

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 изделий при разных условиях прессования и спекания УДК 621.777+621.762.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б61	Лютый Никита Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ваулина Ольга Юрьевна	К.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Борис Борисович	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
4Б61	Лютый Никита Сергеевич

Тема работы:

Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 52-51/с от 21.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<p><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>В работе объектами исследования были образцы инвара, полученные методом порошковой металлургии при различных режимах. Используемый инвар - сплав 64% железа и 36% никеля с добавлением глицерина в качестве пластификатора.</p>

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Литературный обзор, материалы и методы исследования, исследование спеченных образцов, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение, социальная ответственность.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация PowerPoint</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент...</i></p>	<p><i>И.В. Кацук, доцент НИ ТПУ</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>М. С. Черемискина, ассистент НИ ТПУ</i></p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Ваулина Ольга Юрьевна</p>	<p>К.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4Б61</p>	<p>Лютый Никита Сергеевич</p>		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 с., 21 рис., 30 табл., 16 источников.

Ключевые слова: порошковая металлургия, инвар, давление прессования, температура спекания, усадка, насыпная плотность, пористость, микротвердость.

Объектом исследования являются образцы инвара, полученные методом порошковой металлургии при разных условиях прессования и спекания.

Цель работы - исследовать структуру и свойства образцов инвара, полученных при разных условиях прессования и спекания.

В процессе исследования проводились исследования пористости, микроструктур, определение усадки, насыпной плотности, измерение микротвёрдости, рентгеноструктурный анализ.

В результате исследования исследованы структуры и свойства образцов инвара, полученных при разных условиях прессования и спекания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: благодаря порошковой металлургии появляется возможность получать детали и изделия с такими свойствами, которые попросту невозможно получить при помощи традиционных способов.

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

Область применения: данная работа направлена на поиск режимов для порошковых инварных сплавов для инъекционного формования. Изначально свойства проверяются для простого спекания.

Экономическая эффективность/значимость работы: технология, рассмотренная в работе экономически более выгодна, чем аналоги.

В будущем планируется поиск режимов для порошковых инварных сплавов для инъекционного формования.

Содержание

Введение.....	9
1 Литературный обзор	11
1.1 Получение железного порошка	11
1.2 Получение порошков цветных металлов.....	13
1.3 Технологический процесс	16
1.4 Свойства металлических порошков	20
1.5 Инвар	24
2 Материалы и методы исследования.....	27
2.1 Материал исследования.....	27
2.2 Методы исследования.....	27
2.2.1 Определение насыпной плотности.....	27
2.2.2 Подготовка образцов	28
2.2.3 Подготовка поверхности	29
2.2.4 Металлографические исследования.....	29
2.2.5 Измерение микротвердости	30
3 Исследование спеченных образцов.....	31
3.1 Определение насыпной плотности.....	32
3.2 Режимы спекания образцов.....	33
3.3 Измерение образцов до и после спекания, усадка.....	34
3.4 Пористость образцов.....	36
3.5 Металлографические исследования образцов	43
3.6 Рентгеноструктурный анализ.....	45
3.7 Измерение микротвердости	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 50	
4.1 Анализ конкурентных технических решений	51
4.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научно-исследовательского проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.2 SWOT-анализ.....	52

4.2	Планирование научно-исследовательского проекта	54
4.2.1	Структура работ в рамках научно-исследовательского проекта	54
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	56
4.2.3	Разработка графика проведения НИП	57
4.3	Бюджет научно-исследовательского проекта	61
4.3.1	Расчет материальных затрат научно-исследовательского проекта	62
4.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	63
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей НИП.....	65
4.3.4	Дополнительная заработная плата	66
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
4.3.6	Накладные расходы.....	67
4.4	Определение финансовой, бюджетной и экономической эффективности НИП	68
5	Социальная ответственность	73
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	73
5.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	74
5.2	Производственная безопасность.....	76
5.2.1	Микроклимат	76
5.2.2	Шум	78
5.2.3	Вредные вещества	78
5.2.4	Недостаточная освещенность рабочего места	79
5.2.5	Электробезопасность	80
5.3	Экологическая безопасность.....	82
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
	Заключение	85
	Список достижений студента	87
	Список использованной литературы.....	87

Введение

Процесс получения изделий спеканием металлических порошков относится к области порошковой металлургии. Данный метод позволяет получить детали, которые могут обладать практически любыми возможными и желаемыми свойствами, такими как прочность, высокая износостойкость, магнитные свойства, твёрдость, жаропрочность и так далее. Также порошковая металлургия может значительно сокращать себестоимость получаемых изделий за счет высокой экономии металла.

Главным преимуществом порошковой металлургии над методом литья является то, что благодаря ней появляется возможность получать детали и изделия с такими свойствами, которые попросту невозможно получить при помощи литья.

Развитие изготовления изделий из порошков обусловлено тем, что данная операция относительно проста. Несмотря на простоту процесса можно получить высококачественный результат.

Благодаря исследованиям Василия Васильевича Любарского и Петра Григорьевича Соболевского, используя методы порошковой металлургии, а именно смешивание, прессование и спекание порошков, удалось получить первое платиновое изделие, полученное методом порошковой металлургии. Это исследование подтолкнуло их к открытию промышленного выпуска монет и других изделий методом порошковой металлургии [1].

В начале XX века по причине развития электротехники потребовались материалы, которые трудно было изготовить стандартными методами. В данном вопросе помогла порошковая металлургия. И в 1926-1927 годах из порошкообразных тугоплавких металлов получать тонкие нити. Таким образом, проблема молибденовой проволоки и вольфрамовой нити была разрешена. В дальнейшем были проведены глобальные исследования в области порошкового металловедения и порошковой металлургии.

Спрос на порошковые металлы заметен в таких отраслях как: машиностроение, электротехническая промышленность, производство нефтегазового оборудования и др.

Так же отдельно стоит отметить одно из наиболее важных преимуществ порошковой металлургии - экономия металла. Благодаря экономии металла порошковая металлургия обретает низкую себестоимость полученной продукции в сравнении с аналогами, которые получают методами механической обработки, литья, вырубки.

