси влияют не только на механические свойства порошковых компактов, но и на их химико-электрические и магнитные свойства. Они также могут оказывать решающее

влияние на прессование, спекание и другие операции после спекания сталей, которые необходимы для получения готового продукта из порошков.

Одной из особенностей порошковых материалов с низкой насыпной плотностью до 1 г/см^3 является возможность самопроизвольного самовозгорания при взаимодействии с кислородом - пирофорность. Также порошки металлов могут загораться в результате химических реакций, взаимодействуя с другими веществами. Поэтому важно соблюдать правила использования и хранения порошков склонных к пирофорности.

Еще одной важной характеристикой металлических порошков является токсичность. Металлические порошки подверженные токсичности могут нанести негативное воздействие на здоровье человека. Негативное воздействие порошка на организм может быть вызвано в случаях контакта с кожей, вдыхания, а также попадания в ротовую полость и в глаза человека. При работе с токсичными порошками важно соблюдать правила, такие как:

- использование специальной защитной экипировки (одежда и обувь);
- работа в перчатках;
- работа в респираторе;
- работа в хорошо проветриваемых помещениях.

Технологические свойства. Насыпная плотность, прессуемость и текучесть металлических порошков являются представителями технологических свойств.

Насыпная плотность - объем или масса свободно насыпанного порошка, которая определяет количество пустот между частицами. Насыпная плотность зависит от формы и размеров частиц. Чем больше насыпная плотность, тем плотнее расположены частицы.

Способность порошка под действием давления образовывать компакт называется прессуемостью. Данный показатель отвечает за сохранение формы после прессования.

Текучестью называют скорость равномерного заполнения пресс-формы. Она играет важную роль в получении однородных изотропных компактов. Для повышения данного показателя частицы порошка подвергают отжигу.

1.1.7 Преимущества и недостатки порошковой металлургии

Металл в виде порошка стоит дороже, чем в виде слитка, сляба и т.п. Кроме того, дорогостоящие штампы и оборудование, необходимые для этого процесса, подразумевают, что процесс будет оправдан необычными свойствами, полученных продуктов.

Порошковая металлургия обладает следующими специфическими преимуществами:

- получение изделий с точным химическим составом;
- изготовление деталей из самых разнообразных материалов (тугоплавкие, биметаллические, пористые, магнитные, и пр.), поэтому легко получить изделия с желаемыми свойствами;
- изготовление деталей с меньшим количеством технологических операций и с соответственно меньшими затратами;
- получение особо чистых металлов без примесей;
- высокие темпы производства даже для сложных деталей в первую очередь из-за использования автоматизированного оборудования в этом процессе;
- затраты на рабочую силу невелики, так как не нужны высококвалифицированные операторы;
- отсутствие излишнего материала, практически весь металлический порошок уходит на изготовление изделия;
- отсутствие дефектов присущих литым металлам и сплавам.

Также метод порошковой металлургии имеет ряд недостатков, а именно:

- высокая стоимость металлических порошков по сравнению со стоимостью сырья, используемого для литья;
- спекание проводится в защитной атмосфере, что увеличивает себестоимость данного процесса;
- некоторые порошки трудно хранить без ухудшения их качества;
- высокая стоимость оснастки и оборудования, это особенно важно в тех случаях, когда объемы производства невелики;
- трудно получить методом классической порошковой металлургии изделия сложной формы,
- порошки некоторых металлов, например, алюминий, магний, титан и цирконий, могут быть пожаро- и взрывоопасны;
- порошки металлов с низкой температурой плавления, например, цинка, олова, кадмия, создают термические трудности при спекании;
- ограниченность размеров изделий;
- использование чистых металлических порошков значительно увеличивают себестоимость данного процесса.

1.2 Современная порошковая металлургия сталей

1.2.1 Горячее изостатическое прессование

Порошковая металлургия стабильно развивается. Одним из современных методов порошковой металлургии, совмещающий в себе процесс формования и спекания одновременно, является горячее изостатическое прессование. Данный метод порошковой металлургии является универсальным и широко применяемым [5].

