

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
Изготовление изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования

669:539.37:621.762.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ху Цзычжао		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	Конд. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин А. А.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	К.т.н., доцент		

**Результаты обучения по направлению
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-8, ПК-11), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.4, 4.8)
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8)
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 3.1, 3.2, 3.3), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FЗадачи...EANI</i>
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 6, 7, 11, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.3, п. 2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-10, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-12, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-19), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

 О.Ю.Ваулина
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ху Цзычжао

Тема работы:

Квазиизостатическое прессование металлических порошков в изделия сложной формы	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 57-53/с от 26.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08 июня 2021 года
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Изучение влияния параметров эластичных оболочек на деформацию металлических порошков в процессе квазиизостатического прессования (КИП).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнить литературный обзор по теме ВКР. 2. Изготовить компакты из каждого порошков. 3. Построить кривые уплотнение. 4. Изучение влияния жесткости материала оболочки на коэффициенты безразмерного логарифмического уравнения прессования. 5. Изучение влияния жесткости материала оболочки на равномерность обжатия порошкового тела в процессе КИП. 6. Изучение влияния объема внутренней полости оболочки на плотность компактов. 7. Практические рекомендации для использования результатов исследования
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	График, рисунок, таблицы применяемых в работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Былкова Т.В. Доцент ОСГН ШБИП
<i>Социальная ответственность</i>	Сечин А. А. Доцент ООД ШБИП

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ху Цзычжао		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ху Цзычжао

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Материаловедение и технология материалов

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% премии; 20% надбавки; 13,5% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений SWOT- анализ
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. Планирование работ 2. Разработка графика Ганиа 3. Формирование бюджета затрат
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	Конд. экон. наук		01.02.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ху Цзычжао		01.02.2021г

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Ху Цзычжао

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01. Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Изготовление изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект: изделий сложной формы из металлических порошков АМГб, порошки меди и порошки молибден. Область применения: Самолетостроение, ракетостроение</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29; – Статья 147 ТК РФ; – ГОСТ 12.2.033-78;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p><i>Были выявлены следующие вредный факторы производства:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Отсутствие или недостаток естественного света; 4. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны. <p><i>Были выявлены следующие опасные факторы производства:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Движущиеся машины и механизмы; 2. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; <p><i>Были выявлены основные источники опасности, выбраны средства защиты и определены защитные мероприятия.</i></p>
3. Экологическая безопасность:	<i>Работа с металлическими порошками АМГб, порошки меди и порошки</i>

	<i>молибден в данных концентрациях не несут опасных и вредных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу).</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– <i>Пожар</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А. А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Ху Цзычжао		

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
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения
 Период выполнения Осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2021	Литературный обзор	20
15.04.2021	Экспериментальная часть	20
11.06.2021	Обсуждение результатов	30
20.05.2021	Финансовый менеджмент	15
20.05.2021	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	К.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 62 страницы, 20 рисунков, 20 таблиц и 37 источников.

Ключевые слова: квазиизостатическое прессование, изделия сложной и/или индивидуальной формы, АМГб, медь, молибден.

Объект исследования: порошки АМГб, Мо и Си, полученные из них компакты.

Целью выпускной квалификационной работы является: изучение влияния параметров эластичной оболочки на деформацию металлических порошков в процессе КИП.

В процессе исследования проводились: обзор литературы по теме ВКР; изготовление изделий из металлических порошков методом квазиизостатического прессования, оценка влияния параметров эластичной оболочки и режимов прессования на деформацию порошков в процессе КИП.

Методы исследования: гидростатическое взвешивание, измерение твердости по Шору вдавливанием, квазиизостатическое прессование, одноосное одностороннее прессование в закрытых жестких пресс-формах.

В результате исследований построены кривые уплотнения образцов, исследовано влияние жесткости материала оболочки и объема ее внутренней полости на коэффициенты безразмерного логарифмического уравнения прессования и равномерность обжатия порошкового тела в процессе КИП.

Сфера применения: Производство изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования (КИП).

Экономические преимущества: эластичная оболочка проста в изготовлении и выдерживает большое количество циклов прессования, что делает КИП пригодным для массового производства, однако наиболее выгодно использование данной технологии для изготовления малых партий или единичных изделий сложной/индивидуальной формы, так как для начала производства новой детали необходимо заменить лишь эластичную оболочку, стоимость материала которой невелика.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	12
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ/ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ФОРМЫ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	14
1.1 Порошковые технологии. Применение и перспективы	14
1.2 Производство изделий сложной формы из металлических материалов ...	15
1.3 Постановка задачи исследования	23
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ	24
2.1 Материалы исследования	24
2.2 Лабораторное техническое оборудование.....	24
2.3 Изготовление эластичных оболочек	25
2.4 Изготовление компактов методом КИП	26
2.5 Определение плотности образцов	27
2.6 Построение кривых уплотнения.....	27
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	30
3.1 Изучение влияния жесткости материала оболочки на коэффициенты безразмерного логарифмического уравнения прессования.....	30
3.2 Изучение влияния давления прессования и жесткости материала оболочки на равномерность обжатия порошкового тела в процессе КИП.....	33
3.3 Изучение влияния объема внутренней полости эластичной оболочки на плотность компактов.....	35
3.4 Практические рекомендации для использования результатов исследования.....	36
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	37
4.1. Общая информация.....	37
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	37
4.2.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	37

4.2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	38
4.2.3 SWOT-анализ	40
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	42
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	42
4.4 Бюджет научно-технического исследования	45
4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования ...	45
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы	45
4.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	47
4.4.4. Накладные расходы	48
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	49
4.6 Выводы по разделу.....	49
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	51
5.1 Введение.....	51
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	52
5.3 Производственная безопасность.....	54
5.4 Анализ вредных производственных факторов.....	54
5.5 Анализ опасных производственных факторов.....	57
5.6 Экологическая безопасность.....	61
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	61
5.8 Выводы по разделу.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛЕТЕРАТУРЫ	66

ВВЕДЕНИЕ

Металлы являются одним из самых активно используемых человечеством классом материалов. Такой успех объясняется их выдающимися свойствами. Металлы, благодаря своей пластичности и относительно невысокой температуре плавления легко поддаются обработке давлением и литьем, поэтому изготовление изделий сложной геометрии из металлических материалов, как правило, не является проблематичным. Однако использование традиционных технологий обработки металлов не всегда экономически выгодно для изготовления малых партий изделий.

В данной работе в качестве решения данной проблемы предлагается использовать для изготовления таких изделий метод квазиизостатического прессования (КИП) металлических порошков. В качестве среды, передающей давление, в данном методе используется пластичная или эластичная среда, что обеспечивает равномерное обжатие порошкового тела и, как следствие, высокую степень однородности распределения плотности в объеме изделия. Оборудование, используемое для квазиизостатического прессования, недорогое и простое в использовании, что делает данный метод более экономически выгодным по сравнению с другими методами производства металлических изделий, особенно когда речь заходит о изготовлении мелких партий или одной детали сложной/индивидуальной формы.

