

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

Институт социально-гуманитарных технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

УДК 621.762.5:621.777

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Дай Шуай		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле А.В.	к.м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин С.В.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

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

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

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

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
Кафедра Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ Панин С. В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б30	Дай Шуай

Тема работы:

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

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 2048/с от 23.03.2017.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

09.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Порошковая смесь, содержащая порошки карбонильного железа, хрома, никеля, получена смешиванием в течение 24 часов. Из этой смеси прессованием изготовили три образца цилиндрической формы с помощью разрывной машины Р-20, с разным давлением прессования: 2 т, 4 т и 6 т. Потом спекали три прессованных образца в камерной вакуумной электропечи сопротивления типа СНВЗ при температуре 1380°C в течение 2 ч и охлаждали с печью.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы о порошковой металлургии с целью выяснения достижений мировой науки 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.
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в Power Point</p>
--	--------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Попова С.Н. доцент
<i>Социальная ответственность</i>	Штейнле А.В. доцент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Дай Шуай		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 85 с., 22 рис., 27 табл., 15 источников.

Ключевые слова: порошковая металлургия, давление прессования, пористость, микротвердость, металлографический анализ.

Объектом исследования является спеченные изделия 04X14H из порошковой смеси системы Fe-Cr

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

В процессе исследования проводились подготовка образца, оценка пористости, металлографический анализ, измерение микротвердости.

В результате исследования определено влияние давления прессования на структуру и свойства образца 04X14H.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: средний размер зерна 116-118 мкм, мартенсит-ферритная структура, микротвердость 115 ± 2 кг/мм².

Степень внедрения: По результатам работы составлены тезисы, представленные на Международную конференцию с элементами научной школы для молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные технологии и материалы новых поколений», которая будет проходить в Томске 9-13 октября 2017 г.

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

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

Abstract

Graduation work contains 85 pages, 22 figures, 27 tables, 15 references.

Key words: powder metallurgy, pressing pressure, porosity, micro-hardness, metallographic analysis.

Object of the study is sintered product 04H14N from the powder mixture of the Fe-Cr system

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

In the process of the study, carry out sample preparation, evaluation of porosity, metallographic analysis and measurement of micro-hardness.

As the result of the study, the influence of the pressing pressure on the structure and properties of the 04H14H sample has been defined.

The main constructive, technological and technical-operational characteristics: the average grain size is 116-118 μm , the martensite-ferritic structure, microhardness is $115 \pm 2 \text{ kg} / \text{mm}^2$.

Degree of implementation: Based on the results of the work, abstracts submitted to the International Conference with elements of the scientific school for young scientists, post-graduate students and students "Modern Technologies and Materials of New Generations", which will be held in Tomsk on October 9-13, 2017

Application area: for the manufacture of complex parts in the engineering, space industry and aircraft building.

The economic efficiency / significance of the work lies in the possibility of using the results in the development of new compositions of powder compositions for the production of steel products by powder metallurgy methods, including modern methods, such as additive technologies and injection molding.

Оглавление

Введение.....	8
1 Порошковая металлургия.....	9
1.1 Основы порошковой металлургии	9
1.2 Преимущества и недостатки порошковой металлургии.....	10
1.3 Требования к порошкам	10
1.4 Технология порошковой металлургии.....	13
1.5 Прессование порошка.....	17
2 Объекты и методы исследования	23
2.1 Объекты исследования	23
2.2 Методы исследования.....	23
2.2.1 Подготовка образца	23
2.2.2 Травление поверхности образца.....	25
2.2.3 Металлографический анализ	25
2.2.4 Измерение микротвёрдости	27
2.2.5 Оценка пористости	30
3 Исследование структуры и свойств порошковой стали 04X14Н.....	32
3.1 Определение плотности образцов	32
3.1.1 Определение плотности образцов до спекания	32
3.1.2 Определение плотности образцов после спекания.....	34
3.2 Определение пористости спеченных образцов.....	36
3.3 Исследование структуры спеченных образцов.....	41
3.3.1 Определение фазового состава спеченных образцов.....	41
3.3.2 Металлографический анализ спеченных образцов	44
3.4 Определение микротвердости спеченных образцов	48
3.5 Результаты исследования	49
4 Финансовый менеджмент	51
5 Социальная ответственность	66
Заключение	81
Список литературы	83

Введение

С 1981 года на кафедре материаловедения в машиностроении ведутся исследования в области порошковой металлургии. Особенно актуальна эта работа сейчас, когда активно развиваются технологии инъекционного формования.

Порошковая металлургия позволяет не только создавать материалы с новыми качественными и прочностными характеристиками, но и внедрять безотходные или малоотходные технологии производства материалов и изделий различного назначения. Одним из главных направлений исследований является снижение остаточной пористости спеченных изделий, т.к. она оказывает значительное влияние на механические свойства изделий.

В связи с этим целью настоящей работы является исследование влияния давления прессования на структуру и свойства спеченных изделий из порошковой смеси системы Fe-Cr-C.

Объект исследования – процесс формирования структуры и свойств образцов, полученных из порошковой смеси 04X14H при разном давлении прессования и спекании.

Предмет исследования – влияние давления прессования на структуру и свойства порошковой стали 04X14H.

Данная выпускная квалификационная работа будет интересна специалистам, занимающимся исследованиями в области порошковой металлургии.

По результатам работы составлены тезисы, представленные на Международную конференцию с элементами научной школы для молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные технологии и материалы новых поколений», которая будет проходить в Томске 9-13 октября 2017 г.

1 Порошковая металлургия

1.1 Основы порошковой металлургии

Технология получения металлических или многокомпонентных порошков и получения материалов или деталей из них, называется порошковой металлургией [1].

Материалы и изделия, полученные с помощью порошковой металлургии, обладают высокими эксплуатационными и механическими свойствами: жаропрочность, износостойкость, твёрдость, заданные стабильные магнитные свойства и др. При этом технология порошковой металлургии позволяет получать высокое качество изделий и экономию материала, снижать себестоимости изделий, имеет высокий коэффициент использования материала при сравнении с технологией резки.

Основоположником современной порошковой металлургии является профессор Петербургского горного института П. Г. Соболевский, который совместно со своим учеником В. В. Любарским в 1827 г. впервые изобрел метод получения изделий из порошков тугоплавкого металла - платины минуя стадию ее расплавления и литья.

В настоящее время порошковая металлургия включает четыре направления:

а) производство металлов и сплавов в форме порошков различной дисперсности и нитевидных кристаллов;

б) производство различных деталей машин и приборов на основе порошков методами порошковой металлургии;

в) разработку и создание композиционных материалов на металлической и неметаллической основах и изготовление из них изделий со специальными свойствами;

г) упрочнение деталей машин и приборов методами напыления порошковых металлов, сплавов, композиций.