Горячее изостатическое прессование (ГИП) - это процесс уплотнения порошков или литых и спеченных деталей в печи при высоком давлении (100-200 МПа) и температуре от 900 до 1250 °С, например, для сталей и жаропрочных сплавов. Давление газа действует равномерно во всех

направлениях, обеспечивая изотропию свойств и 100 процентное уплотнение. Метод дает множество преимуществ и со временем становится жизнеспособной и высокоэффективной альтернативой обычным процессам, таким какковка, литье и механическая обработка во многих областях применения.

Его существование дополняет другие процессы порошковой металлургии, такие как литье металла под давлением, прессование и спекание или же новые технологии аддитивного производства. Он используется в сочетании с этими процессами для уплотнения деталей и производства полуфабрикатов из прутков или плит.

Благодаря горячему изостатическому прессованию может быть изготовлен широкий спектр типов изделий. Его возможности включают в себя создание больших и массивных металлических, например, детали для нефтегазовой отрасли весом до 30 тонн или рабочие колеса диаметром до одного метра. Также он может быть использован для изготовления небольших режущих инструментов, таких как метчики или сверла. Изготовленные методом горячего изостатического прессования полуфабрикаты, могут весить менее 100 грамм, например, даже очень крошечные детали, такие как зубные брекеты.

1.2.2 Инжекционное формование металлов

Метод инжекционного формования (MIM - Metal Injection Molding) - это процесс, является одной из разновидностей технологий литья порошков под давлением (PIM - Powder Injection Molding), но с металлическим сырьем [5]. Порошкообразное металлическое сырье обрабатывается при высокой температуре и давлении, позволяя эффективно производить мелкие, прецизионные, высокоэффективные детали в больших количествах. Эта проверенная технология дает повышенные свойства полученным изделиям. Метод идеально подходит для создания изделий с более сложными формами

и небольших высокоточных деталей с уникальной геометрией для применения в различных областях промышленности.

Данный метод включает в себя использование практически любого металлического порошка, рисунок 1.3.

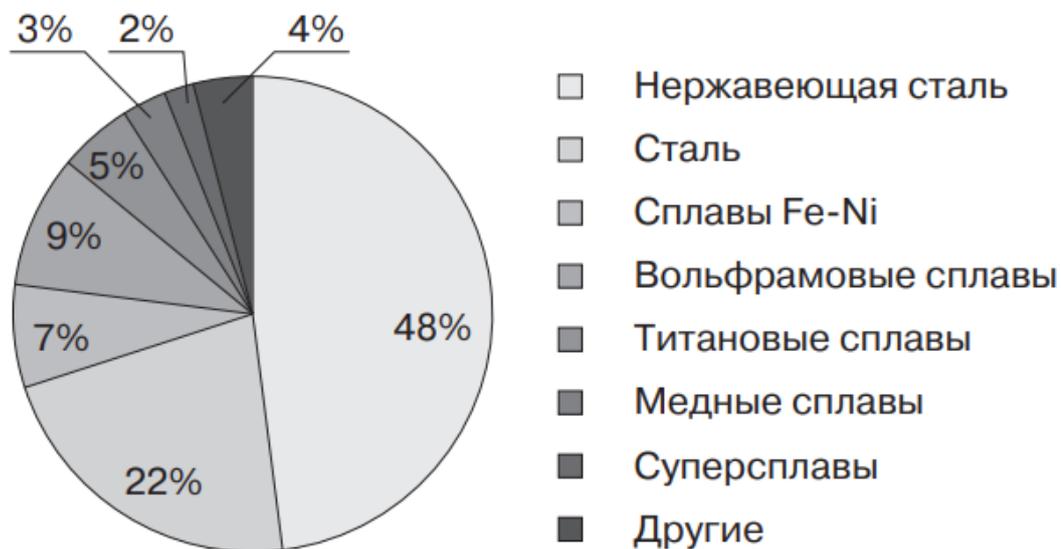


Рисунок 1.3 - Доли использования различных сплавов в производстве изделий методом МІМ [5]

Технологический процесс получения готового изделия методом МІМ проходит в несколько следующих этапов:

- подготовка порошков;
- добавление связующего вещества в порошковую смесь;
- смешивание;
- формование (в результате получают «зеленую» деталь);
- удаление связки (в результате получают «коричневую» деталь);
- спекание;
- дополнительная обработка.