Существуют материалы и изделия, которые кроме технологии порошковой металлургии невозможно получить другими способами, например: дисперсно-упрочненные композиционные материалы, пористые бронзо-графиты.

Благодаря вышеперечисленным факторам порошковая металлургия твёрдо занимает свою рыночную нишу, как в России, так и за её пределами.

Данная работа направлена на сравнение свойств спеченных образцов при разных условиях прессования и спекания.

1 Литературный обзор

1.1 Получение железного порошка

Получение конструкционных изделий методом порошковой металлургии из железных порошков занимает большую часть подобного производства. Объем производства порошков всех цветных металлов в сумме не могут затмить объем производства изделий из железных порошков. Разделяют два основных метода получения железного порошка.

Способы получения железного порошка:

- получение губчатого железа;
- распыление железа водой.

Получение губчатого железа

Процесс, который считается наиболее используемым - процесс получения губчатого железа. Руду смешивают с известью и коксом, данную смесь помещают в емкость из карбида кремния. Данный процесс заключается в восстановлении данной руды, то есть оксида железа Fe_3O_4 [2].

Механическое измельчение заключается в дробление, рисунок 1.1, компактных материалов, путём размола, раскалывания или истирания в агрегатах-мельницах (вращающихся, шаровых, центробежных, вихревых, вибрационных, планетарных и т.д.). В зависимости от механического воздействия можно получить различные размер и форму частиц.

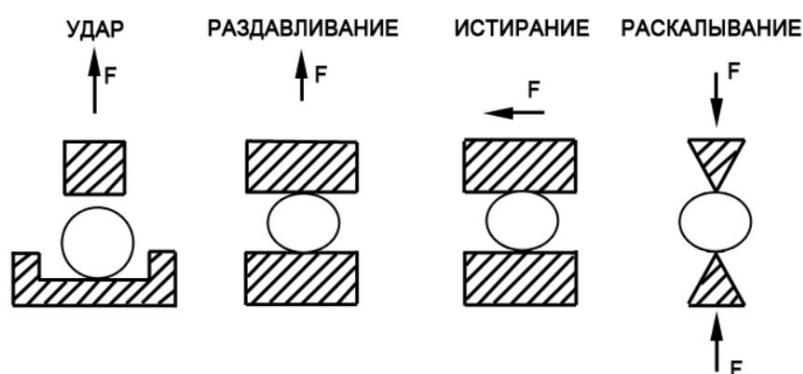


Рисунок 1.1 - Виды механического измельчения

Полученный порошок имеет неправильную форму частиц, рисунок 1.2, которая позволяет данному порошку иметь низкую насыпную плотность, что обеспечивает прочность сырой прессовки, полученной из данного порошка. Поэтому прессованные под давлением компакты можно легко обрабатывать перед спеканием, где каждая частица содержит внутренние поры.

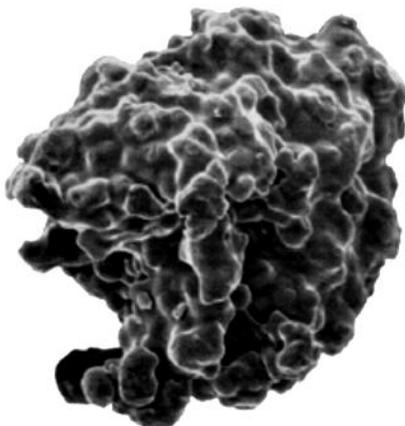


Рисунок 1.2 - Типичная форма порошка губчатого железа [3]

Это самый распространенный способ получения железного порошка и с каждым годом потребность в таких порошках только растет. Благодаря данному способу можно получать порошок для производства изделий сложной конфигурации с тонкими стенками.

Данный метод также используется для производства порошков тугоплавких металлов с использованием водорода в качестве восстановителя и для производства специальных порошков железа путем восстановления (опять же с использованием водорода).

Распыление железа водой

Движимые тенденцией к более высоким уровням плотности в конструкционных изделиях, полученных методом порошковой металлургии. В качестве средства повышения производительности, порошки губчатого железа вытесняются порошками, полученными путем распыления воды.

Распыление железа водой включает в себя распад тонкого потока расплавленного металла через столкновение высокоэнергетических струй

жидкости (жидкости или газа). Вода - это наиболее часто используемая жидкость для распыления.

Переплавленный материал, из которого получится железный порошок, нагретый до 1670-1750 °С сливается в металлоприемник. Из металлоприемника расплав железного порошка стекает в виде струи в зону диспергирования. В этой зоне струя расплава железного порошка дробится струями воды и образовавшиеся частицы перемещаются - железный порошок попадает в водяную ванну. После подсушки железный порошок поступает на восстановительный отжиг, который проводится при высоких температурах в течение 3 - 4 часов.