1.2 Преимущества и недостатки порошковой металлургии

Порошковая металлургия является методом получения металлокерамических материалов с особыми технологическими, физико-химическими и механическими свойствами, которые трудно или невозможно получить методами литья, резки или обработки давлением, легко получить пористую или плотную структуру, без дополнительных обработок, например, резания. Отсутствие нагрева до температуры плавления исходных порошков при обработке, позволяет получать изделия без ликвации [1].

Однако порошковая металлургия имеет и недостатки: стоимость металлических порошков сравнительно высока, материалы и детали обладают низкими механическими свойствами, например, пластичность, прочность и ударную вязкость, увеличение себестоимости изделий порошковой металлургии вследствие необходимости спекания в защитной атмосфере, трудность или невозможность изготовления заготовок больших размеров, необходимость использования чистых исходных порошков для получения чистых по составу изделий. [1]

1.3 Требования к порошкам

В практике характеристику порошков металлов и сплавов проводят по их свойствам: химическим, физическим и технологическим [2].

1) *Химические свойства.* Под химическими свойствами металлических порошков понимается: содержание основного металла или основных компонентов, входящих в состав легированного порошка, содержание примесей, различных механических загрязнений и газов.

В технических условиях на порошки заводами-поставщиками обычно указывается только содержание основного металла и примесей, поэтому иногда возникает необходимость определения полного химического состава. В этом случае содержание компонентов определяют химическим и спектральным

анализами. Потерю массы при прокаливании в водороде определяют по ГОСТ 18897-73, содержание воды - по ГОСТ 18317-73.

Как показывает большинство анализов, содержание основного металлического элемента в порошке металла обычно не ниже 98-99 %, остальное примеси [2].

Примеси в порошках могут быть в виде твердых растворов или химических соединений, входящих в структуру металла порошка, а механические загрязнения – в виде окислов и частиц от дробильных и размолочных агрегатов. Из примесей и загрязнений, не входящих в структуру металла порошков, наиболее сильное влияние на свойства порошков оказывают окислы и соединения кремнезема, которые ухудшают технологические свойства порошков, особенно прессуемость, и вызывают при прессовании повышенный износ пресс-форм [2].

В металлических порошках содержится значительное количество газов различного состава (до 8-10 л газа на килограмм порошка) Наличие газов охрупчивает порошки, затрудняет их прессование, а интенсивное их удаление при спекании может приводить к короблению изделий [2].

Характерной особенностью некоторых порошков является их пирофорность, т.е. способность самовозгораться при контакте с воздухом. Пирофорность зависит от химической природы металла, степени дисперсности и формы частиц порошков, состояния их поверхности. Так, порошки меди, свинца вольфрама алюминия медных сплавов многих других металлов не представляют опасности самовозгорания при любых условиях, а тончайший железный порошок с насыпной плотностью около 1 г/см^3 уже заметно склонен к пирофорности и при плотности около $0,5 \text{ г/см}^3$ при соприкосновении с воздухом легко самовозгорается [2].

Другой особенностью является токсичность (ядовитость) порошков. Если компактном состоянии большинство металлов безвредны, в порошковой форме почти все металлы то являются в той или иной мере токсичными. Например, никель в ковном и литом состоянии нейтрален в отношении токсичности

металлом, а в порошкообразном состоянии, по падая в организм человека, он вызывает резкое болезненное изменение крови. Поэтому при использовании металлических порошков необходимо применять средства, обеспечивающие безопасность работы [2].

2) *Физические свойства.* В характеристики физических свойств порошков включаются: величина удельной поверхности частиц, пикнометрическая плотность, форма и размер частиц порошка, гранулометрический состав, состояние кристаллической структуры металла порошка.

В зависимости от способа получения форма частиц порошков может быть сферической (карбонильные и распыленные), каплеобразной (распыленные), развитой с резко выраженным губчатым состоянием (восстановленные), дендритной (электролитические тарельчатой и осколочной (порошки, полученные при размоле в вихревых и шаровых мельницах, в вибромельницах), волокнистой и лепесткововидной (при измельчении жидких металлов и т. п.) [2].

Форма частиц порошка очень сильно влияет не только на их насыпную плотность и прессуемость, но и на плотность, однородность и прочность прессовок. Порошки с частицами дендритной формы имеют наименьшую насыпную плотность и дают наибольшую прочность прессовок. Порошки, имеющие частицы сферической формы, имеют максимальную насыпную плотность, но плохо поддаются прессованию, поэтому для получения достаточно прочных прессовок требуются большие давлений прессования. Порошки формой частиц в виде чешуек также очень плохо прессуются, а прессовки из них склонны к расслоению и растрескиванию. Волокнистые порошки при меняются редко. Они плохо прессуются и дают неоднородные по механическим свойствам прессовки [2].

3) *Технологические свойства.* К технологическим свойствам относятся насыпная плотность, текучесть и прессуемость порошков [2].

Насыпная плотность порошков - это объемная характеристика,

представляющая собой массу объема порошка при свободном насыпании. Насыпная плотность показывает способность порошковых частиц к укладке и находится в зависимости от плотности металла порошка, дисперсности, формы частиц, удельной поверхности и фактического заполнения порошком определенного объема. В связи с большой значимостью насыпной плотности (при конструировании пресс-форм, назначении автоматического режима прессования и т. д.) она указывается в технических условиях на металлические порошки, а метод ее определения стандартизирован ГОСТ 19440-74 и СТ СЭВ 2283-80.

Прессуемость – способность порошка формировать заданной формы брикет с минимально допустимой плотностью под воздействием заданного давления [2].

Значительное влияние на прессуемость порошков оказывают форма частиц и их размеры. Чем мельче частицы порошка, тем больше их удельная поверхность и, обычно, хуже уплотняемость. Вместе с тем прочность прессовок из мелкозернистого порошка бывает более высокой, чем прочность прессовок, изготовленных из порошка с крупными частицами того же металла. Поэтому в практике используют порошки с различными соотношениями фракции по крупности [2].

1.4 Технология порошковой металлургии

Суть порошковой металлургии заключается в производстве порошка или изготовлении из порошков изделий, или заготовок различного назначения по безотходной технологии. В процессе производства порошки получают из чистого неметаллического и металлического сырья, а также вторичного сырья металлургического и машиностроительного производства. Основные этапы технологического процесса производства порошковой металлургии заключаются в: получении порошков, формовании порошков, спекании, дополнительной обработке [3]. Подробнее этапы показаны на рисунке 1.1.