МІМ технология идеально подходит для изготовления деталей сложной формы, а также деталей, требующих сборки. То же самое относится и к высокоточному производству мелких прецизионных деталей со сложной геометрией конструкции. Этот процесс поддается автоматизации, в которой задействуются высокие объемы производства, рисунок 1.4.

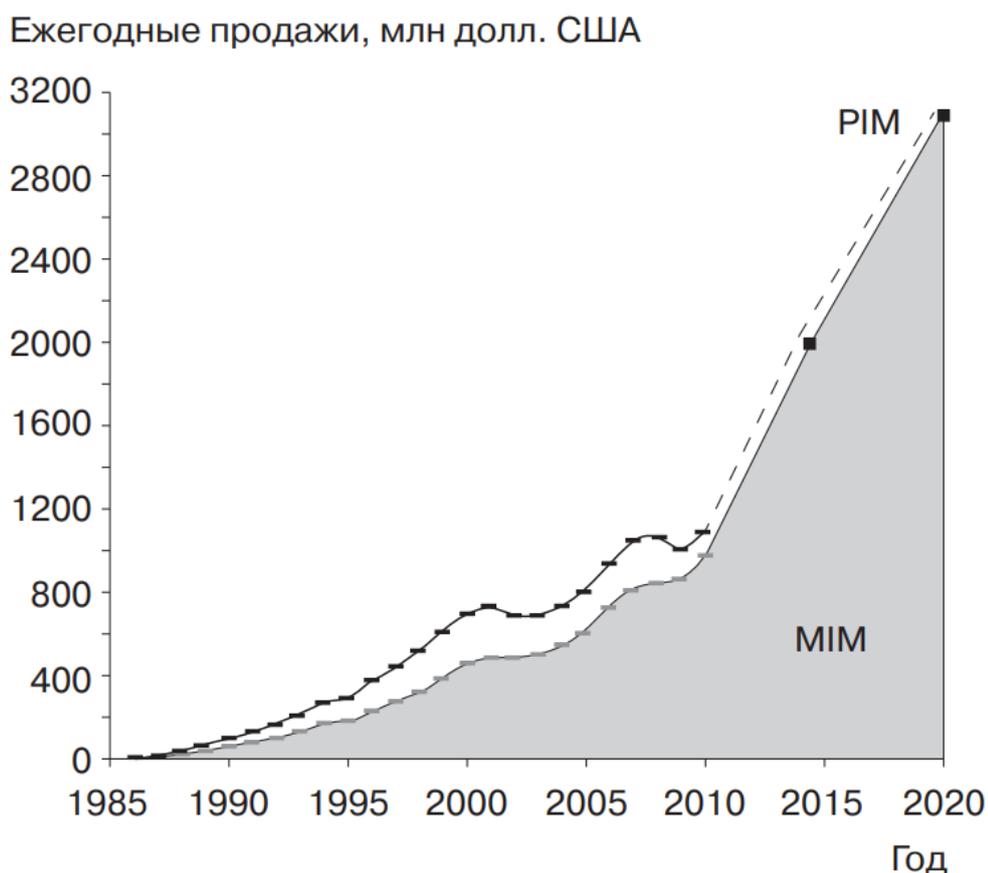


Рисунок 1.4 - Объем ежегодных продаж изделий, полученных методами PIM и MIM [5]

1.2.3 Хромистые стали в порошковой металлургии

Хром как легирующий элемент представляет большой интерес благодаря своей низкой стоимости. Хром повышает прочность, износостойкость, твердость, образуя твердые карбиды, а также является основной легирующей добавкой нержавеющей стали. Использование порошков хрома в последнее время возросло благодаря их доступности. Низкая общая стоимость является движущей силой для преобразования деталей, изготовленных из обычной стали, в сырьё, которое будет использовано методом порошковой металлургии. Используя порошки хрома в порошковой металлургии возможно увеличение рынка хромистых сталей по сравнению с обычной сталью.

Порошковая металлургия имеет сильный растущий рынок сбыта. Поскольку большинство деталей, производимых методом порошковой

металлургии, предназначены для автомобильной промышленности, стоимость является отправной точкой при выборе материалов. При разработке новых материалов необходимо учитывать не только стоимость, но и их свойства. Хром как легирующий элемент представляет большой интерес из-за низкой стоимости и возможности переработки, по сравнению с марками Fe-Cu-C [6].