В работе провели исследование порошков трех металлических материалов: сплава на основе алюминия АМГ6, меди и молибдена.

Металлические изделия на основе алюминия, благодаря низкой плотности и высокой прочности, отличной коррозионной стойкости, а также высокой электро- и теплопроводности, широко используется в авиации, электронике, строительстве и в быту, например, его часто используют для изготовления легких автомобильных деталей и лопаток газотурбинных двигателей [3, 4]. Материалы на основе молибдена обладают отличной жаропрочностью и хорошей стойкостью к тепловому удару, поэтому их используют для изготовления высокопроизводительных деталей двигателя,

высокотемпературных конструкционных деталей и т.д. [1]. Подшипники скольжения на основе меди, изготовленные методом порошковой формовки, часто широко используются в машиностроении. Другие важные области применения для порошков на основе меди включают фильтры, электротехнические детали и т.д. [2].

Работа посвящена изучению влияния параметров эластичной оболочки (твердость, объем внутренней полости) на деформацию металлических порошков в процессе КИП.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ/ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ФОРМЫ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1.1 Порошковые технологии. Применение и перспективы

Порошковые материалы используются во многих научных и технических областях. В зависимости от области применения и требуемых свойств изделия использоваться различные типы порошковых материалов: металлы, сплавы, керамика, стекло, полимер и множество вариантов композиционных материалов.

Рассмотрим несколько примеров применения порошковых материалов.

Тормозные колодки самолетов и двигателей, сплавы с высокой плотностью, твердые сплавы, сверхтвердые износостойкие детали не могут быть изготовлены с помощью обычных процессов литья иликовки, поскольку они содержат большое количество неметаллических компонентов. Они могут быть изготовлены только из порошка. По сравнению с соответствующими литейными сплавами Cu-Cr-X, сплав Cu-Cr-Mg, производимый средствами порошковой металлургии сочетает в себе превосходные механические свойства и отличную электропроводность. Эти характеристики тесно связаны с более однородной и более мелкой микроструктурой, полученной в процессе порошковой металлургии. [14]. Сплавы Al-Mn, полученные методом порошковой металлургии, обладают более высокой термической стабильностью, чем экструдированные изделия из сплава Al-Mn при традиционной металлургии слитков. [15]

Композитное покрытие из порошкового сплава на основе алюминия и полиуретана обладает хорошей износостойкостью и коррозионной стойкостью [5], а алюминиевые сплавы широко используются в аэрокосмической, автомобильной и других областях [6-10].

Порошковые технологии обладают такими преимуществами, как значительная экономия энергии, экономия сырья, отличная производительность, высокая точность размеров получаемых изделий и

высокая повторяемость, что очень хорошо подходит для массового производства. Кроме того, некоторые материалы и сложные детали, которые невозможно изготовить традиционными методами литья и механической обработки, также можно изготавливать с помощью порошковых технологий. Использование порошков позволяет в широком диапазоне варьировать пористость и состав материала изделий.

1.2 Производство изделий сложной формы из металлических материалов

Выбор рациональной технологии производства для любого продукта/детали может позволить производить высококачественную продукцию в кратчайшие сроки. Существует множество методов производства металлических изделий сложной формы, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. В процессе литературного обзора будет выбран метод, наиболее подходящий для производства небольших партий изделий сложной и/или индивидуальной формы из металлических материалов высокого качества, а также с точки зрения экономической выгоды.

Токарно-фрезерная обработка на станках с ЧПУ. Станок с ЧПУ автоматически обрабатывает детали в соответствии с заранее запрограммированной программой обработки. Оператор составляет маршрут процесса обработки, параметры процесса, траекторию движения инструмента, смещение, параметры резания и вспомогательные функции детали в список программ обработки в соответствии с кодом инструкции и форматом программы, заданными станком с ЧПУ, а затем записываем содержимое списка программ в центре управления и вводится в устройство числового программного управления станка с числовым программным управлением для автоматической обработки деталей. К заготовкам предъявляются высокие требования по качеству поверхности и структуре, что так же влияет на стоимость конечной детали.

С экономической точки зрения станки с ЧПУ наиболее подходят для обработки следующих деталей:

1. Детали сложной формы с высокими требованиями к точности, которые невозможно обработать или трудно обработать на обычных станках;
2. Детали, требующие минимального производственного цикла.

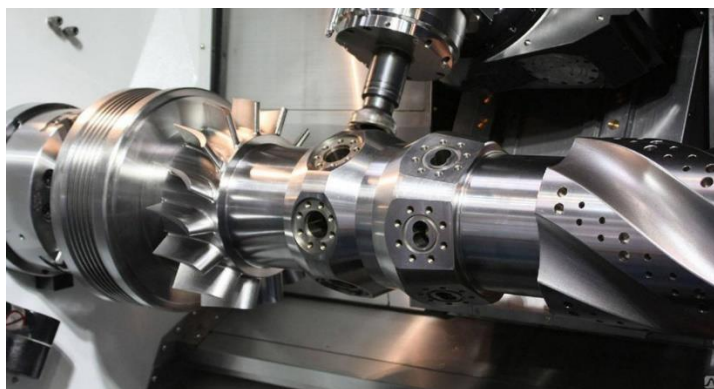


Рисунок 1.1 – Обработка сложных металлических деталей на станках с ЧПУ

Преимущества:

- Стабильно высокая точность обработки.
- Станок отличается высокой степенью автоматизации, что позволяет снизить трудоемкость.

Недостатки:

- Высокая стоимость оборудования.
- Высокие требования к заготовкам.
- Повышенные технические требования к оператору и обслуживающему персоналу.

Литье. Литье – это технология обработки металлов, которую человечество освоило одной из первых, данный метод существует уже около 6000 лет. Литье является одним из основных процессов современной металлургической отрасли. Литье - это процесс, при котором расплавленный металл, заливается в литейную полость, необходимой формы, после охлаждения и кристаллизации деталь или заготовка извлекается из формы. Литьем можно изготавливать изделия заданной формы, размера и механических характеристик. Материалом формы может быть песок, металл или даже керамика. В зависимости от обрабатываемого материала и требований к изделию, технология и режимы литья могут варьироваться. Поскольку отлитая заготовка имеет форму и размеры близкие к заданным,

можно избежать или минимизировать объем дополнительной токарно-фрезерной обработки, что снизит стоимость и до определенной степени сократит время производства.

Литье позволяет использовать практически любой металл для изготовления сложных деталей с высоким качеством поверхности. Однако существует множество процессов литья, и производственный процесс трудно контролировать, поэтому процент брака относительно высок.

Следует отметить, что процесс плавки оказывает большое влияние на свойства и возможно возникновение дефектов структуры (пористость, улавливание газа, пустоты и усадки). Большинство цветных сплавов склонны к образованию пор и включений, которые в конечном итоге снижают характеристики изделий, особенно это актуально для титановых, алюминиевых, магниевых и некоторых медных сплавов [11].