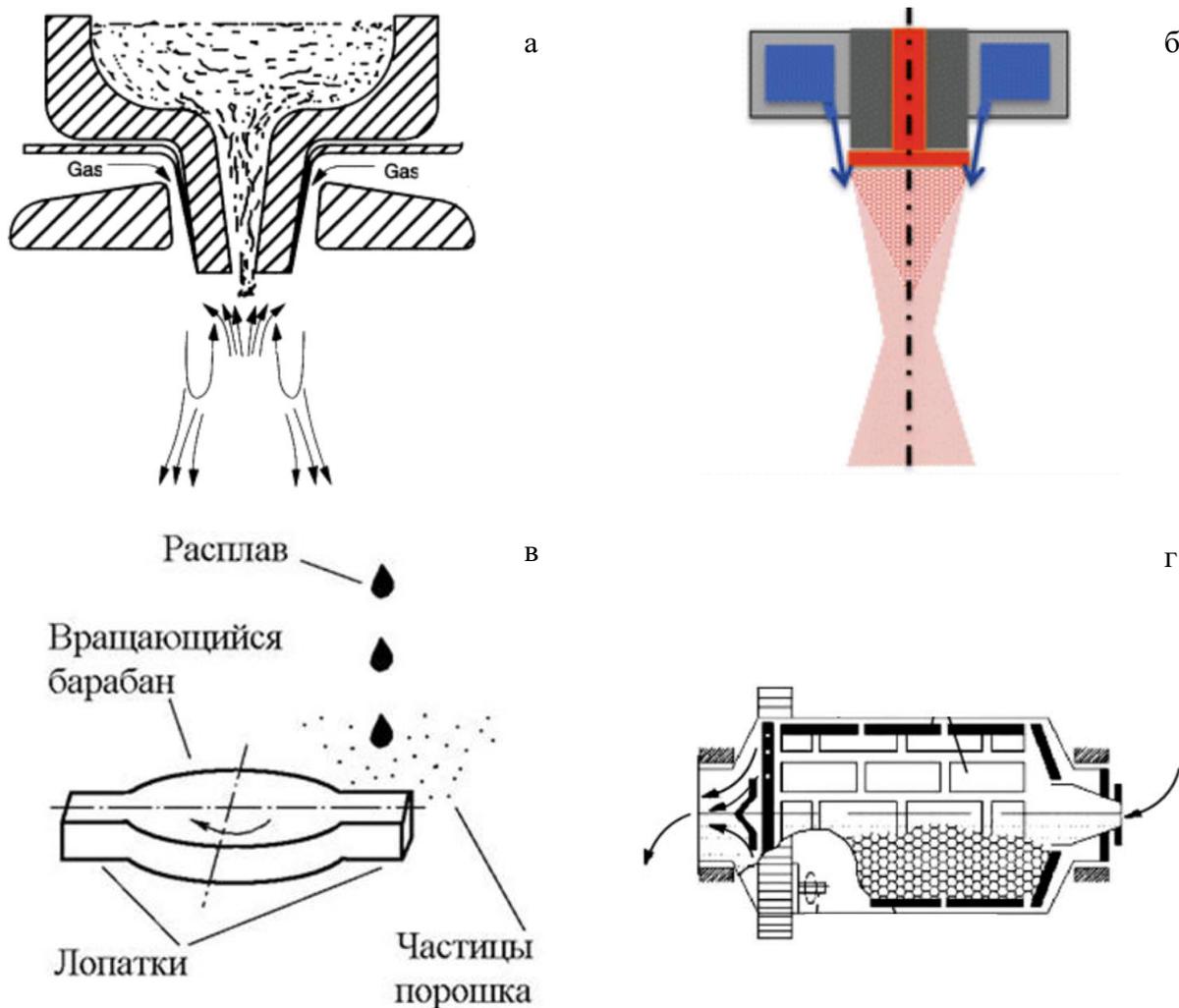
Распыленные водой порошки железа также имеют неправильную форму частиц. В отличие от губчатого железа, отдельные частицы порошка не содержат внутренней пористости и, благодаря отжигу, обладают превосходной сжимаемостью.

1.2 Получение порошков цветных металлов

Распыление металла инертным газом

Порошки цветных металлов получают различными способами. Наиболее важным из них является процесс распыления, рисунок 1.3а, с использованием инертного газа в качестве распыляющей жидкости.

При распылении инертного газа образующаяся форма частиц зависит от времени, необходимого для того, чтобы поверхностное натяжение вступило в действие с расплавленными каплями до их затвердевания, и если используется газ с низкой теплоемкостью (наиболее распространены азот и аргон), то это время увеличивается, и в результате образуются сферические порошковые формы [4].



а - процесс распыления металла инертным газом; б - процесс ограниченного распыления металла; в - процесс центробежного распыления металла; г - мельница шаровая барабанного типа

Рисунок 1.3 -Методы получение порошков цветных металлов

Ограниченное распыление

Распыление жидкого металла с использованием близко соединенных сопел (ограниченное распыление), рисунок 1.3б, является общепризнанным методом получения тонкодисперсных металлических порошков для различных промышленных целей. Однако, несмотря на его широкое применение, взаимосвязи между газовой динамикой, геометрией сопла, параметрами обработки и размером частиц остаются неопределенными.

Этот вариант технологии распыления оказался особенно полезным для производства тонкодисперсных порошков для широкого спектра применений, включая литье металлов под давлением.

Плазменное распыление

Развитие плазменных технологий привело к возможности получения высокочистого порошка различных размеров. Распыление плазмы способно производить размеры порошка от очень тонкого до грубого.

Металлические порошки круглой формы обладают тем преимуществом, что обладают свойствами хорошей текучести и способны придавать высокую плотность изделию. В процессах производства порошков в случае хорошей текучести порошка есть необходимость меньшего количества добавок пластификатора.

В данном методе используют аргоновые плазменные горелки. Процесс протекает при температуре выше 10000 °С для расплавления и распыления металлов в мелкие капли. Этот процесс отличается тем, что позволяет получать высоко текучие и чистые сферические металлические порошки с использованием проволоки в качестве исходного сырья.

Центробежное распыление

Еще одна вид получения металлического порошка включает в себя ряд центробежных процессов распыления. Существует два главных типа таких процессов.

В первом типе, рисунок 1.3в, барабан с расплавленным металлом вращается с высокой скоростью или расплавленный поток металла падает на вращающийся диск или конус.

Электролиз

Электролиз является средством получения металлических порошков и часто используется для изготовления медных порошков для специальных применений. Порошки получают, следуя принципам, используемым в гальванопокрытии, с изменением условий для получения рыхлого порошкообразного осадка, а не гладкого адгезионного твердого слоя [5].

На катоде образуются различные виды осадков из которых в последствии будет получен порошок: губчатый, мягкий, рыхлый, твердый и хрупкий. Полученные осадки измельчают, некоторые из них можно

использовать сразу как готовый продукт.

Механическое измельчение

Хрупкие материалы могут быть измельчены в шаровых мельницах, рисунок 3г, вращающихся, шаровых, центробежных, вихревых, вибрационных, планетарных и т.д. для получения порошков.