В 1998 году был представлен сплав Cr/Mo-Astaloy CrM, полученный методом порошковой металлургии [7]. Astaloy CrM, схожий с российским аналогом 40ХМФ, используется в качестве дополнения к существующим легирующим элементам (Cu, Ni, Mo) для массового производства материалов с высокими свойствами. В настоящее время изучение данного материала является актуальным вопросом в мире порошковой металлургии, которым занимаются до сих пор.

Также активно проводятся исследования сталей полученных МПМ-методом. Исследуется их структура, фазовый состав и механические свойства исходного сырья и спеченного материала. Например, изучается сталь, основным сырьевым материалом которой является смесь стального и хромо-никелевого порошков [8]. В качестве связующего вещества используется полиацеталь. В результате спекания исходных веществ образуется материал, который аналогичен аустенитным нержавеющейим сталям и схож с ними химическим составом, структурой и механическими свойствами, при высокой плотности более 98 процентов. Результатом данного исследования является то, что при спекании происходит фазовое превращение: исходная ферритная фаза превращается в аустенитную фазу. Фазовому превращению способствует никель, содержащийся в исходной порошковой смеси. Спеченные образцы имеют характерную аустенитную структуру с наличием многочисленных двойников.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

Объектами исследования для данной работе являются два образца стали 40Х, изготовленных методом порошковой металлургии. Образцы имеют цилиндрическую форму. Оба образца изготовлены из одной порошковой смеси Fe-C-Cr.

2.2 Методы исследования

Для оценки структуры и свойств образцов в работе проведены следующие виды исследований:

- анализ пористости,
- металлографический анализ,
- оценка микротвёрдости.

Однако первым и самым важным этапом является подготовка образцов к исследованиям.

2.2.1 Подготовка поверхности образцов к исследованиям

Качество исследования структуры и измерений микротвёрдости напрямую зависит от качества шлифа. Шлиф должен иметь гладкую зеркальную поверхность. Для получения требуемой поверхности шлифование проводилось на шлифовальном станке, а также вручную при помощи абразивных шкурки различной зернистости. Полирование проводилось на полировальной бумаге с использованием алмазной пасты.

Для выявления структуры после полирования поверхностей образцов проводилось химическое травление 10 процентным раствором азотной кислоты HNO_3 . В результате травления образцы приобрели микрорельеф, где можно увидеть различные фазы и границы зерен.

2.2.2 Металлографические исследования

Металлографический анализ - это метод качественного и количественного исследования структуры металлов и сплавов. Качественные методы исследования структуры позволяют описать тип, форму, размер и взаимное расположение обнаруженных фаз и структурных составляющих. Задача количественной металлографии состоит в изучении характеристик пространственного строения структуры путем измерения численных параметров микроскопического изображения [9].

Для изучения микроструктур образцов использован лабораторный микроскоп ЛабоМет-И-1. Данный лабораторный микроскоп был использован совместно с программной системой обработки и анализа изображений SIAMS.

Исследование величины зерна проводилось методом подсчета пересечений зерен согласно ГОСТ 5639-82 [10]. Определение величины зерна проводили при таком увеличении, чтобы в поле зрения находилось целиком 80-200 зерен. Прямая секущая пересекала не менее 10 зерен, а секущая в виде окружности - не менее 20.

Расчет среднего размера зерна проводили по формуле [10]:

$$D = \frac{L}{N},$$

где при определении D - величины зерна (мкм); L - длина секущей в плоскости шлифа (мкм); N - число зерен, пересеченных секущей (шт).

Также были отдельно посчитаны зерна феррита и перлита.

2.2.3 Определение пористости образцов

Определение пористости производилось при помощи оптического микроскопа ЛабоМет-И-1, рисунок 2.1, и программного комплекса SIAMS-

700. Микроскоп дает возможность получать изображения с увеличениями $\times 40$, $\times 100$, $\times 400$ и $\times 800$ [11].



Рисунок 2.1 - Микроскоп ЛабоМет-II-1

Пористость определяли с помощью «Анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700».