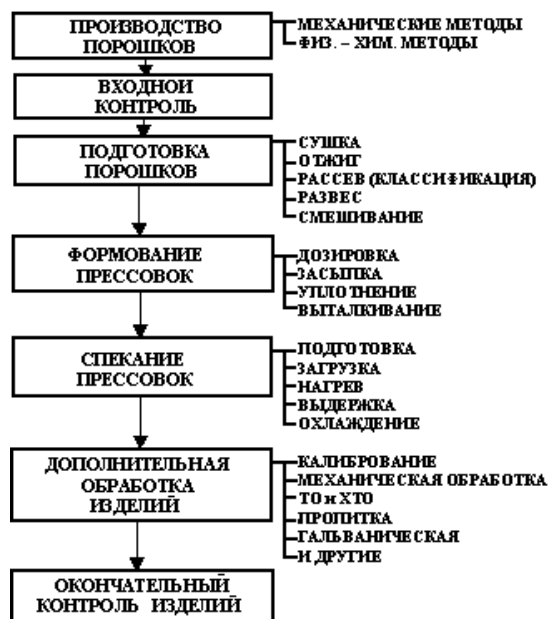


Рисунок 1.1 - Схема технологии порошковой металлургии

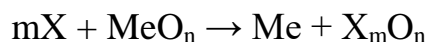
Способы производства порошков подразделяют на несколько типов: физико-химические способы, механические и комбинированные [3].

К физико-химическим способам относят:

1) Получение порошков методом восстановления окислов.

Восстановление окислов водородом, окисью углерода и другими восстановителями является наиболее распространенным методом получения чистых порошков железа, никеля, меди, хрома и др.

Метод восстановления окислов основан на реакции типа



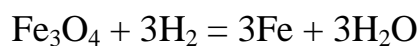
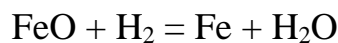
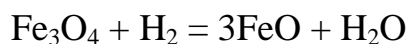
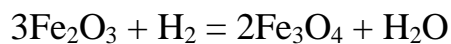
где: X – восстановитель,

Me – металл.

В промышленном производстве наиболее распространенными восстановителями окислов является водород и окись углерода.

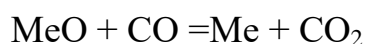
Однако в лабораторном условии получить чистые порошки никеля, железа методом восстановления в водороде щавелевокислых и муравьинокислых солей этих металлов. Такие порошки имеют высокую химическую чистоту, но и высокую себестоимость.

Можно представить следующими реакциями восстановление окислов железа водородом:

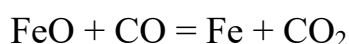
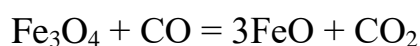
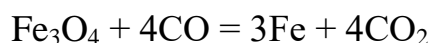
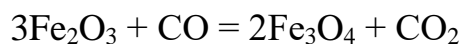


2) Восстановление окислов окисью углерода и твердым углеродом

Восстановление окислов металлов окисью углерода по реакции:



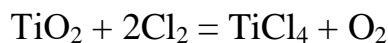
Восстановление окислов железа по следующим реакциям:



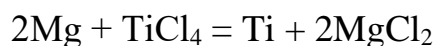
3) Получение металла из трудновосстановимого окисла

Наличие несколько трудновосстановимых окислов металлов, окись алюминия, двуокись титана и др. из них получить чистые порошки прямым восстановлением ещё невозможно. Поэтому применяются дополнительные операции, чтобы переводить окислы в другие соединения, которые легко восстанавливаются в чистый металл. Например, способ получения чистого титана из двуокиси титана TiO_2 .

Двуокись титана обработкой хромом по реакции переводится в четыреххлористый титан:



Четыреххлористый титан в свою очередь восстанавливается магнием до чистого титана по реакции:



К механическим способам относят [3]:

1) Распыление и грануляция жидкого металла

Метод распыления жидкого металла нашел широкое применение в последнее время, т.к. он позволяет получать металлические частицы с шаровидной или специальной формой.

Распыление жидкого металла является сравнительно простым и дешевым технологии производства металлических порошков, которые имеют температуру плавления до 1600 °С.

Сущность распыление жидкого металла заключается в дроблении струи расплава потоком газа или воды при определённом давлении, ударами лопаток вращающегося диска (центробежное распыление) или сливанием в жидкую среду струи расплава, например, воду (грануляция).

Принцип технологического процесса заключается в следующем. Из тигля 1 (рисунок 1.2) вытекает жидкий металл через отверстие 2 и проходит через центр кольцевой форсунки 4, вместе воздуха также применять воду [3]. Важно, что форма частиц и размеры их зависит от давления, расхода распыляющего агента.

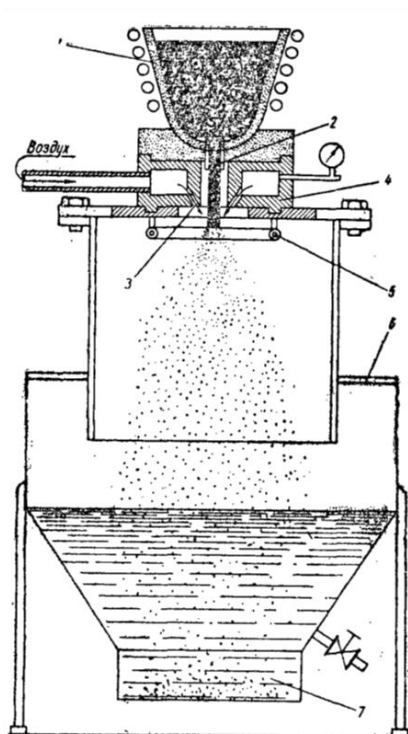


Рисунок 1.2 – Схема метода получения порошков распылением жидкого металла водой и воздухом: 1 – тигель; 2 – отверстие; 3 – подача воздуха; 4 – кольцевая форсунка; 5 – видовой душ; 6 – кожух; 7 – бак с водой

2) Дробление и размол

Методы механического дробления применяются как наиболее эффективные, когда в качестве материалов для размол используются отходы машиностроительного и металлургического производства (скрап, обрезки, стружка). Иногда механический размол наиболее приемлем, в производстве получения порошков из хрупких материалов (бериллий, кремний), порошков бронзы или легированных сплавов заданного химического состава.