Интерметаллиды и ферросплавы обычно обрабатываются таким способом. В качестве вариантов этого подхода порошки сплавов могут быть получены путем взаимодействия сплава в твердой форме с водородом с образованием хрупкого гидрида, который затем может быть измельчен и дегидрирован, и водородной декомпозиции магнитных сплавов, которая может вызвать самопроизвольное декомпозирование твердого сплава.

Карбонильный процесс

Существует целый ряд химических конверсионных процессов, главным примером является карбонильный процесс для получения тонкодисперсных порошков никеля или железа. В этом процессе сырой металл реагирует с окисью углерода CO под давлением с образованием карбонила, который является газообразным при температуре реакции, но разлагается, чтобы осадить металл при повышении температуры и понижении давления. При определенных условиях образуются порошки.

Для образования порошков необходимо соблюдение требований к реагирующим химическим соединениям. Главными, из которых являются низкие температура термического разложения, температура образования, легколетучесть.

1.3 Технологический процесс

Технологический процесс начинается с подготовки порошков и заканчивается получением готового изделия, рисунок 1.4. Данный процесс состоит из следующих шагов:

- смешивание порошков;
- смешивание порошков с пластификатором;
- формование смеси;
- спекание;
- калибрование (вторичная обработка).



Рисунок 1.4 - Схема получения изделий методом порошковой металлургии

Смешивание

Однородная смесь обычно получается из исходных компонентов путем перемешивания в соответствующем смесительном сосуде. Смесительные сосуды часто имеют двухконусную геометрию, но также используются и другие формы сосудов (V, W или Y-образные секции).

В частном случае смешивание цементированных карбидных материалов осуществляется в шаровой мельнице, чтобы покрыть отдельные частицы карбида связующим металлом (например, кобальтом). Поскольку очень мелкие частицы порошка имеют плохие характеристики текучести, смесь впоследствии гранулируется с образованием агломератов.

Использование пластификатора обуславливается необходимостью уплотнить и смазать частицы порошка для дальнейшего прессования.

Благодаря пластификатору полученная прессовка обладает большей прочностью и сохраняемостью формы для последующих обработок.

Формование смеси

Основной технологией формования изделий из порошковых материалов, является штамповка, которая проводится на специальном оборудовании для прессования, рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 - Разрывная машина

Эта технология формования включает в себя производственный цикл, включающий в себя:

- заполнение полости штампа известным объемом порошкового сырья;
- уплотнение порошка внутри матрицы с помощью пуансонов для формирования компакта;
- выталкивание сформированного компакта из штампа с помощью пуансона.

Как правило, давление уплотнения прикладывается через пуансоны с обоих концов набора инструментов, чтобы уменьшить уровень градиента плотности внутри компакта.

Спекание

Спекание - это термическая обработка, применяемая к спрессованному порошку с целью придания ему прочности и целостности. Температура, используемая для спекания, находится ниже температуры плавления основного компонента материала порошковой металлургии.

После уплотнения соседние частицы порошка удерживаются вместе холодными сварными швами, которые придают компакту достаточную прочность для обработки. При температуре спекания диффузионные процессы приводят к образованию и росту шеек в этих точках контакта.

Есть два необходимых процесса, которые необходимо завершить, прежде чем проводить полноценное спекание компакта:

- удаление пластификатора путем испарения и сжигания паров;
- восстановление поверхностных оксидов из частиц порошка.

Эти этапы и сам процесс спекания обычно достигаются в одной печи путем разумного выбора и зонирования атмосферы печи и использования соответствующего температурного режима по всей печи.

Иногда для того, чтобы получить готовое изделие его необходимо подвергнуть дополнительной (вторичной) обработке. Данный процесс необходим для того, чтобы задать необходимые размеры изделию. В завершении процесса можно отметить повышение качества поверхности, и как следствие это приводит к увеличению прочности и уменьшению концентраторов напряжений в изделии.

Также для изделий проводят и другие окончательные обработки, например: механическая, химическая, термическая.

1.4 Свойства металлических порошков

Свойства спеченных изделий и технологический процесс их изготовления, во многом зависят от комплекса свойств исходных порошков, которые принято делить на три основные группы: химические, физические, технологические [6].

Химические свойства

К химическим свойствам относятся химический состав, пирофорность и токсичность.

Химический состав - это содержание основного (основных) металла в порошке, а также различных примесей, механических загрязнений и газов. Чистота порошка считается удовлетворительной, когда содержание основного металла составляет 98...99 % (за исключением специфических случаев). Примеси обычно представляют собой твердые растворы или химические соединения входящих в сплав металлов.

Таким образом, химический состав порошка оказывает влияние не только на свойства готового изделия, но и на технологию его изготовления (прессование, спекание). Особенностью химического состава является его непостоянство, так как при хранении в порошковой массе обычно происходит окисление.

Пирофорность — это способность порошков самовозгораться на воздухе. Она зависит, прежде всего, от химической природы металла. Порошки большинства металлов не представляют опасности самовозгорания. Наибольшей пирофорностью обладают тонкие (мелкие) порошки железа, кобальта, никеля, хрома, марганца, титана, ванадия, циркония, урана, карбидов металлов. Пирофорность зависит от состояния поверхности порошков. Оксидные пленки ее снижают. Порошки с большей удельной поверхностью обладают большей склонностью к самовозгоранию, чем порошки сферической формы, у которых удельная поверхность меньше.

Токсичность. В компактном состоянии большинство металлов безвредны, но в виде порошка почти все они в той или иной мере ядовиты (токсичны). Отравляющее действие порошок оказывает, попадая в легкие или кровь человека. Наибольшую опасность представляют самые тонкие порошки.

Физические свойства

Физические свойства подразделяются на следующие категории:

- форма частиц;
- размер и гранулометрический состав;
- удельная поверхность частиц;
- плотность;
- микротвердость.

Форма частиц. Частица и её форма во много зависит от метода её получения. Значительное влияние форма частиц оказывает на плотность, прочность и однородность прессовок, а также на технологические свойства порошка (текучесть, насыпную плотность, прессуемость): худшей текучестью, наименьшей насыпной плотностью обладают порошки дендритной формы. Однако такие порошки обладают наилучшей прессуемостью и прессовки из таких порошков обладают наибольшей плотностью. Наибольшей насыпной плотностью обладают порошки лепестковой формы. Но они прессуются хуже остальных видов форм порошков.