Рисунок 1.2 – литье алюминия под давлением

Преимущества:

- Возможность изготовления деталей сложной формы, особенно детали со сложными полостями.
- Высокая производительность, можно отливать изделия от нескольких граммов до сотен тонн.

- Широкие сырьевые ресурсы и относительно низкая цена на готовую продукцию.

Недостатки:

- Высокая стоимость пресс-форм и оборудования.
- Механические свойства образца нестабильны, как у поковок, например грубая структура, много дефектов и т.д.

- Качество отливок нестабильно, обусловленное большим количеством факторов, влияние которых сложно оценить.

- Большое количество технологических стадий производства.

- Высокие затраты энергии на плавление сырья.

Селективное лазерное спекание (SLS) — это метод, в котором в качестве источника энергии для спекания порошковых материалов используется лазер. В рабочую зону насыпается и разравнивается слой порошка, лазерный луч выборочно спекает порошок в соответствии с информацией о поперечном сечении слоя, затем наносится новый слой порошка и снова происходит процесс спекания. После завершения спекания избыток порошка удаляется, и спеченная деталь может быть изъята из рабочей зоны. Отработанными технологиями является печать восковым и пластиковым порошками, а процесс спекания металлических или керамическим порошков все еще изучается. Большинство используемых для SLS материалов представляют собой порошковые материалы. Эта технология используется в производстве широкого спектра изделий и охватывает различные материалы, такие как полимеры, металлы и композитные материалы различного состава [12]. SLS имеет широкий спектр применения: детали силовых установок, машиностроение, авиакосмическая промышленность и т.д. В последнее время эту технологию применяют для создания арт- и дизайнерских проектов. Схема метода приведена на рисунке 1.3.

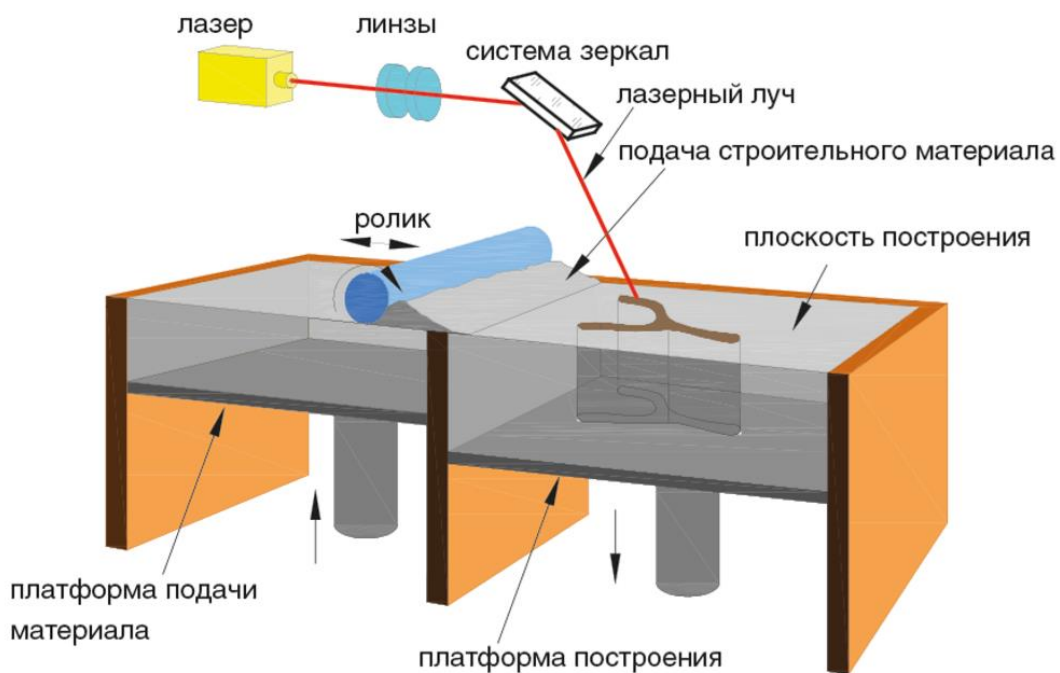


Рисунок 1.3 – Схема селективного лазерного спекания [13]

Метод позволяет получать детали практически любой формы с точностью до 0,1 мм (рисунок 1.4).

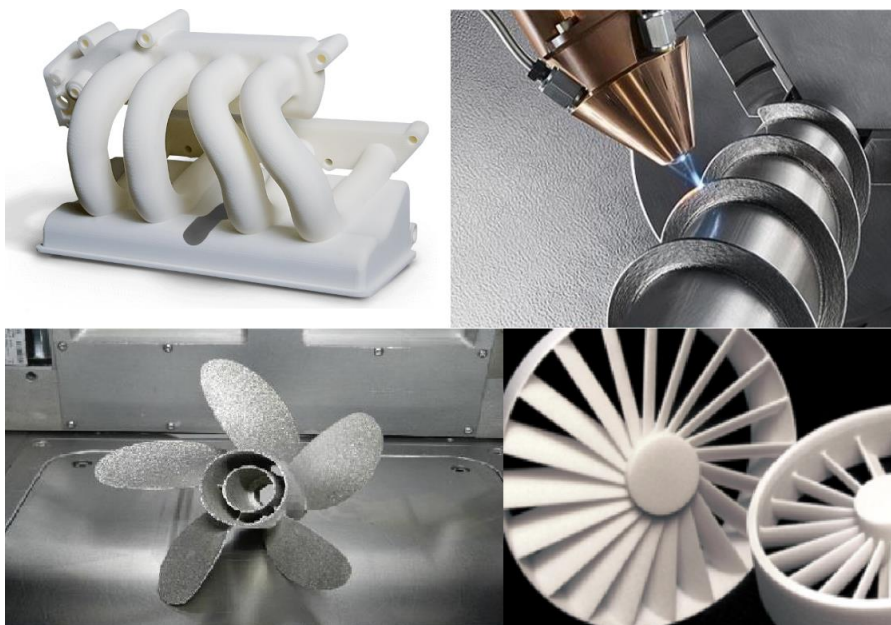


Рисунок 1.4 – Детали из металла и керамики, полученные селективным лазерным спеканием

Преимущества:

- Широкий выбор материалов.

- Возможность производить металлические изделия сложной формой, которые требуют минимальных объемов дополнительной механической обработки.

Недостатки:

- Сырье используется не полностью.
- Высокая стоимость оборудования.
- Шероховатая поверхность изделия.