Сущность метода получения порошков дроблением и размолом заключается в том, что во время процесса происходит скалывающее, ударное, и истирающее действие мелющих тел, стенок измельчающих аппаратов и самой размалываемой массы. Дробление твердых тел сопровождается упругими и пластическими деформациями, в процессе которых возникают и накапливаются микротрещины, которые приводят к возникновению новых поверхностей раздела и разрушению тел. Легко поддаются размолу хрупкие непластичные материалы (Si, Mn, различные тугоплавкие соединения). Пластичные металлы значительно хуже поддаются размолу (Cu, Zn), которые во время размол сплющиваются и могут слипаться.

Получение порошков с помощью механического измельчения обычно включает следующие операции:

- а) подготовка шихты, заключающаяся в предварительном грубом дроблении, приготовлении сечки (малых кусков проволоки), получении стружки;
- б) измельчение шихты в мельницах различного вида;
- в) предварительный отжиг порошков для снятия наклёпа [3].

1.5 Прессование порошка

Основными технологическими операциями порошковой металлургии являются прессование (формование) и спекание порошковых материалов, характер применения которых определяется прежде всего степенью нагруженности деталей [2]. Малонагруженные детали (антифрикционные,

различного рода втулки, уплотнительные кольца изготавливаются однократным прессованием и спеканием. Детали средне- и тяжело нагруженные требуют применения более сложной технологии, такой как многократное прессование с промежуточными отжигами и высокотемпературным окончательным спеканием, горячее динамическое прессование (ДГП) и горячая штамповка предварительно спрессованных до 70-75% плотности и спеченных заготовок, горячая экструзия, пропитка пористых заготовок жидкими металлами и т. п. Под прессованием (формованием) металлических порошков подразумевается операция, в результате которой под действием определенного давления из сыпучего порошкового материала получают относительно прочную прессовку, форма и размеры которой близки форме и размерам готового изделия, конечно, с учетом допусков на усадку и калибровку, а если необходимо, то и на механическую обработку. Прессование порошковых материалов проходит поэтапно: 1) приготовление смеси из порошков требуемого химического и гранулометрического состава; 2) дозировка и засыпка порошка в пресс-форму, 3) прессование и выпрессовка заготовок; 4) контроль качества прессовок [2].

1) *Подготовка порошков к прессованию.* Приготовление порошков к прессованию является ответственной операцией при производстве порошковых изделий, так как качество порошковых смесей сильно влияет на свойства готовых деталей.

Приготовление порошков состоит в очистке химическими гидромеханическими или магнитными методами от различных примесей: механической обработкой (например, дополнительное измельчение), рассевом порошков на фракции по дисперсности (называется классификацией), грануляцией, термической обработкой.

Под термической обработкой порошков понимается их отжиг с целью снятия наклепа, понижения твердости, восстановления окислов, рафинирования частиц по химическому составу, удаления примесей, снижения содержания углерода, повышения однородности структуры частиц и химического их

состава. Режимы отжига назначаются в зависимости от его природы металла и устойчивости его окислов.

Классификация, или рассев, порошков производится для разделения их по фракциям с целью получения при смешивании смеси заданного гранулометрического состава. Рассев порошков производится с помощью сит путем воздушной сепарации и другими способами.

Важнейшей операцией приготовления смеси является смешивание различных порошковых компонентов или различных фракций порошков для получения однородной смеси, проба которой, взятая в любом ее объеме соответствует среднему химическому или гранулометрическому составу.

Смешивание производится в смесителях, среди которых наибольшее применение нашли смесители типа «пьяной бочки» и конусные. Смешиванию подвергаются как порошки различных компонентов, так и порошки одного и того же компонента различной дисперсности или метода получения. Для улучшения смешивания разнородных порошковых компонентов в смесь вводится иногда жидкость (минеральное глиcerin) спирт, бензин, дистиллированная вода глиcerin. В связи с этим смешивание подразделяется на «сухое» (без введения жидкости) и «мокрое». Время смешивания зависит от свойств компонентов и может колебаться от нескольких минут до нескольких часов [2].

2) *Основные закономерности прессования порошков.* Задачей прессования является получение заготовки заданной формы размеров с равномерной плотностью и прочностью по всему ее объему. Для этого в собранную и установленную на плиту пресса пресс-форму засыпают порцию порошка и устанавливают пуансон (рисунок 1.3, а), который передает от пресса на порошок необходимое давление, и под действием нагрузки смесь прессуется в заготовку (рисунок 1.3, б). После выдержки при заданном давлении нагрузка снимается, пресс-форма переходит в новое положение, при котором из нее выталкивается спрессованная заготовка (рисунок 1.3, в).

3) Зависимость плотности прессовок от давления прессования [2]

Прессование порошков и порошковых смесей может осуществляться в закрытых пресс-формах (см. рис.1.3), когда спрессованная заготовка по форме и размерам (с необходимыми допусками) представляет собой готовое изделие, не требующее дальнейшей механической обработки полностью или ее незначительного применения, а также путем гидро- и изостатического прессования (прессование больших объемов изостатического прессования порошка в форме заготовок), прокатки, экструзии и т. п.

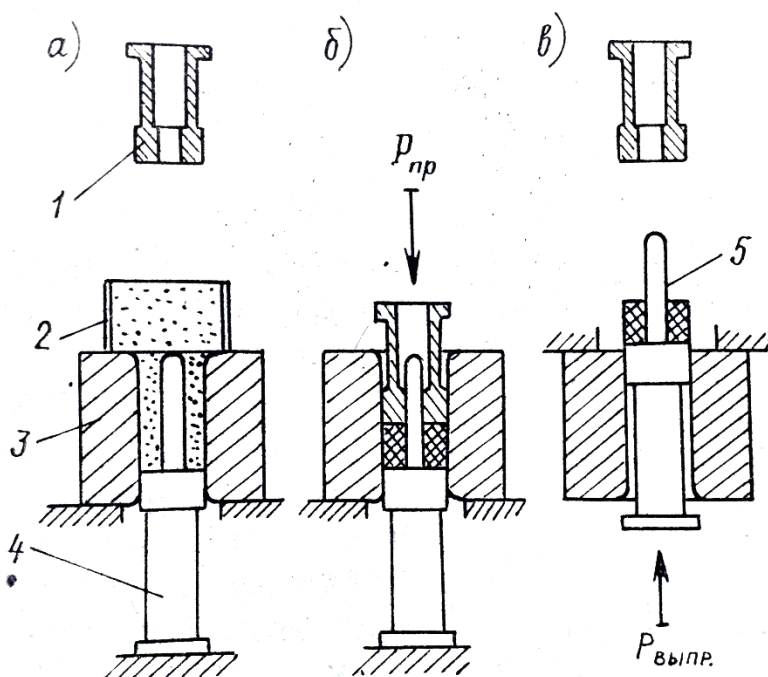


Рисунок 1.3 – Схема одностороннего прессования: а - засыпка порошковой смеси; б - матрицу прессование верхним пуансоном смеси в изделие; в - выпрессовка заготовки нижним пуансоном; 1- верхний пуансон; 2- питатель; 3 - матрица; 4 - нижний пуансон; 5 – стержень

Установлено, что при прессовании происходит неравномерно увеличение плотности прессуемого порошка. В первый момент прессования (рисунок 1.4) небольшое повышение усилия прессования приводит к значительному увеличению плотности прессуемого порошка, дальнейшее прессование наоборот, даже очень большое давление не приводит к значительному увеличению плотности [2]. Такое изменение плотности объясняется следующим образом. При засыпке порошка в пресс-форму его частицы в

объёме пресс-формы хаотично расположены и образуют при этом так называемые мостики или арки. В таком случае плотность порошка в пресс-форме равна его насыпной плотности (рисунок 1.4), поэтому приложение даже небольшого по величине усилия прессования резко повышает плотность (рисунок 1.4, этап 1).