Размер частиц и гранулометрический состав порошка. Каждый метод получения порошка позволяет получить порошки, размеры которых колеблются в широком диапазоне. Поэтому в реальных условиях производства приходится работать с порошками разных форм и размеров. Для получения качественных изделий необходимо использовать прессовки, которые обладают постоянными свойствами и размерами. Также качественный порошок должен обладать одной из пяти категорий зернистости порошков, таблица 1.1, которая разделяется по крупности

каждой фракции порошка. Чтобы добиться необходимых свойств, порошки смешивают в определенных пропорциях зернистости.

Таблица 1.1 - Категории зернистости порошков

Зернистость	Размер частицы, мкм
Грубая	150-500
Средняя	40-150
Тонкая	10-40
Весьма тонкая	0,5-10
Ультратонкая	<0,5

Гранулометрический состав порошка показывает относительное содержание фракций частиц различной крупности. Для определения гранулометрического состава используют: ситовой анализ, микроскопический анализ, седиментацию.

Удельная поверхность частиц - характеристика развитости поверхности порошка одно из важнейших свойств порошка. Это свойство является суммарной поверхностью всех частиц в единице массы или объема порошка. Данное свойство зависит от размеров и формы частиц.

Для выбора технологии прессования и спекания данное свойство особо важно. Рост удельной поверхности приводит к росту количества контактов между частицами в единице объема.

Плотность порошков определяется пикнометрическим методом. При её подсчете обнаруживается разница при сопоставлении полученной величины с фактической плотностью. Она объясняется наличием внутренних пор и оксидов в порошках.

Технологические свойства

Технологическими свойствами металлических порошков являются:

- насыпная плотность;
- прессуемость;

- текучесть;
- объем и плотность после утряски.

Плотность единицы объема свободно насыпанного порошка называется *насыпной плотностью*. Размер и форма частиц определяют количество пустот. Также важно насколько свободно частицы расположены друг относительно друга. Чем плотнее частицы расположены друг относительно друга, чем крупнее частицы, чем более правильная форма у частиц, тем больше насыпная плотность порошка. Так как одинаковых частиц не существует, более мелкие частицы располагаются в пустотах между более крупными частицами, что увеличивает насыпную плотность, что в свою очередь увеличивает плотность будущих прессовок.

Прессуемость это характеристика, которая включает в себя два различных понятия. Уплотняемость - способность порошка к обжатию в процессе прессования. Уплотняемость зависит от пластичности частиц порошка. Формуемость - способность к сохранению формы после прессования. Формуемость зависит от формы металлического порошка и состояния поверхности. Лучшая формуемость у порошков дендритной формы.

Текучесть характеризует скорость прохождения порошка через отверстие определенного диаметра. Текучесть важно знать потому, что от нее зависят быстрота и равномерность заполнения пресс-формы, однородность по плотности прессовок и производительность процесса при автоматическом прессовании. Текучесть зависит от многих факторов и связана с трением и зацеплением частиц друг с другом. Текучесть порошков уменьшается при снижении удельной плотности материала порошка и размеров частиц; при усложнении формы частиц или повышении шероховатости их поверхности; при наличии влаги, адсорбированной на поверхности частиц.

1.5 Инвар

Инвар - это сплав железа (64 %) и никеля (36 %), рисунок 1.6, обладающий очень низким коэффициентом теплового расширения [7]. Он также известен под другими обозначениями: 36Н, инвар 36, нило-аллой 36, нилвар, НС 36, пермаллой Д, радио-металл 36, вакодил 36.

Название инвар происходит от латинского слова *invarians* - неизменный, что означает «сплав, имеющий неизменяемый коэффициент теплового расширения». То же самое название используется как общее обозначение группы уникальных сплавов и соединений, которые в определенных диапазонах температур имеют аномально низкий или отрицательный коэффициент теплового расширения.

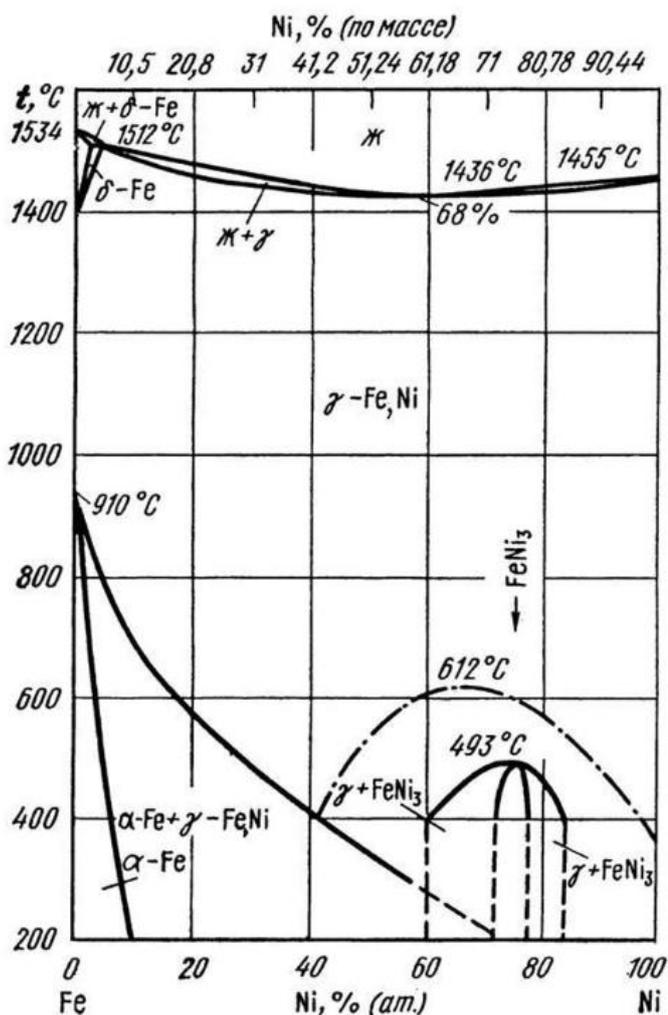


Рисунок 1.6 - Диаграмма состояния системы железо - никель

Явление практически полного отсутствия теплового расширения было открыто в 1896 году швейцарским физиком Шарлем Гийомом при исследовании сплава Fe65Ni35. В 1920 году благодаря данному открытию Шарль Гийом был удостоен Нобелевской премии в области физики. Швейцарец работал в Международном бюро мер и весов и занимался поиском дешевого материала для изготовления эталонов мер длины и массы. В то время эти эталоны, например эталон метра, изготавливались из очень дорогого платиноиридиевого сплава.