Квазиизостатическое прессование. Квазиизостатическое прессование является перспективным методом изготовления изделий сложной/индивидуальной формы из широкого спектра порошковых материалов. Квазиизостатическое прессование отличается от изостатического прессования тем, что в нём для передачи давления порошковому телу используется не жидкость или газ, вместо них используется квазижидкость, которая помещается в стальную пресс-форму для одноосного одностороннего прессования (рисунок 1.5). Средой, передающей давление, может служить эластичное или пластичное тело из резины, синтетического каучука, термопластичного полимера и т.п. Уплотнение порошка происходит за счёт сжатия эластичной оболочки, помещённой в закрытую жёсткую пресс-форму. Эластичный элемент при объёмной деформации передаёт приложенное порошковому телу подобно жидкости высокой вязкости (квазижидкости). Таким образом, давление пресса передаётся на всю поверхность компакта изостатически, обеспечивая всестороннее сжатие. Благодаря этому полученные прессовки имеют одинаковую плотность в любом сечении. Однако некоторые перепады плотности в этих прессовках всё-таки наблюдаются от периферии к центру прессовок и обусловлены они тем, что периферийные слои уплотняются быстрее и препятствуют передаче давления прессования внутрь [16]. Благодаря всестороннему обжатию прессуемого материала можно гарантировать высокую равномерность распределения плотности по объёму, что обеспечивает равномерную усадку изделий при спекании.

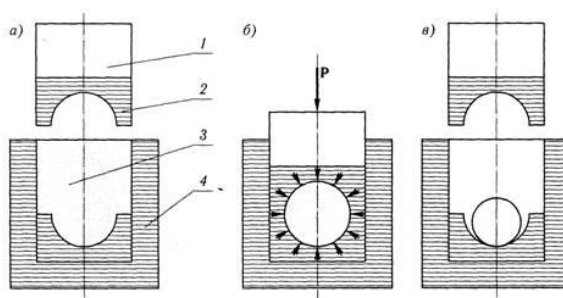


Рисунок 1.5 – Схема квазиизостатического прессования сферической заготовки: а – загрузка пресс-формы, б – стадия прессования, в – возврат пуансона в исходное положение, 1 – металлический штамп, 2 – эластичная прессформа, 3 – пресс-порошок, 4 – матрица

Среди различных методов изостатического прессования этот метод является наиболее экономичным, потому что КИП не нужно использовать дорогое оборудование, а используется обычная стальная пресс-форма и эластичная оболочка из резины или полиуретана. Конструкция и изготовление пресс-формы (аналогично пресс-форме статического давления) значительно упрощены. Срок службы резиновой мембраны при гидростатическом давлении составляет 250 циклов, а полиуретанового буфера давления – более 1 миллиона циклов [17].

Метод квазиизостатического прессования может широко использоваться для формования керамики, металла, графитового порошка, кремниевого микрокристаллического стекла, феррита, абразивных изделий, а также для производства огнеупорных изделий.

Преимущество:

- Эластичные оболочки легко и быстро изготавливаются и способны прослужить большое количество циклов прессования.
- Прессование происходит в стальной пресс-форме для одноосного одностороннего прессования, которая является универсальным инструментом и требует замены только в случае значительного увеличения объема изделия.
- Изделия имеют высокую равномерность распределения плотности по объему.
- Широкая номенклатура форм изделий.

- Процесс прессования в толстостенных оболочках поддается автоматизации.

Недостатки:

- Нелинейная деформация оболочки при прессовании, которая является причиной искажения формы компактов и может стать причиной их разрушения.

Основной недостаток КИП является искривление и непропорциональная деформация формообразующей поверхности внутренней полости оболочки в процессе прессования. При получении деталей простой геометрической формы величину этого искривления можно без труда предсказать и компенсировать, но при получении деталей сложной геометрии или деталей с развитой поверхностью прогноз формоизменения внутренней полости оболочки становится проблематичным. К разрушению может привести и непропорциональная деформация различных элементов оболочки.

Путем сравнения методов, используемых для производства изделий сложной формы из металлических материалов, можно сделать следующие выводы.

Существует несколько технологий производства изделий сложной формы из металлических материалов, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками и активно используется в той или иной области промышленности.

Квазиизостатическое прессование является перспективным методом изготовления металлических изделий сложной и/или индивидуальной формы и имеет огромное экономическое преимущество: использование стальных пресс-форм простой конструкции и недорогого сырья (полиуретан, резина) для эластичных оболочек. Эластичная оболочка проста в изготовлении и выдерживает большое количество циклов прессования, что делает КИП пригодным для массового производства.

Все проблемы КИП, описанные выше, связаны с недостаточно развитой теоретической базой и отсутствием аппарата, позволяющих корректно описывать и учитывать особенности поведения системы «жёсткая пресс-форма – эластичная оболочка – порошковое тело». По этой тематике опубликовано чрезвычайно мало статей, а представленные работы в основном посвящены получению изделий простой геометрии [18, 19].

1.3 Постановка задачи исследования

Исходя из анализа литературы, можно сказать, что КИП является перспективным методом производства металлических изделий сложной формы/индивидуальной формы, однако распространению и эффективному применению данной технологии препятствует слабо развитая теоретическая база и отсутствие аппарата, позволяющих корректно описывать и учитывать особенности поведения системы «жёсткая пресс-форма – эластичная оболочка – порошковое тело».

Таким образом, **целью работы является** изучение влияния параметров эластичной оболочки на деформацию металлических порошков в процессе КИП.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Построение кривых уплотнения при КИП, выбор уравнения прессования.
2. Изучение влияния жесткости материала оболочки на коэффициенты безразмерного логарифмического уравнения прессования.
3. Изучение влияния жесткости материала оболочки на равномерность обжата порошкового тела в процессе КИП.
4. Изучение влияния объема внутренней полости оболочки на плотность компактов и равномерность их уплотнения.
5. Формулировка рекомендаций для практического использования результатов исследования.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы исследования

В качестве исходного материала для изготовления компактов использовали порошок АМГ6, порошок меди (чистый) и порошок молибдена (чистый). В таблицах 2.1 и 2.2 представлены данные о химическом составе и теоретической плотности порошков.

Таблица 2.1. Химический состав в % сплава АМГ6

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Be	Mg	Zn
до 0.4	до 0.4	0.5 – 0.8	0.02 – 0.1	91.1 – 93.68	до 0.1	0.0002 – 0.005	5.8 – 6.8	до 0.2

Таблица 2.2. Теоретическая плотность порошков

Порошок	Теоретическая плотность, г/см ³
АМГ6	2.64
Cu	8.93
Mo	10.22

2.2 Лабораторное техническое оборудование

Контртела из пластика ABS для изготовления эластичных оболочек были распечатаны на 3D-принтере Designer PRO 250 (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - 3D-принтере Designer PRO 250

Прессование изделий в пресс-формах проводили с использованием гидравлического пресса ИП-500М авто (ЗАО «ЗИПО», Россия) (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Гидравлический пресс ИП-500М авто

Для определения твердости материала эластичных оболочек использовали твердомер Шора с индикатором типа D.



Рисунок 2.3 – ТВР-ДЦ твердомер (дюрометр) Шора тип D с цифровым индикатором

2.3 Изготовление эластичных оболочек

Эластичные оболочки для проведения исследований были спроектированы в САПР и изготовлены из компаундов двух типов «Силагерм 6050П» и «Силагерм 6090П». Изготовление эластичных оболочек из полиуретана включает в себя следующие этапы:

- Обработка формы для заливки компаунда разделительной смазкой на основе воска;
- Перемешивание каждого из компонентов в отдельности и смешивание основы и отвердителя в определенном соотношении.
- Заливка полученной смеси в форму.
- Извлечение затвердевшего изделия из формы через сутки.