Данная программа имеет ряд специализированных особенностей, одна из которых возможность определения относительной пористости и распределения пор по размеру. Изображение переводится в черно-белое. Благодаря ряду обработок удаляются шумы и помехи, которые могут определиться, как поры. Конечное изображение анализируется, определяется количество пор и их размеры. Все данные выводятся в виде отчета. Таким образом, можно получить диаграмму распределения пор по размеру, площадь исследуемой фазы, площадь всего изображения и долю исследуемой фазы в процентах.

2.2.4 Определение микротвёрдости образцов

Микротвердость образцов определяли на микротвердомере ПМТ-3М, рисунок 2.2 [12].

Измерение микротвердости проводится благодаря вдавливанию алмазной пирамиды в поверхность образца под действием нагрузки.

Микротвердость исследуемых образцов определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазной пирамиде, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка (укола).



Рисунок 2.2 - Микротвердомер ПМТ-3М

Измерение микротвердости производили в несколько этапов:

1. Исследуемый образец закрепляли на пластине при помощи пластилина и прессы, чтобы поверхность образца была параллельна рабочей плоскости столика.
2. На шток помещали груз.

3. Проводили поиск места на поверхности образца для нанесения уколов. От края отступали не менее двух отпечатков. Расстояние между двумя соседними отпечатками делали не менее трех размеров отпечатка.

4. Затем необходимо поворачивали предметный столик против часовой стрелки, плавно и до упора.

5. Затем медленно опускали шток, чтобы алмаз коснулся поверхности образца. После касания проводили выдержку около 10 секунд.

6. Плавный поворот предметного столика в начальное положение.

7. Перемещая рукояткой центр перекрестия, по диагонали отпечатка проводили измерение диагонали между противоположными краями отпечатка.

8. Полученное значение умножали на действительное значения барабанчика равное 0,315 мкм, таким образом, определяли истинную величину диагонали отпечатка.

9. Значение микротвердости определяли по истинной величине диагонали отпечатка с помощью специальных таблиц.

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б61	Янь Чжицзянь

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 «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>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета научного исследования (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке программного обеспечения</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Оценка конкурентоспособности НИ</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>Бюджет НИ</i>
5. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б61	Янь Чжицзянь		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках научного исследования. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы - будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

В связи с тем, что экономика является неотъемлемой, постоянной и динамически развивающейся частью жизни, возникает необходимость непрерывно проводить исследование и мониторинг рынка. Поиск конкурирующих проектов позволяет определить необходимость и значимость новых разработок, а также их эффективность в случае успешной реализации конечного продукта.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научного исследования;
- расчет бюджета научного исследования;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы - рассмотреть структуру и свойства стали 40Х, полученной из отдельных порошков железа, углерода и хрома методом порошковой металлургии с использованием пластификатора. Результаты будут полезны при разработке технологии инъекционного формования.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

4.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В данной работе рассмотрено 2 образца стали 40Х, полученной из отдельных порошков железа, углерода и хрома методом порошковой металлургии с использованием пластификатора.

Вариант 1 - Образец стали 40Х полученный методом порошковой металлургии при $T=1300$ °С;

Вариант 2 - Образец стали 40Х полученный методом порошковой металлургии при $T=1250$ °С;

Вариант 3 - Сталь 40Х.

Для проведения оценки их сравнительной эффективности составлена оценочная карта, приведенная в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар ₁	Вар ₂	Вар ₃	Вар ₁	Вар ₂	Вар ₃
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Микротвёрдость	0,5	5	4	4	2,5	2	2
Пористость	0,5	4	4	3	2	2	1,5
Итого	1	9	8	7	4,5	4	3,5

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j,$$

где K - конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i - вес показателя (в долях единицы);

B_j - балл i -го показателя.

Как видно из оценочной карты, наибольшей конкурентной способностью обладает вариант первый вариант.

4.1.2 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научного исследования применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.