Явление почти полного отсутствия теплового расширения объясняется отрицательной объемной магнитострикцией кристаллической решетки инвара или других аналогичных сплавов. Это означает, что в результате взаимного отталкивания магнитных полюсов отдельных атомов сплава его кристаллическая решетка «надувается», то есть увеличиваются расстояния между атомами. Однако этот эффект снижается с увеличением температуры, это происходит из-за уменьшения магнитных моментов отдельных атомов, что ведет к сжатию кристаллической решетки. Таким образом, уменьшение отрицательной объемной магнитострикции при возрастании температуры противодействует тепловому расширению, которое стремится увеличить расстояния между атомами. В определенных диапазонах температур эти физические явления способны настолько компенсировать друг друга, что при этом фактически не происходит изменение межатомных расстояний, что препятствует изменению длины или объема твердого тела. Эффект инвара исчезает вместе с исчезновением магнитных моментов атомов после достижения температуры магнитного упорядочения соответствующего материала, то есть температуры Кюри или температуры Нееля.

Изначально инвар применялся для изготовления дешевых эталонов мер массы и длины [8]. Кроме того, он использовался в конструкциях высокоточных маятниковых часов и хронометров. В наши дни из этого сплава часто изготавливается один из слоев структуры биметаллов.

Сплавы инвар применяются в большом числе изделий, от которых требуется высокая стабильность линейных размеров при колебаниях температуры. Так, инвар используется в производстве теневых масок для приемных трубок цветных телевизоров, переходов стекло-металл, мембранных танков для перевозки сжиженного природного газа, подложек чипов, корпусов лазерных устройств, волноводов, а также астрономических и сейсмографических приборов. Разработка метода сварки инвара позволила расширить возможности его применения. В геодезии используется проволока из инвара для изготовления прецизионных нивелирных реек, а также для высокоточного измерения коротких расстояний, например, в туннеле- и плотиностроении. Кроме того, из инвара изготавливаются некоторые формы для ламинирования, применяемые в технологии изготовления крупных деталей из пластика, армированного углеволокном.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Материал исследования

В работе объектами исследования были образцы инвара, полученные методом порошковой металлургии.

Используемый инвар - сплав 64% железа и 36% никеля с добавлением глицерина в качестве пластификатора. В ходе работы были исследованы четыре группы образцов, таблица 1, с различной температурой спекания и давлением при прессовании. Для упрощения обсуждения, будем называть образцы первой группы - образец №1, для второй группы - образец №2 и т.д. В каждой группе три образца.

Таблица 2.1 - Сравнение исследуемых образцов

Группа	Состав	Давление прессования, МПа	Температура спекания, °С	Обозначение
1	Invar исходный 36%Ni+64%Fe +глицерин	130	1300	образец №1
2		130	1350	образец №2
3		650	1300	образец №3
4		650	1350	образец №4

2.2 Методы исследования

2.2.1 Определение насыпной плотности

Определение насыпной плотности порошков исследуемых образцов производилось при помощи метода с использованием воронки.

Воронка с выходным отверстием диаметром 5 мм была заполнена порошком. После открытия выходного отверстия порошок полностью

заполнил емкость объемом 25 мм³. Процесс производился до начала пересыпания порошка. Затем с помощью немагнитной линейки, повернутой ребром к верхнему торцу емкости, выравнивается порошок на поверхности данной емкости. Процесс производится без давления, встряхивания и оказания вибраций на емкость. После проводится взвешивание насыпанной порошковой массы. Насыпная плотность определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m - масса порошковой смеси из стакана, V - объем стакана.

2.2.2 Подготовка образцов

Смешивание

Для получения необходимого состава были смешаны порошки железа 64% и никеля 36%. Смешивание проводилось в смесителе типа «пьяная бочка», рисунок 2.1. Перемешивание компонентов, которые загружены в смеситель происходит за счет вращения емкости вокруг оси, порошок при этом перемещается из одного конуса в другой и перемешивается.

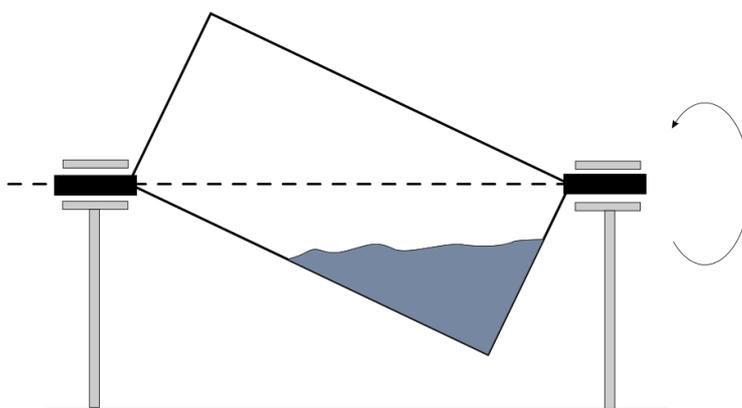


Рисунок 2.1 - Смеситель типа «пьяная бочка»

Формование

Для формования изделия использовалась машина для прессования. При одностороннем прессовании в стальных формах относительно матрицы перемещается только один пуансон, который спрессовывает изделие. Формование проводилось при двух различных режимах. Давление прессования для образцов первой и второй группы $P_1 = 130$ МПа (1 т); для образцов третьей и четвертой - $P_2 = 650$ МПа (5 т).