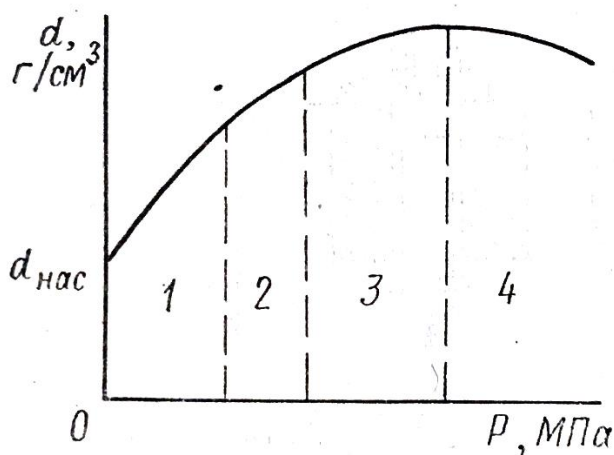


Рисунок 1.4 – Зависимость плотности спрессованных заготовок от давления прессования

По мере того как увеличивается усилие прессования происходит разрушение мостиков и арок, частицы проникают в поры, неблагоприятно расположенные частицы перемещаются в более благоприятные места (рисунок 1.4 этап 2). При этом значительная часть усилия прессования на этом участке идет на преодоление трения частиц порошка о стенки пресс-формы (внешнее трение).

На дальнейших этапах прессования по увеличению мере усилия прессования протекает количественное и качественное изменение границ между частицами. Внутреннее трение между частицами при их смещении относительно друг друга приводит к несколько сглаживанию контактных поверхностей за счет сдирания окисных пленок, при этом контакты между частицами в этих местах переходят в металлические из неметаллических.

Сближение частиц порошка, а также качественное и количественное изменение поверхностей, находящихся в контакте, приводит к появлению сил

межатомного взаимодействия, в результате этого сопротивляемость порошка внешнему воздействию увеличивается и рост плотности прессовок на этом этапе затормаживается. Часть работы затрачивается на накопление остаточных напряжений.

Очень большие усилия прессования вызывают хрупкое разрушение порошковых частиц из твердых материалов и пластическую деформацию частиц из мягких материалов (рисунок 1.4, этап 3). На этом этапе работа прессования в основном тратится на деформирование и разрушение частиц; повышение уплотнения прессовок с ростом давления происходит медленно и постепенно прекращается, при этом внутри частиц накапливаются упругие напряжения.

Различие в прессовании отдельных материалов заключается в величине давления, которое необходимо для получения прессовок определенной плотности. Чем пластичнее материал порошка, тем при более низких давлениях начинается уплотнение порошков за счет деформации частиц [2].

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

В работе исследовали три образца порошковой стали 04X14H, полученных спеканием и прессованием при разных нагрузках: 2 т, 4 т и 6 т.

Порошковую смесь 04X14H (50 г), готовили из отдельных порошков металлов (таблица 2.1).

Таблица 2.1– Состав порошковой смеси

Компоненты	карбонильное Fe	Cr	Ni
Масса, г	42,5	7	0,3
Содержание, % (по весу)	85	14	0,6

Порошковая смесь, содержащая 85 % карбонильного железа, 14 % хрома, 0,6 % никеля, получена смешиванием в течение 24 часов. Из этой смеси прессованием изготовили три образца цилиндрической формы с помощью разрывной машины Р-20, с разными нагрузками при прессовании: 2 т, 4 т и 6 т. Будем называть их образец 1, образец 2 и образец 3 соответственно. Потом спекали три прессованных образца в камерной вакуумной электропечи сопротивления типа СНВЗ при температуре 1380°С в течение 2 ч и охлаждали с печью.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Подготовка образца

Подготовка образцов является первым этапом исследований. Микрошлиф готовят обычно по следующим основным 4 операциям [4]:

1. Вырезка образцов и подготовка поверхности образца.
2. Шлифование.
3. Полирование.
4. Травление.

Наиболее удобные простые формы образцов: цилиндр или параллелепипед с диаметром или стороной основания 10-20 мм и высотой 10-15 мм. Для приготовления шлифов образцов с малыми размерами (лента, проволока) или сложной формы после вырезки заливают или запрессовывают в цилиндрические обоймы с помощью смол или легкоплавких сплавов.

Шлифование обычно проводили на 4 номерах наждачной бумаге разной зернистости, начали шлифовать с крупной до последовательно меньшего размера абразива. Шлифование на одном номере шлифовальной бумаги вели до исчезновения рисок от предыдущей бумаги. При смене зернистости наждачной бумаги изменяли направление движения образца по ней на 90° и удаляли частички абразива со шлифа. После шлифования на последней бумаге шлиф тщательно промывали в воде, чтобы избежать попадания частичек абразива на полировальный круг.

После завершения шлифования поверхность следует отполировать до зеркального блеска с помощью драповой ткани и пасты Гои. При полировании следует держать образец перпендикулярно, чтобы избежать заломов. Полирование считается законченным, когда поверхность имеет зеркальный блеск.

Ручное полирование использовали на полировальном материале (фильтровальная бумага), на который периодически наносили алмазную пасту. Основные характеристики использованных алмазных паст приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Основные характеристики алмазных паст для полирования

Обозначение зернистости по ГОСТ 9206-70	Размеры абразивных частиц, мкм	Концентрация алмазного порошка, %		Цвет пасты и этикетки
		нормальная Н	повышенная П	
3/2	3-2	2	4	желтый
2/1	2-1	1	2	желтый
1/0	1-0	1	2	желтый

Полирование ведут чтобы получить зеркальную поверхность, так можно считаться законченными только когда на поверхности шлифа риски и царапины не появились под микроскопом. После полировки шлиф промывали.