Таблица 4.2 - SWOT анализ метода порошковой металлургии

Сильные стороны	Возможности
<p>S₁: Отсутствие лома;</p> <p>S₂: Получение любых свойств;</p> <p>S₃: Актуальность метода;</p> <p>S₄: Технология более экологически безопасна, чем традиционная металлургия.</p>	<p>O₁: Большой потенциал использования данной технологии в РФ;</p> <p>O₂: Развитость технологии за рубежом.</p>
Слабые стороны	Угрозы
<p>W₁: Неразвитость в РФ;</p> <p>W₂: Высокая стоимость оборудования;</p> <p>W₃: Стоимость металлических порошков высока.</p>	<p>T₁: Недостаточное финансирование;</p> <p>T₂: Отсутствие спроса;</p> <p>T₃: Сокращение промышленных мощностей.</p>

Таблица 4.3 - Связь сильных сторон с возможностями

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
O ₁	+	+	+	+
O ₂	+	+	+	+

Таблица 4.4 - Связь слабых сторон с возможностями

	W ₁	W ₂	W ₃
O ₁	+	+	+
O ₂	-	-	-

Таблица 4.5 - Связь сильных сторон с угрозами

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
T ₁	-	-	+	-
T ₂	-	-	-	-
T ₃	-	-	-	-

Таблица 4.6 - Связь слабых сторон с угрозами

	W ₁	W ₂	W ₃
T ₁	+	+	+
T ₂	+	+	+
T ₃	-	+	+

4.2 Планирование научного исследования

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках научного исследования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов исследования.

Для выполнения данного научного исследования необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель НИ и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Планирование НИ - это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а также трудовых и материальных ресурсов.

Перечень основных этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИ
2	Выбор направления исследований	Руководитель НИ, Инженер
3	Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	Инженер
4	Календарное планирование работ по исследованию.	Руководитель НИ
5	Изготовление образцов	Инженер, Руководитель НИ
6	Подготовка поверхности	Инженер
7	Исследования образцов	Инженер
8	Анализ полученных данных	Инженер, Руководитель НИ
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель НИ, инженер
10	Определение целесообразности проведения НИ	Руководитель НИ, инженер
11	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данной работе трудовые затраты образуют основную часть стоимости научного исследования. Поэтому немаловажным является определение трудоемкости работ каждого из участников исследования.

Несмотря на то, что трудоемкость носит стохастический характер, данную величину можно определить экспертным путем в «человеко-днях».

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ож\ i}$ определяется по формуле:

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

где $t_{\min\ i}$ - минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$ - максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

где $Ч_i$ - количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем выполняемым работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 8.

4.2.3 Разработка графика проведения НИ

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма состоит из блоков, расположенных на двух осях: по вертикали располагаются задачи, из которых состоит исследование, а время, запланированное на их выполнение, служит горизонтальной осью диаграммы Ганта. Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где $k_{кал}$ - календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ - общее количество календарных дней в году; $T_{кал}$ - общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ - общее количество праздничных дней в году.

Все полученные значения в календарных днях сводятся в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 - Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Выбор направления исследований	7	7	9	9	7,8	7,8	3,9	3,9	5	6
Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	-	14	-	17	-	15,2	-	15,2	-	23

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни		Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер
	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер	Руководитель НИ	Инженер				
Календарное планирование работ по исследованию.	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7	-
Изготовление образцов	14	14	17	17	15,2	15,2	7,6	7,6	10	12
Подготовка поверхности	-	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	12
Исследования образцов	-	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	12
Анализ полученных данных	5	5	7	7	5,8	5,8	2,9	2,9	4	5
Оценка эффективности полученных результатов	4	4	6	6	4,8	4,8	2,4	2,4	4	4
Определение целесообразности проведения НИ	5	5	7	7	5,8	5,8	2,9	2,9	4	5
Составление пояснительной записки	-	20	-	24	-	21,6	-	21,6	-	32

После произведенных расчетов, представленных в таблице 8, строится диаграмма Ганта, представленная в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план график проведения НИ

№ работ	Вид работы	Исполнитель	Тк,дн	февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
				1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИ	2	■							
2	Выбор направления исследований	Руководитель НИ, Инженер	6	■	▨										
3	Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	Инженер	23		▨	▨									
4	Календарное планирование работ по исследованию.	Руководитель НИ	7			■									
5	Изготовление образцов	Руководитель НИ	12			■									
6	Подготовка поверхности	Инженер,	12				▨								
7	Исследования образцов	Инженер	12					▨							
8	Анализ полученных данных	Инженер	5						▨						
9	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, Руководитель НИ	4							▨					
10	Определение целесообразности проведения НИ	Руководитель НИ, инженер	5								▨				
11	Составление пояснительной записки	инженер	32									▨	▨	▨	

▨ Инженер ■ Руководитель

Таблица 4.10 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	120
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	111
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель НИ	36

В результате выполнения данного подраздела разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя НИ и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из участников исследования.