Некоторые из изготовленных в процессе работы эластичных оболочек представлены на рисунке 2.4

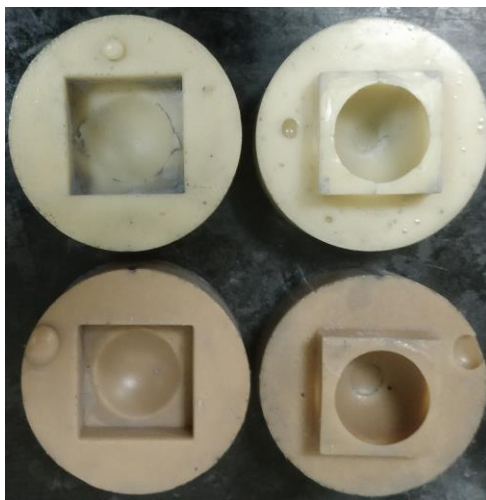


Рисунок 2.4 – Эластичные оболочки для изготовления компактов в форме шара из «Силагерм 6090П» (сверху) и «Силагерм 6050П» (снизу)

2.4 Изготовление компактов методом КИП

В процессе исследования методом КИП было изготовлено по три образца при различном давлении прессования (175, 200, 225 МПа) в эластичной оболочке из компаунда «Силагерм 6090П» и по четыре образца в эластичной оболочке из компаунда «Силагерм 6050П» при давлениях 50, 75, 100 и 125МПа из каждого порошка. Компактирование порошков в эластичных оболочках, помещаемых в жёсткую цилиндрическую пресс-форму, проводили по схеме, представленной на рисунке 2.5.

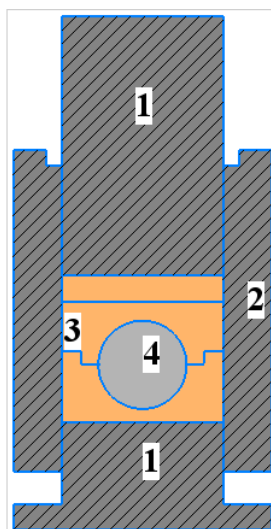


Рисунок 2.5 – Схема лабораторной реализации КИП в жёсткой цилиндрической пресс-форме: 1 – пуансоны, 2 – матрица, 3 – эластичная оболочка, 4 – порошковое тело

2.5 Определение плотности образцов

Измерение геометрических размеров образцов показало существенное отклонение геометрии компактов от сферической формы, что затрудняет определение плотности на основе геометрических размеров, поэтому плотность определяли методом гидростатического взвешивания. В качестве гидроизоляции использовали цапонлак (плотность = 1.27 г/см³).

Метод гидростатического взвешивания – это метод измерения относительной плотности объектов, чью плотность проблематично определить измерением геометрических размеров, что является следствием неправильной формы. Принцип метода гидростатического взвешивания заключается в использовании закона Архимеда для расчета относительной плотности твердых тел, в качестве рабочего инструмента используются электронные весы со специальной приставкой для гидростатического взвешивания.

Для расчета плотности образцов использовали формулу 2.1:

$$\rho_{\text{Гидро с лаком}} = \frac{m_{\text{обр.+лак}}}{m_{\text{обр.+лак}} - m_{\text{вод.}}} \times \rho_{\text{в}} \quad (2.1)$$

Где $\rho_{\text{Гидро с лаком}}$ – плотность образцов с лаком, $m_{\text{обр.+лак}}$ – масса образцов с лаком, $m_{\text{вод.}}$ – масса образцов с лаком, $\rho_{\text{в}}$ – плотность дистиллированной воды.

Затем по формуле 2.2 рассчитывали объём образца без лака

$$V_{\text{обр.}} = \frac{m_{\text{обр.+лак}}}{\rho_{\text{Гидро с лаком}}} - \frac{(m_{\text{обр.+лак}} - m_{\text{обр.}})}{1.27} \quad (2.2)$$

Далее массу образца делили на его объём и получали его плотность.

2.6 Построение кривых уплотнения

Для наглядного представления о поведении порошка в процессе прессования необходимо построить кривую его уплотнения, то есть зависимость плотности от давления прессования. Используется два метода построения кривых уплотнения.

Первый метод заключается в том, что порошковое тело подвергают нагрузке с последующей разгрузкой (разгрузка проводится, чтобы учесть

упругое последствие пресс-формы и порошка), этот процесс повторяется с определенным шагом с повышением величины нагрузки, при этом постоянно фиксируется изменение высоты порошкового тела, зависимость высоты порошкового тела от давления представлена на рисунке 2.6. После окончания этого процесса, из зафиксированных значений высоты прессовки, определяется плотность порошкового тела на всех этапах (после разгрузки), затем строится зависимость плотности от давления прессования (кривая уплотнения).

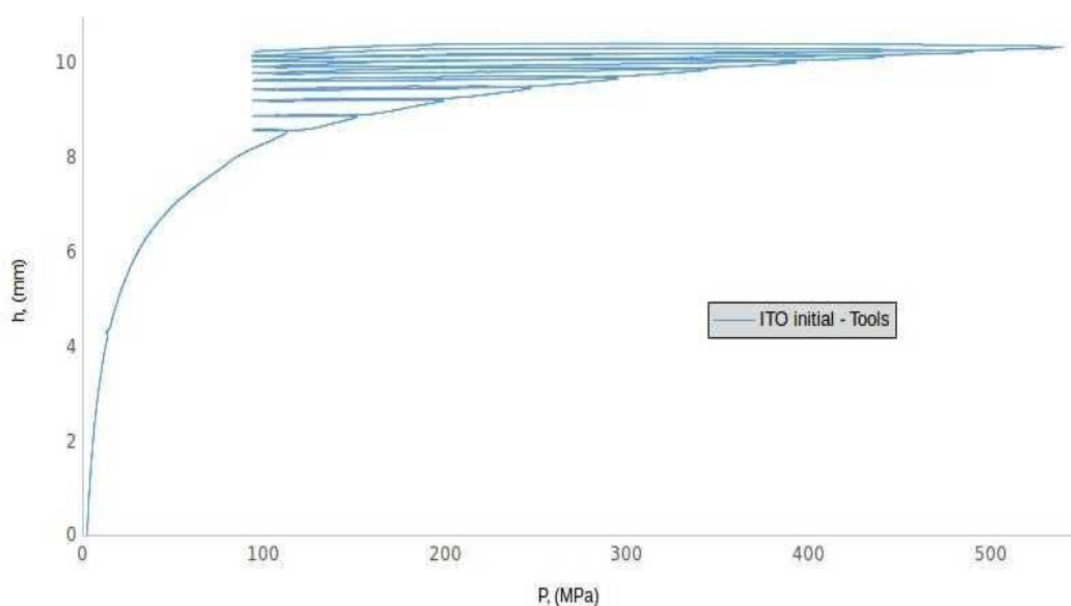


Рисунок 2.6 – Зависимость высоты прессовки от давления прессования

Второй метод заключается в построении зависимости плотности компактов, спрессованных при различных давлениях и извлеченных из пресс-формы, от давления прессования. Преимуществом метода является отсутствие необходимости учитывать упругое последствие пресс-формы и порошкового тела, но для построения кривой уплотнения требуется несколько образцов в отличие от первого метода. В данной работе использовали последний метод.