Спекание

Спекание проводилось в течении 2 часов при температуре спекания в вакуумной печи с предварительной изотермической выдержкой 2 часа при температуре 600 °С, охлаждение с печью.

Для первой и третьей группы образцов температура спекания состояла 1300 °С, для второй и четвертой - 1350 °С.

2.2.3 Подготовка поверхности

Подготовка поверхности заключалась в следующих этапах:

1. Шлифование образцов. Этап шлифования проводился на различных абразивных бумагах вручную и на шлифовальной установке.
2. Полирование образцов было выполнено вручную на сукне при помощи пасты ГОИ, а также при помощи шлифовальной установки.
3. Травление образцов производилось «царской водкой» - смесью концентрированных азотной и соляной кислот.

2.2.4 Металлографические исследования

В ходе исследования был использован лабораторный микроскоп «ЛабоМет - И». Микроскоп используется для научных, исследовательских целей, а также для рутинных лабораторных и учебных работ. Основное предназначение, которого заключается в наблюдении и исследования

изображения структуры металлов и других непрозрачных объектов в виде шлифов. Так же при помощи данного микроскопа совместно с программой «SIAMS» были получены изображения микроструктуры образцов, посчитана их пористость, также были по полученным данным из программы «SIAMS» были построены гистограммы в программе «Origin».

2.2.5 Измерение микротвердости

Микротвердость образцов была измерена на микротвердомере «ПМТ-3», рисунок 2.2. Данный твердомер предназначен для измерения микротвердости материалов, сплавов, стекла, керамики и минералов методом вдавливания в испытуемый материал алмазного наконечника Виккерса с квадратным основанием четырехгранной пирамиды, обеспечивающей геометрическое и механическое подобие отпечатков по мере углубления индентора под действием нагрузки.



Рисунок 2.2 - Микротвердомер «ПМТ-3»

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б61	Лютый Никита Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	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 научно-исследовательского проекта (НИИП): 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 (НИИП)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИИП)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета научно-исследовательского проекта (НИИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИИП по разработке программного обеспечения</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИИП)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИИП
5. Основные показатели эффективности НИИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б61	Лютый Никита Сергеевич		

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 научно-исследовательского проекта. 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 научно-исследовательского проекта;
- расчет бюджета научно-исследовательского проекта;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы - сравнение свойств спеченных образцов инвара при различных условиях прессования и спекания.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

4.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научно-исследовательского проекта 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 4 вида сплава инвар (36%Ni+64%Fe+глицерин), полученных при различных режимах (температуре спекания и давления прессования) методом порошковой металлургии (ПМ).

Вариант 1 - Образец полученный при $T_{\text{спек}} = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 130 \text{ МПа}$.

Вариант 2 - Образец полученный при $T_{\text{спек}} = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 130 \text{ МПа}$.

Вариант 3 - Образец полученный при $T_{\text{спек}} = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 650 \text{ МПа}$.

Вариант 4 - Образец полученный при $T_{\text{спек}} = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 650 \text{ МПа}$.

Вариант 5 - Стандартный образец.

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				
		В _a	В _a	В _a	В _a	В _a					
		р ₁	р ₂	р ₃	р ₄	р ₅	р ₁	р ₂	р ₃	р ₄	р ₅
Технические критерии оценки ресурсоэффективности											
1.Микротвёрдость	0,6	3	2	5	4	4	1,8	1,2	3	2,4	2,4
2. Пористость	0,4	2	1	5	4	4	0,8	0,4	2	1,6	1,6
Итого	1	2,6	1,6	10	8	8	2,8	1,6	5	4	4

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K - конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i - вес показателя (в долях единицы);

B_i - балл i -го показателя.

Как видно из оценочной карты, наибольшей конкурентной способностью обладают образцы № 3 и №4, а наименьшей обладают образцы № 1 и № 2. Самый конкурентоспособный образец №3, полученный при $T_c = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$, $P=650\text{МПа}$.

4.1.2 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта 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 изделий полученных методом ПМ

Сильные стороны	Возможности
S1: Высокий коэффициент использования материала; S2: Широкий выбор свойств; S3: Высокая производительность метода; S4: Экологичность технологии; S5: Возможность автоматизации производства изделий.	O1: Возможность использования в разных отраслях производства; O2: Актуальность работы не только в России, но и за рубежом; O3: Появление большего спроса с развитием технологии.
Слабые стороны	Угрозы
W1: Ограничения параметров изделий; W2: Высокая себестоимость.	T1: Недостаточное финансирование; T2: Дополнительный контроль со стороны государства.

Таблица 4.3 - Связь сильных сторон с возможностями

	S1	S2	S3	S4	S5
O1	+	+	+	+	+
O2	+	+	+	+	+
O3	+	+	+	+	+

Таблица 4.4 - Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2
O1	+	+
O2	+	-
O3	-	-

Таблица 4.5 - Связь сильных сторон с угрозами

	S1	S2	S3	S4	S5
T1	-	-	-	-	+
T2	-	-	-	-	-

Таблица 4.6 - Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2
T1	-	+
T2	+	+

4.2 Планирование научно-исследовательского проекта

4.2.1 Структура работ в рамках научно-исследовательского проекта

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

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

Для выполнения данного научно-исследовательского проекта необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель НИП и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Планирование НИП - 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

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИП
Выбор направления исследований	2	Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель НИП
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель НИП
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка порошковой смеси	Инженер
	6	Формование, спекание	Инженер
	7	Исследования образцов	Инженер
	8	Анализ полученных данных	Инженер
Обобщение и оценка результатов, оформление отчёта по НИП	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель НИП, инженер
	10	Определение целесообразности проведения НИП	Руководитель НИП, инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данной работе трудовые затраты образуют основную часть стоимости научно-исследовательского проекта. Поэтому немаловажным является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

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:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{мин i} + 2t_{макс i}}{5},$$

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

$t_{макс i}$ - 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.