2.2.2 Травление поверхности образца

Чтобы выявлять структуры полированные поверхности образцов протравливали реактивом – 5-ти процентным раствором «царской водки» в этиловом спирте. Раствор «царская водка» выявляет структуру нержавеющей сталей и сплавов и состоит из 75 % HCl и 25 % HNO₃. Под действием травителя структурные элементы сплава растворяются, окисляются или окрашиваются. В результате они обретают различную отражающую способность и с помощью микроскопа можно видеть очертания фаз, зерен и их границ, определить их расположение, т. е. выявить микроструктуру сплава.

Качество травления контролировали с помощью микроскопа при увеличении, которое предполагалось использовать для изучения шлифа.

2.2.3 Металлографический анализ

Металлографический анализ (то же, что и металлографическое исследование) – это анализ структурообразования металлов и сплавов. Металлографический анализ включает в себя [5] комплекс оптических исследований металлов и сплавов: методы изучения макро- и микроструктуры металлов и сплавов.

Основным оборудованием металлографического анализа является световой металлографический микроскоп. В данной работе использовали инвертированный металлографический микроскоп ЛабоМет-И вариант 1 с системой визуализации.

В микроскопах для металлографических исследований освещение объекта осуществляется через объектив. Две основные схемы освещения шлифа,

используемые в металлографических микроскопах, показаны на рисунке 2.3. Световые лучи попадают от источника света на призму полного внутреннего отражения (рисунок 2.3, а) или на полупрозрачную плоскопараллельную пластинку (рисунок 2.3, б), чтобы подать поток света в объектив и через него – на шлиф. Отраженные лучи от шлифа попадают в объектив, далее в окуляр и от него в глаз человека.

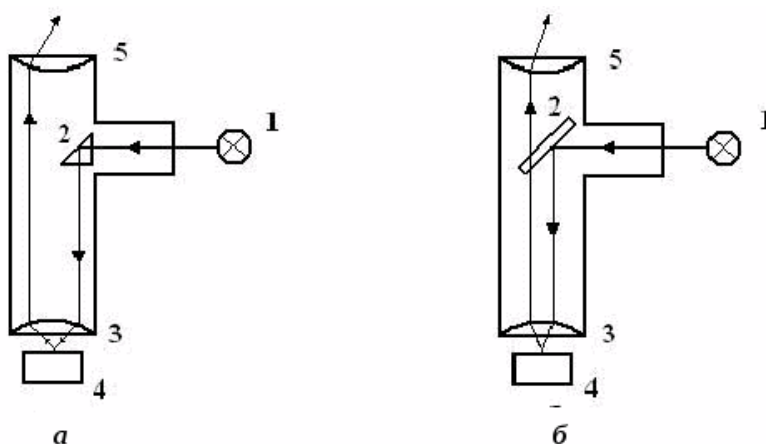


Рисунок 2.3 – Схема освещения шлифа в металлографических микроскопах: 1 – источник света, 2 – призма, 3 – объектив, 4 – шлиф, 5 - окуляр

В случае нетравленного шлифа практически весь поток света отражается от шлифа и попадает в окуляр микроскопа (рисунок 2.3 а). На травленном шлифе в следствие образовавшегося после травления микрорельефа различные участки шлифа отражают лучи света по-разному, это позволяет видеть в микроскоп структуру металлов и сплавов (рисунок 2.4 в, г).

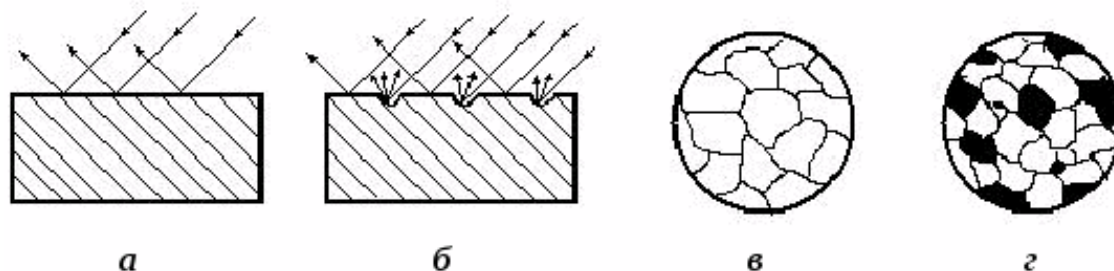


Рисунок 2.4 – Формирование изображения структуры шлифа в металлографическом микроскопе: отражение лучей от а – полированной и б – травленной поверхности; вид в микроскопе травленной поверхности в – однофазного и г – двухфазного шлифа

Программный комплекс SIAMS позволяет выполнять различные задачи металлографического контроля.

2.2.4 Измерение микротвёрдости

Твёрдость важная характеристика металлов и сплавов, так как она влияет на рабочие свойства материала: способность обрабатываться шлифованием или резанием, сопротивляемость истиранию, режущие свойства, способность выдерживать местные давления и т.д. Также по твёрдости можно судить о других механических свойствах, например, о прочности при растяжении. Другими словами, твёрдость и другие свойства материалов имеют определенную связь, которая подтверждается практикой [6].

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

Наиболее широко используются измерения твёрдости по Виккерсу, по Бринеллю и по Роквеллу, микротвёрдости. Во всех этих методах при вдавливании индентора в испытуемый материал происходит его пластическая деформация под индентором. Чем больше это сопротивление, тем меньше глубина проникновения индентора и тем выше твёрдость.

Микротвёрдость обычно измеряют в пределах отдельных зёрен или очень тонких слоев. В основном этот метод используют при проведении исследовательских работ.

В данной работе для измерения микротвердости использовали микротвердомер ПМТ-3 (рисунок 2.5). Прибор для определения микротвёрдости состоит из механизма для вдавливания алмазной пирамиды с небольшой нагрузкой и металлографического микроскопа. В испытываемую поверхность вдавливают алмазную пирамиду под нагрузкой 0,05...5,00 Н.



Рисунок 2.5 – Микротвердомер ПМТ-3М

В испытуемый материал вдавливается алмазный наконечник Виккерса, имеющий вид четырехгранной пирамиды.