По критерию величины достоверности аппроксимации было выбрано уравнение, наиболее точно описывающее уплотнение порошков в процессе квазиизостатического прессования. Величины достоверности аппроксимации для уравнений прессования различных типов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Величины достоверности аппроксимации в процессе КИП.

Материал	Достоверность логарифмической аппроксимации	Достоверность степенной аппроксимации	Достоверность экспоненциальной аппроксимации
АМГ6(6090П)	0,9962	0,9956	0,9896
АМГ6(6050П)	0,9785	0,9809	0,989
Сu(6090П)	0,9999	0,9998	0,9976
Сu(6050П)	0,9951	0,9903	0,9925
Мо(6090П)	0,9662	0,9982	0,9806
Мо(6050П)	0,9951	0,9693	0,991
Среднее значение	0,9885	0,989017	0,99005

Исходя из полученных значений достоверности аппроксимации для различных видов уравнений, можно определить уравнение, способное более точно описать поведение того или иного порошка при уплотнении. Уравнения всех типов с высокой точностью описывают уплотнение всех порошковых материалов. Однако логарифмическое уравнение, в отличие от степенного и экспоненциального, имеет ясный физический смысл входящих в него коэффициентов, а интерпретация изменений этих коэффициентов не вызывает затруднений [20], поэтому для дальнейшего сопоставления характеристик прессуемости исследуемых порошков было принято решение использовать его.

Для описания уплотнения порошка в процессе прессования использовали безразмерное логарифмическое уравнение:

$$\rho = b \cdot \ln \left(\frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{кр}}} \right) + 1 \quad (2.3)$$

Коэффициент b характеризует интенсивность уплотнения порошкового тела (уплотняемость) под воздействием давления прессования. Критическое давление прессования $R_{\text{кр}}$ – условная величина, при которой порошкового тела достигает беспористого состояния.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Общая информация

Целью настоящей работы является производства изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования.

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.2.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки о покрытиях различного состава. Основные критерии сегментирования потребителей на рынке разработок покрытия различного состава:

- 1) географический
- 2) отрасль
- 3) размер компании потребителя

Представим характеристику выбранных компаний потребителей нашей разработки. Компания «General Electric» находится в США, отрасль промышленное производство, компания «Hangfa» находится в КНР, отрасль промышленное производство, Компания «Yingliu электромеханический» находится в КНР, отрасль промышленное производство. сегментировать рынок услуг по разработке для производства детали можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид производства детали авиатехники (лопатка турбины, винты и т.п.) (рис. 4.1).

		Производства детали авиатехники			
		Высокое качество	Надёжность	Долговечность	Приемленные цены
Размер компании	Крупные				
	Средине				
	Мелкие				

Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка машиностроения (детали авиатехники):



4.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Основной конкурирующей разработкой являются методом производства изделий сложной формы. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1.

Бф – производства изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования;

Бк1 – производства сложной формы из металлических порошков методом селективного лазерного спекания

Бк2 – изготовление изделий с помощью ЧПУ-станков

Таблица 4.1. Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности пользователей	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
2. Энергоэффективность	0,13	5	2	4	0,65	0,26	0,52
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	4	3	5	0,36	0,09	0,45
4. Помехоустойчивость	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
6. Простота эксплуатации	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,15
3. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
4. Наличие сертификации разработки	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
6. Срок выхода на рынок	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Итого	1	58	45	50	4,86	3,44	4,01

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (4.2.2.1)$$

Где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

$$K_{\phi} = \sum V_i \cdot B_i = 58 \cdot 4,86 = 281,88$$

$$K_1 = \sum V_i \cdot B_i = 45 \cdot 3,44 = 154,8$$

$$K_2 = \sum V_i \cdot B_i = 50 \cdot 4,01 = 200,5$$

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

4.2.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота технологии С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования С5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Нехватка рабочего персонала Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования Сл3. Отсутствие оборудования для проверки продукта в условиях эксплуатации
Возможности: В1. Сотрудничество с другими научными центрами В2. Финансирование зарубежных заказчиков В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	Угрозы: У2. Потеря заказчиков и партнеров У3. Появление новых конкурентов

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивная матрица проекта, описывающая связь сильных сторон проекта с возможностями представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» –

если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	-	+	+	-	0
	B2	-	-	-	-	0
	B3	0	-	-	-	0
	B4	-	-	-	+	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-
	У1	-	-	+	-	-
Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3		
Возможности проекта	B1	+	+	+		
	B2	+	+	-		
	B3	-	-	-		
	B4	-	-	-		
Угрозы проекта	У1	+	0	0		
	У1	-	-	-		

Третий этап. Составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 4.4).

Таблица 4.4. SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Простота технологии</p> <p>C2. Экологичность технологии.</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4. Наличие бюджетного финансирования</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях</p>
--	---	--

	С5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ	эксплуатации
Возможности В1. Сотрудничество с другими научными центрами В2. Финансирование зарубежных заказчиков В3. Появление дополнительного спроса на продукт	В2 и В3 будут способствовать С2 и С3. В4 станет возможно благодаря С4.	Сл1, Сл2 и Сл3 может быть ликвидировано за счет В1. Сл1 и Сл2 также может быть ликвидировано с помощью В2.
Угрозы У1. Потеря заказчиков и партнеров У2. Появление новых конкурентов	С3 обеспечивает высокую конкурентоспособность чтобы противостоять У2	Сл1 может привести к нарушению сроков заказа и У1

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относится:

- Отсутствие оборудования для более углубленного исследования
- Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях эксплуатации

Отрицательное влияние факторов возможно устранить с помощью внедрения ии уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Представим линейный график выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб	Наименование	Продолжительность, дней	Исполнители
1	Составление и утверждение технического задания	3.8	Научный руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	2.3	Инженер и дипломник
3	Выбор направления исследований	2.33	Все члены группы
4	Календарное планирование работ по теме	1.27	Инженер и дипломник
5	Разработка и изготовление эластичных оболочек для получения изделий простой геометрии	1.27	Инженер и дипломник
6	Прессование порошка при различном давлении в оболочках для получения изделий различной формы	16	Инженер и дипломник
7	Получение компактов заданной формы, оценка результатов компенсации искривления формообразующей поверхности внутренней полости оболочки	4.1	Инженер и дипломник
8	Анализ полученных данных, разработка и изготовление оболочек, учитывающих искривление формообразующей поверхности внутренней полости оболочки при КИП	8.2	Инженер и дипломник
9	Изготовление оболочек для изделий сложной геометрии, получение изделий	15.4	Инженер и дипломник
10	Написание ВКР, подготовка к защите	32.8	Дипломник

На основании составленной табличной модели построим график Ганта (таблица 4.6).

График Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работы.

Таблица 4.6 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб	Исполнители	T_{ki}	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Научный руководитель	4.6	■														
2	Инженер и дипломник	2.8		■													
3	Все члены группы	2.8			■												
4	Инженер и дипломник	1.5			■												
5	Инженер и дипломник	1.5				■											
6	Инженер и дипломник	19.3					■										
7	Инженер и дипломник	4.9								■							
8	Инженер и дипломник	9.9								■							
9	Инженер и дипломник	18.6									■						
10	Дипломник	39.5							■								

Примечание

	Научный руководитель		Все члены группы
	Инженер		Дипломник

По итогам планирования с помощью графика Ганта был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 105.4 дня.

4.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 4.7).

Таблица 7. Затраты на изготовление прототипов деталей сложной геометрии

Наименование	Кол-во/г	Цена, руб./г	Итого затраты, руб.
Порошок АМГ6	150	3.1	465
Порошок меди	150	5.6	840
Полиуретановый компаунд силагерм 6050 п	500	0.575	287.5
Полиуретановый компаунд силагерм 6090 п	500	0.65	325
Итого:			1917.5

В сумме материальные затраты составили 1917.5 рублей.

4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает в себя основную заработную плату $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату $Z_{доп}$:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (4.4.2.1)$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от $Z_{осн}$.

Основная заработная плата работника:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.4.2.2)$$

Где: T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб. дн.;

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.4.2.3)$$

Где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дней $M=11$ месяцев, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней $M=10$ месяцев, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.4.2.4)$$

Где: $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

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

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.4.2.5)$$

Где: $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 33664 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 65644,8 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{65644,8 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 3282,24 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 3282,24 \cdot 6,13 = 20120,13 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 20120,13 = 2716,22 \text{руб.}$$

Расчет заработной платы инженер (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1657,5 \cdot 51 = 84532,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 84532,5 = 11411,89 \text{руб.}$$

Расчет заработной платы студента (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1657,5 \cdot 84 = 139230 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 139230 = 18796,05 \text{руб.}$$

Таблица 4.8. Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$k_{\text{д}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб.	Итого, руб.
руководитель	33664				65644,8	3282,24	6,13	20120,13		2716,22	22836,35
инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1657,5	51	84532,5	0,135	11411,89	95944,39
студент	17000				33150	1657,5	84	139230		18796,05	158026,05

4.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \times (20120,13 + 2716,22) = 6850,9 \text{руб}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \times (84532,5 + 11411,89) = 28783,32 \text{руб}$$

– для студента:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \times (139230 + 18796,05) = 47407,82 \text{руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30%.

4.4.4. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.4.4.1)$$

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

$$Z_{\text{нак}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 \quad (4.4.4.2)$$

$$Z_{\text{нак}} = (1917,5 + 276806,79 + 83042,04) \cdot 0,16 = 57882,62 \text{руб.}$$

4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета на проект приведено в таблице 4.9.

Таблица 4.9. Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	1917,5	0,46
2. Затраты по основной зарплате	243882,63	58,12
3. Затраты по дополнительной зарплате	32924,16	7,85
4. Отчисления во внебюджетные фонды	83042,04	19,79
5. Накладные расходы	57882,62	13,79
Бюджет затрат на проектирование	419649	100,00

Бюджет всех затрат проекта равен 419649 рублей. Наибольший процент бюджета составляют затраты по основной зарплате (58.12 %).

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

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.5.1)$$

Где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.10. Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,2	4
4. Энергоэкономичность	0,1	4
5. Материалоемкость	0,2	5
Итого	1	4,5

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,5$$

4.6 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 105.4 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 419649 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале $I_p = 4,5$, что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Научно-исследовательская работа была выполнена в Научно-образовательном инновационном центре «Наноматериалы и нанотехнологии», кафедра НМНТ, ТПУ. Рабочее место, где была выполнена основная работа, находится в 018 аудитории 10 корпуса ТПУ.

Данная диссертация посвящена получению изделия сложной формы из порошков на основе АМГ6 и порошков меди методом квазиизостатического прессования. Метод заключается в загрузке порошка в эластичную оболочку, которая помещается в жесткую пресс-форму. Пресс-форма помещается под пресс, уплотнение порошка происходит за счет сжатия эластичной оболочки, передающей давление от пуансона порошковому телу. Эластичная оболочка, подобно жидкости, равномерно распределяет давление и сжимает порошок с одинаковой силой со всех сторон, что обеспечивает равномерное распределение плотности по объему компакта. Равномерное распределение плотности по объему компакта способствует равномерной усадке при спекании, что позволяет получать керамические изделия с высокой равномерностью распределения плотности по объему. Использование для передачи давления эластичного тела позволяет изготавливать детали сложной формы. Технологию можно использовать для изготовления прототипов деталей сложной геометрии: детали авиатехники (лопатка турбины, и т.п.)

Используемое в работе оборудование и материалы, при несоблюдении техники безопасности, несут потенциальную опасность для здоровья работника, кроме того, на рабочем месте возможны различные чрезвычайные ситуации, например пожар, поэтому обнаружение вредных и опасных факторов и минимизация их воздействия на работника является важной задачей.

Данный раздел настоящей диссертации посвящен выявлению вредных и опасных факторов и поиску способов предотвращения их влияния на

работника в процессе производства изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и руководитель в соответствии с Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 [21] обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Исследование подразумевает взаимодействие с химически опасными веществами, такие условия труда относятся к вредным условиям. Регулирование рабочих процессов, выплат и предоставления дополнительных льгот работникам, занятым на вредных производствах, осуществляется статьями 219, 92, 117, 147 ТК РФ [22]. В частности, в соответствии с требованиями, изложенными в ст.147 ТК РФ, в 2017 году сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях.

Правом работодателя является увеличение оговоренного в законе процента доплаты с учетом тяжести и вредности условий, в которых сотрудник выполняет свои трудовые функции. Конкретизация размеров подобных надбавок подлежит закреплению в специальных документах, подобных:

- индивидуальным трудовым договорам;
- коллективным договорам;
- локальным нормативным актам.

Кроме денежных выплат, специалисты, выполняющие трудовые функции под воздействием вредных факторов, вправе требовать:

- сокращения рабочей недели до 36 часов;
- предоставления ежегодного дополнительного отпуска на срок от 7 дней.

Компоновка рабочего места. Характер основной работы при выполнении ВКР предполагал оборудование рабочего места для проведения работ стоя. Согласно ГОСТ 12.2.033-78 [23] рабочее место для выполнения работ стоя организуется в случае, когда выполняемая физическая работа является средней тяжести или тяжелой, а также в случае превышения величины рабочей зоны для сидячего рабочего места. Конструкция и взаимное расположение элементов на рабочем месте должны соответствовать характеру выполняемой работы, физиологическим и психологическим требованиям, а также обеспечивать удобство при работе (соответствовать антропометрии работника).