4.3 Бюджет научного исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат научного исследования

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Поэтому необходимо учитывать материальные затраты.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} = (1 + 0,25) \cdot 1800 = 2250 \text{ руб.},$$

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

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

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

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (в данной работе принимается равным 25 %).

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблица 4.11.

Таблица 4.11 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Образец	2	100	200
Наждачная бумага	10	40	400
Алмазная паста	4	300	1200
Всего за материалы, руб.			1800
Транспортно-заготовительные расходы, руб.			450
Итого по статье, руб.			2250

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

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость исследования входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных

расходов. При выполнении научного исследования использовался компьютер твердомер ПМТ - 3М, микроскоп ЛабоМет-И-1.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	5	40	40
2	Твердомер ПМТ - 3М	1	5	50	50
3	Микроскоп ЛабоМет-И-1	1	5	150	150
Итого		240 тыс. руб.			

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$N_A = \frac{1}{n},$$

где n - срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A I}{12} \cdot t,$$

где I - итоговая сумма, тыс. руб.; t - время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для компьютера, с учётом того, что срок полезного использования составляет 5 лет:

$$N_A = \frac{1}{n}$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{N_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 240000}{12} \cdot 3 = 12000 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей НИ

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью исследования и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{р}}$ - продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя НИ):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,4}{246} = 2168,1 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{м}}$ - должностной оклад работника за месяц;

$F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.;

M - количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня - $M=11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя НИ:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.,}$$

где Z_{tc} - заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ - премиальный коэффициент, принимается равным 0,3;

k_d - коэффициент доплат и надбавок, принимается равным 0,2;

k_p - районный коэффициент, принимается равным 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 1 - Расчет основной заработной платы

Исполнители НИ	Z_{tc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2168,1	36	78051,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	111	193484,1
Итого:								271535,7

4.3.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя НИ:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 78051,6 = 11707,7 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 193494,1 = 29024,1 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя НИ:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (78051,6 + 11707,7) = 26927,8 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (193494 + 29024,1) = 66755,4 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Общая ставка взносов составляет в 2020 году - 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % - на пенсионное страхование;
- 5,1 % - на медицинское страхование;
- 2,9 % - на социальное страхование.

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя прочие затраты, такие как: печать и ксерокопирование документов, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и др.

Накладные расходы в целом рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}} = 420200,8 \cdot 0,2 \approx 84040,2 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимается равным 0,2).

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 4.

Таблица 4.15 - Группировка затрат по статьям

Статьи							
Материальные затраты	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
2250	12000	271535,7	40731,8	93683,3	420200,8	84040,2	504240,9

4.4 Определение финансовой, бюджетной и экономической эффективности НИ

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета вариантов исполнения научного исследования. В рамках данной работы рассмотрены два варианта исполнения, поскольку данное исследование является уникальным.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. В качестве аналога выступает обычная сталь 40Х.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{504240,9}{600000} = 0,84 ,$$

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

Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научного исследования (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).

Далее необходимо произвести оценку ресурсоэффективности исследования, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент исследования;

b_i - бальная оценка исследования, устанавливаемая опытным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик исследования, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 4.16.

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения исследования

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка исследования	Бальная оценка аналога
Микротвердость	0,5	5	4
Пористость	0,5	4	3
Итого:	1	4,5	3,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4,5}{0,84} \approx 5,4$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность исследования. Сравнительная эффективность исследования ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{5,4}{3,5} \approx 1,54$$

Таблица 4.17 - Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	5,4	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,54	0,65

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного анализа конкурентных технических решений оказалось, что разрабатываемый проект является более конкурентноспособным, чем его аналог;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя НИ и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы - 120 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер - 111 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель НИ - 36;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию исследования, которые составляют 504240,9 рублей;

4. По факту оценки эффективности научного исследования, можно сделать следующие выводы:

- значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,84, что является показателем того, что научного исследования является финансово выгодным по сравнению с аналогом;

- значение интегрального показателя ресурсоэффективности научного исследования равняется 4,5, а конкурента равняется 3,5;

- значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 5,4, а конкурента 3,5, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.