Испытания на микротвёрдость проводят следующим образом [7]:

1. Устанавливают нагрузку на стержень нагружающего устройства, обеспечивающую получение отпечатка 15-30 мкм.
2. Закрепляют исследуемый образец на опорном столике. Вращением настроечных винтов фокусируют микроскоп на поверхности образца.
3. Выводят в центр поля наблюдения перекрестье нитей.
4. Центрируют прибор до совпадения образующегося отпечатка с перекрестьем нитей окулярного микрометра.
5. Вращением микрометрических винтов опорного столика подводят под перекрестье нитей требуемый участок поверхности образца. Соблюдая расстояние между центрами соседних отпечатков и от центра отпечатка до края образца не менее двух длин диагонали большего отпечатка.
6. Плавно поворачивают столик на 180° до упора и медленно опускают индентор на образец. После выдержки под нагрузкой 5-7 с аккуратно поднимают индентор и плавно возвращают столик в исходное положение. Если произошел сбой центровки, выводят центр перекрестья нитей на центр отпечатка.

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

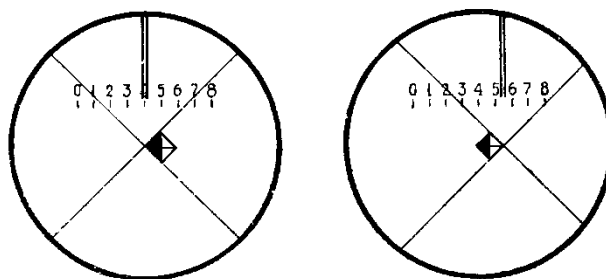


Рисунок 2.6 – Схема измерения диагонали отпечатка

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

9. Аналогичным образом измеряют вторую диагональ отпечатка. Находят среднее арифметическое длин обеих диагоналей и значение микротвёрдости по таблице 2.3.

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

Диагональ отпечатка	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	—	5149	3784	2897	2289
10	1854	1532	1288	1097	946	824	724	642	572	514
20	464	420	383	350	322	297	274	254	236	221
30	206	193	181	170	160	151	143	135	128	122
40	116	110	105	100	95,8	91,6	87,6	84,0	80,5	77,2

Диагональ отпечатка	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	74,2	71,3	68,6	66,0	63,6	61,3	59,1	57,1	55,1	53,3
60	51,5	49,8	47,8	46,7	45,3	43,9	42,6	41,3	40,1	39,0
70	37,8	36,8	35,8	34,8	33,9	33,0	32,1	31,3	30,5	29,7
80	29,0	28,3	27,6	26,9	26,3	25,7	25,1	24,5	24,0	23,4
90	22,9	22,4	21,9	21,4	21,0	20,5	20,1	19,7	19,3	18,9
100	18,5	18,2	17,8	17,5	17,1	16,8	16,5	16,2	15,9	15,6
110	15,3	15,1	14,8	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5	13,3	13,1

2.2.5 Оценка пористости

Пористость (устар. скважность) – это характеристика материала, показывающая совокупную меру размеров и количества пор в твёрдом теле [8]. Пористость является безразмерной величиной от 0 до 100 % (или от 0 до 1): 0 соответствует материалу без пор; 100 процентная пористость не может быть достигнута, но возможно приблизиться к ней (пена, аэрогель и т.п.). Также может указываться характер пористости в зависимости от величины пор: мелкопористость, крупнопористость и т.п.

Как правило, поры заполнены вакуумом или газом с плотностью, значительно меньшей истинной плотности материала образца. Величина пористости в этом случае не зависит от истинной плотности материала, а зависит только от размера пор.

Формула для определения пористости представлена ниже:

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

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

Pv – кажущаяся плотность пористого образца, кг/м³.

Кажущаяся плотность пористого образца вычисляется по формуле:

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

где m – масса образца с порами, кг,

v – объём образца с порами, м³.

Объём образца можно определить двумя методами: путем гидростатического взвешивания, если образцы большие и имеют замкнутые поры; путем обмера, если образцы имеют правильную форму.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154630	Дай Шуай

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

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p>Исследование проводится для ООО “Сибирская машиностроительная компания” При проведении исследования используется база лабораторий НИ ТПУ кафедра ММС; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.</p>
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</p>
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Отчисления по страховым взносам – 30 %</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p>Анализ и оценка научно-технического уровня проекта</p>
<p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p>	<p>Разработка календарного плана, формирование сметы расходов на проектирование</p>
<p>3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></p>	<p>Оценка бюджета затрат НИ</p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<p>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н	К.Э.Н.,		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154630	Дай Шуай		

4.1 Экономические цели и актуальность работы исследования

Темой дипломной работы является “Влияние давления прессования на структуру и свойства спеченных изделий Э из порошковой смеси системы Fe-Cr”

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

Для достижения обозначенной цели необходимо построить таблицу 4.1

Таблица 4.1

Задача		Цель
4.2. Потенциальные потребители результата исследования		Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта
4.3. Календарный план выполнения научного исследования	1. Структура работ в рамках научного исследования 2. Разработка графика проведения научного исследования	Планировать этапы выполнения исследования
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	1. Материальные затраты НТИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование 3. Амортизация основных фондов 4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы 5. Отчисления во внебюджетные фонды 6. Накладные расходы	Рассчитать бюджет проекта

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

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

4.2 Оценка потенциальных потребителей результата исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

В нашем случае целевой рынок является машиностроительной промышленностью. Проведем сегментирование и строим карту сегментирования рынка. Сегментировать рынок технологии порошковой металлургией можно по следующим критериям: уровень цены, направление применения (таблица 4.2).

В карте сегментирования показано, ниши на рынке порошковой металлургией незаняты конкурентами. Как видно, для рынка медицинских инструментов и судостроительных, уровень конкуренции продукции с низкой ценой низок. Следовательно, продукции порошковой металлургией с низкой ценой, привлекают предприятия, занимающиеся медицинскими инструментами и судостроительными в будущем.

Таблица 4.2

Уровень цены	Направление применения			
	Медицинские инструменты	Судостроительные	Двигатели автомобиля	Авиакосмические
Высокая	***	**	*	**
Средняя	**	***	**	*
Низкая	*	*	***	**

Степень конкуренции *** - более высокая степень, ** - высокая степень, * - невысокая степень.

4.3 Календарный план выполнения научного исследования

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

С оставление этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Составление и утверждение темы и задания ВКР	Даренская Е.А. Дай Ш.

Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение теории по порошковой технологии.	Дай Ш.
	3	Изучение методы порошковой металлургии поиск материалов по теме	Дай Ш.
	4	Выбор направления исследований	Даренская Е.А. Дай Ш.
	5	Календарное планирование работ по теме	Даренская Е.А. Дай Ш.
Проведение ВКР			
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение прессования и спекания	Даренская Е.А.
	7	Подготовка спеченного образца 04X14Н	Дай Ш.
	8	Проведение металлографического анализа образца 04X14Н.	Дай Ш.
	9	Измерение микротвердости образца 04X14Н.	Дай Ш.
	10	Измерения пористости образца 04X14Н.	Дай Ш.
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Даренская Е.А. Дай Ш.
Выполнение отчета	12	Выполнение отчета	Дай Ш.
Обобщение и оценка результатов	13	Формование ВКР	Дай Ш.
	14	Проверка ВКР	Даренская Е.А. Дай Ш..