4.2.3 Разработка графика проведения НИП

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 проект, 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:

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

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

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.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.} - \text{дн.},$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб.дн.}.$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{\text{кал.инж}} = T_{\text{рi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,4 \cdot 1,48 = 3,55 \approx 4 \text{ кал.дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя НИП):

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 14} = 1,28.$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{\text{кал.инж}} = T_{\text{рi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,1 \cdot 1,28 = 2,69 \approx 3 \text{ кал.дн.}$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 - Временные показатели проектирования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{рi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{ки}}$		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожi}}$, чел-дни					
	Руководитель НИП	Инженер	Руководитель НИП	Инженер	Руководитель НИП	Инженер	Руководитель НИП	Инженер	Руководитель НИП	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	3	-	3	-	4	-

Продолжение таблицы 4.8

Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	-	22	-	27	-	24	-	24	-	30
Выбор направления исследований	1	-	2	-	1	-	1	-	2	-
Календарное планирование работ по проекту	2	-	4	-	3	-	2	-	3	-
Подготовка порошковой смеси	-	3	-	5	-	4	-	2	-	3
Формование, спекание	-	2	-	5	-	3	-	3	-	4
Исследования образцов	-	3	-	6	-	4	-	4	-	5
Анализ полученных данных	-	2	-	4	-	3	-	3	-	4
Оценка эффективности полученных результатов	1	-	2	-	1	-	1	-	2	-
Определение целесообразности проведения НИП	3	-	6	-	4	-	4	-	5	-
Составление пояснительной записки	-	13	-	16	-	14	-	14	-	17

После произведенных расчетов, представленных в таблице 4.8, строится диаграмма Ганта, представленная в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план график проведения НИП

№	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 НИП	4		■						
2	Изучение поставленной задачи и поиск литературного обзора по теме	Инженер	30			▨	▨	▨							
3	Выбор направления исследований	Руководитель НИП	2												
4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель НИП	3												
5	Подготовка порошковой смеси	Инженер	3												
6	Формование, спекание	Инженер	4												
7	Исследования образцов	Инженер	5												
8	Анализ полученных данных	Инженер	4												
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель НИП	2												
10	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель НИП	5												
11	Составление пояснительной записки	Инженер	17												

▨ - Инженер ■ - Руководитель

Таблица 4.10 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	79
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	63
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель НИП	16

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

4.3 Бюджет научно-исследовательского проекта

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых затрат (расходов), необходимых для его выполнения:

- материальные затраты ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательского проекта

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:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} = (1 + 0,25) \cdot 5780 = 7225 \text{ руб.},$$

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

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

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

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (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.

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

Таблица 4.11 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Порошок железа 1 кг	1	500	500
Порошок никеля 1 кг	1	4500	4500
Глицерин 100 мл	1	80	80
Абразивная бумага	5	100	500
Расходная бумага	100	2	200
Всего за материалы, руб.			5780
Транспортно-заготовительные расходы, руб.			1445
Итого по статье, руб.			7225

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. При выполнении научно-исследовательского проекта использовался компьютер со встроенной программой SIAMS и всем необходимым программным обеспечением для исследовательской работы.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

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

где n - срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

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

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

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	Компьютер	1	5	40	40
Итого		40 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

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

где n - срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

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

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:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t = \frac{0,2 \cdot 40000}{12} \cdot 3 = 2000 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей НИП

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта 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 НИП):

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

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 НИП:

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

Для инженера:

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

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

k_{pr} - 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	52/14	104/14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48/5	24/10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 - Расчет основной заработной платы

Исполнители НИП	Z_{tc} , руб	k_{pr}	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	16	34689,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	63	109815,3
Итого:								144504,9

4.3.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя НИП:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 34689,6 = 5203,4 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 109815,3 = 16472,3 \text{ руб.}$$

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 НИП:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (34689,6 + 5203,4) = 11967,9 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (109815 + 16472,3) = 37886,4 \text{ руб.}$$

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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}} = 225259,9 \cdot 0,2 \approx 45051,9 \text{ руб.}$$

где k_{np} - коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимается равным 0,2).

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИП 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
7225	2000	144504,9	21675,7	49854,3	225259,9	45051,9	270311,8

4.4 Определение финансовой, бюджетной и экономической эффективности НИП

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета вариантов исполнения научно-исследовательского проекта. В рамках данной работы рассмотрены два варианта исполнения, поскольку данный проект 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 стандартный образец инвара

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{270311,8}{400000} = 0,68 ,$$

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).

Далее необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, 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 проекта;

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

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

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка проекта	Бальная оценка аналога
Пористость	0,4	5	4
Микротвердость	0,6	5	4
Итого:	1	5	4

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

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{5}{0,68} \approx 7,35$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{7,35}{4} \approx 1,84$$

Таблица 4.17 - Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,68	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	4
3	Интегральный показатель эффективности	7,35	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,84	0,54

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 НИП и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены:

общее количество календарных дней для выполнения работы - 79 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер - 64 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель НИП - 16;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 270311,8 рублей;

4. По факту оценки эффективности научно-исследовательского проекта, можно сделать следующие выводы:

- значение интегрального финансового показателя НИП составляет 0,68, что является показателем того, что научно-исследовательский проект является финансово выгодным по сравнению с аналогом;

- значение интегрального показателя ресурсоэффективности научно-исследовательского проекта равняется 5, а конкурента равняется 4;

- значение интегрального показателя эффективности НИП составляет 7,35, а конкурента 4, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИП, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Список достижений студента

1. Исследование влияния содержания никеля в порошковой композиции инварного типа на структуру и свойства спеченных изделий / А. С. Оленева, Е.В. Абдульменова, Н.С. Лютый, О.Ю. Ваулина // Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября – 5 октября 2019 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – [С. 133 – 135].

2. Победитель заключительного этапа в III сезоне Всероссийской олимпиады студентов «Я – профессионал» в 2019/2020 учебном году в категории «Бакалавриат» по направлению «Материаловедение и технологии материалов».

3. Приняты в печать тезисы на Международную научно-техническую молодежную конференцию «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения» 21 – 25 сентября 2020 г. Томск, Россия.