4.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 t_{mimi} + 2t_{maxi}}{5}$$

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

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

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

Определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

В 2017-ом году $k_{кал} = 365 / (365 - 105 - 14) = 1,48$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. [12]

Все рассчитанные значения свести в таблицу 4.4. На основе таблице 4.4 строится календарный план таблице 4.5.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоемкость 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					
	Даренская Е.А.	Дай Ш.,	Даренская Е.А.	Дай Ш.,	Даренская Е.А.	Дай Ш.	Даренская Е.А.	Дай Ш..	Даренская Е.А.	Дай Ш..
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
2	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
3	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
4	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
5	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
6	3	-	5	-	5	-	5	-	5	-
7	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
8	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
9	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
10	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
11	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
12	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
13	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
14	3	3	7	7	5	5	5	5	5	5

Таблице 4.5 – Календарный план-график  - Даренская Е.А. - Руководитель.  - Дай Ш. - Дипломник

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				Февр.		март			апрель			май			июнь				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление и утверждение темы и задания ВКР	Даренская Е.А. Дай Ш.	2 2																
2	Подбор и изучение теории по порошковой технологии.	Дай Ш.	6																
3	Изучение материала по технологии порошковой металлургией.	Дай Ш.	6																
4	Выбор направления исследований	Даренская Е.А. Дай Ш.	2 2																
5	Календарное планирование работ по теме	Даренская Е.А. Дай ш.	2 2																
6	Проведение прессования и спекания	Даренская Е.А	5																
7	Подготовка спеченного образца 04X14Н.	Дай Ш.	2																
8	Проведение металлографического анализа образца 04X14Н	Дай Ш.	2																
9	Измерение микротвердости образца 04X14Н.	Дай Ш.	2																
10	Измерения пористости образца 04X14Н.	Дай Ш.	2																
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Даренская Е.А. Дай Ш.	2 2																
12	Выполнение отчета	Дай Ш.	6																
13	Формование ВКР	Дай Ш.	6																
14	Проверка ВКР	Даренская Е.А. Дай Ш..	5																

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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 (5% от стоимости материалов).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, Z_m , руб.
Образец	г.	3	50	158
Абразивные шкурки	шт.	5	10	53
Паста ГОИ	г.	5	10	52
фильтровальная бумага	шт.	2	20	11
Царская водка	мл.	5	0,4	21
Ватные палочки	шт.	10	0,2	21
Спирт	мл.	10	0,12	13
Флеш-карта 16 GB	шт.	1	600	600
Бумага формата А4	экз.	1	250	250
Ручка шариковая	шт.	2	80	160
итого				1339

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 5.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Твердомер	1	145000	145000
2	Прессовка Р20	1	20000	20000
3	Шлифовальный станок	1	70000	70000
4	Вакуумная печь	1	80000	80000
5	Металлографический микроскоп	1	56000	56000
6	Компьютер с программой	1	73000	73000
7	Фотокамера для микроскопа	1	23000	23000
Итого:				467000

4.4.3 Амортизация основных фондов

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

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

1) Печь типа Снол, твердомер Бринелль, твердомер ПМТ – 3 – по пятой группе (оборудование испытательное): 10 лет.

2) Металлографический микроскоп, компьютер – по третьей группе (техника электронно- вычислительная): 5 лет. [13]

Таблица 4.8 – Материальные Цены

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во. материала, ед	Цена за ед, руб
Твердомер	шт	10	1	145000
Прессовка Р20	шт	10	1	20000
Шлифовальная станка	шт	5	1	70000
Вакуумная печь	шт	10	1	80000
Металлографический микроскоп	шт	5	1	56000
Компьютер с программой	шт	10	1	73000
Фотокамера для микроскопа	шт	10	1	23000

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

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

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

247 дней – количество дней в году;

$K_{обор}$ – стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{с.с.обор}},$$

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

$$I_{ам.твер.} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.пресс.} * H_a = (1/247) * 145000 * (1/10) = 59 \text{ руб.}$$

$$I_{ам.шли} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.печь} * H_a = (1/247) * 70000 * (1/5) = 57 \text{ руб}$$

$$I_{ам.пресс} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.печь} * H_a = (1/247) * 20000 * (1/10) = 8 \text{ руб}$$

$$I_{ам.печь} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.шлиф.ста.} * H_a = (1/247) * 80000 * (1/10) = 32 \text{ руб.}$$

$$I_{ам.метал.микр} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.метал.микр} * H_a = (1/247) * 56000 * (1/5) = 45 \text{ руб.}$$

$$I_{ам.комп} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.ПМТ-3} * H_a = (1/247) * 73000 * (1/10) = 30 \text{ руб}$$

$$I_{ам.камера} = (T_{исп.обор}/247) * K_{исп.ПМТ-3} * H_a = (1/247) * 23000 * (1/10) = 9 \text{ руб}$$

Считать исходя из календарного плана-графика количество часов загрузки оборудования:

$$I_{ам.обор} = 59*2 + 57*5 + 32*5 + 45*2 + 30*2 + 9*2 + 8*5 = 771 \text{ руб.}$$

4.4.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и работников порошковой металлургией, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Значение, чел.-дн.
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	118

Потери рабочего времени	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}}$$

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

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

$k_{\text{т}}$ – тарифный коэффициент, учитывается по единой.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.

Таблица 4.10 – Расчёт основной заработной платы руководителя.

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	1	1	26400	1,3	34320	1445	18	26010

Расчет основной заработной платы руководителя сводится в таблице 4.11.

Таблице 4.11 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление темы	2	1445	2890
2	Выбор направления исследований	2	1445	2890
3	Календарное планирование работ	2	1445	2890
4	Проведение прессования и спекания	5	1445	7225
5	Сопоставление результатов	2	1445	2880
6	Проверка ВКР	5	1445	7225
Итого:				26010

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равен 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 26010 = 7855 \text{ руб.}$$

4.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (1339 + 26010 + 7855 + 771) \cdot 0,16 = 5756 \text{ руб.}$$

4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по варианту руководителя приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	1339	Пункт 4.1
2. Амортизация основных фондов	771	Пункт 4.3
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	26010	Пункт 4.4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	7855	Пункт 4.5
5. Накладные расходы	5756	Пункт 4.6
Бюджет затрат НИИ		41731 руб.