В ГОСТ 12.2.033-78 [23] установлены следующие требования для рабочего места стоя:

- рабочее место должно обеспечивать выполнение всех операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;
- при проектировании рабочего места следует учитывать антропометрические показатели работников в зависимости от их пола или устанавливать средние показатели при работе на этом месте персонала обоих полов;
- организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или его наклон вперед не более чем на 15° ;
- конструкция рабочего места должно обеспечивать оптимальное положение рабочего относительно рабочей поверхности, за счет регулируемой высоты рабочей поверхности или подставок для ног.

Так же ГОСТ 12.2.033-78 [23] установлены требования к расположению на рабочем месте органов управления и средств отображения информации для более продуктивного выполнения операций, снижения травмопасности и комфортной работы.

Оборудование, используемое на рабочем месте, должно быть максимально эргономичным.

5.3 Производственная безопасность

Работа в данной лаборатории и оборудованием на ее базе связана с некоторыми вредными и опасными производственными факторами, подробное описание которых представлено далее. Вредные и опасные производственные факторы были определены из ГОСТ 12.0.003-2015 [24] (Опасные и вредные производственные факторы. Классификация).

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.	+	+	-	СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4 [25]
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	-	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26]
3. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны.	-	+	-	ГОСТ 12.1.005-88 [27]
4. Механические опасности	-	+	-	ГОСТ ISO 12100-2013 [28]
5. Термические опасности	-	-	-	-
6. Электробезопасность	+	+	-	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [29] ГОСТ 12.2.007.0-75 [30]
7. Пожаробезопасность	+	+	-	Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [31]

5.4 Анализ вредных производственных факторов

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Микроклимат характеризуется тремя основными параметрами, а именно, температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздушных масс. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.2.4.548-96 [25].

Некоторые производственные процессы не позволяют поддерживать оптимальные показатели микроклимата, что может существенно снизить

производительность рабочего персонала, повысить утомляемость и заболеваемость.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [25] работа при проведении исследований относится к категории Па, так как иногда приходится переносить предметы массой свыше 10 кг. Из этого следует, что в холодный период года оптимальные значения показателей микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 19-21°C, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с. Для теплого периода года данные показатели составляют: температура воздуха 20-22 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории обеспечиваются за счет системы отопления, кондиционера и вентиляции.

Основным фактором, приводящим к отклонению показателей микроклимата от нормы, является оборудование с высоким тепловыделением (блоки питания микроскопов, установка для электроимпульсного спекания).

Превышение допустимой температуры воздуха рабочей зоны может быть вызвана неисправностью кондиционеров или долгой работой установки для электроимпульсного спекания на высокой мощности, особенно высокая вероятность отклонения показателей микроклимата присутствует в жаркие дни.

Недостаточная освещенность. Лаборатория расположена на цокольном этаже, поэтому необходимая освещенность достигается за счет искусственного освещения люминесцентными лампами.

Плохие условия освещенности (низкая освещенность, недостаточная равномерность, помехи, отвлекающие внимание, дискомфортная блескость) приводят к снижению зрительной работоспособности, усталости центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания недостаточно четких или сомнительных сигналов, мышечной усталостью из-за неудобного положения, принимаемого в

попытке разглядеть тот или иной объект. Локальные мышечные напряжения (в частности, шейных мышц) могут возникать также во время работы, при которой необходимо пользоваться микроскопом.

По нормам освещения и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется освещенность 300 - 500 лк, коэффициент пульсации 15-20%.

При недостаточной освещенности рабочего места необходимо увеличить число осветительных приборов либо использовать более яркие лампы.

Отсутствие или недостаток естественного освещения. Недостаток естественного света вызван расположением лаборатории на цокольном этаже. Отсутствие или недостаток естественного света приводит к дефициту ультрафиолетового облучения, следствием чего является нарушение обмена веществ и снижение резистентности организма [26].

При комбинированном освещении для офисных помещений в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26] установлено значение КЕО равное 0,6.

Для уменьшения негативного воздействия на организм недостатка естественного света необходимо периодически (во время перерывов) покидать рабочее место и выходить в части здания, куда проникает естественный свет, или на улицу.

Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны. Химически опасным производственным фактором является порошок АМГ6 и порошок меди. Металлический порошок АМГ6 и порошок меди в биосредах, в опыте не дают острого токсического эффекта, их аэрозоли при длительном воздействии оказывают слабо выраженное фиброгенное действие. Кроме токсического действия микродисперсные порошки способны оказывать раздражающий эффект на органы дыхания.

Порошок АМГ6 относится к веществам 3-го класса опасности ГОСТ ГОСТ 12.1.005-88. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений (ПДК) 2 мг/м³. Порошок меди

относится к 2-му классу опасности, его ПДК равен $1/0,5$ мг/м³. Порошок молибден относится к 3-му классу опасности, его ПДК равен $3/0,5$ мг/м³ [27]

Для обеспечения безопасности персонала на производствах по получению ультрадисперсных порошков и пудр, а также в местах исследования таких порошков, для создания чистого помещения осуществляются технический контроль, очистка воздуха и воды, а персонал пользуется средствами индивидуальной защиты (респираторы, халаты, перчатки) согласно ГОСТ 12.4.132-83 [32], ГОСТ 12.4.299-2015 [33].

Для изготовления эластичных оболочек в работе использовали полиуретан, получаемый смешиванием двух жидких компонентов (основы и отвердителя), которые затвердевают после полимеризации. Испарения компонентов не несут серьезной опасности для человека, однако при попадании на кожу способны вызвать раздражение, поэтому при работе с ними следует пользоваться перчатками и халатом для защиты открытых участков кожи согласно [33].

5.5 Анализ опасных производственных факторов

Механические опасности. Основным источником механической опасности в рабочей зоне является гидравлический пресс IP-500M авто. Пресс, способный создавать высокую нагрузку, является опасным фактором производства. Подвижные части пресса и осколки сломавшейся под давлением прессовой оснастки способны нанести серьезный урон здоровью человека: царапины, ушибы, переломы костей.

Согласно ГОСТ ISO 12100-2013 [28] машины и механизмы имеющие подвижные части, способные нанести вред здоровью человека, должны быть оснащены защитными или предохранительными устройствами. В нашем случае пресс оснащен подвижным защитным кожухом, но данная защитная мера ограничивает видимость процесса прессования. В случае, когда наблюдение за процессом прессования необходимо, должны использоваться индивидуальные средства защиты лица и глаз, соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.253-2013 [34].

Безопасные расстояния для предохранения верхних конечностей от попадания в опасную зону указаны в ГОСТ ISO 12100-2013 [28]. Для используемого в работе пресса, в данном нормативном акте установлено расстояние равное 1,4 м при высоте защитного ограждения 1 м.

Кроме того, для предотвращения вышеперечисленных опасностей, связанных с использованием пресса, необходимо соблюдать правила безопасности при работе с пресс-формами:

- до установки пресс-формы в пресс, необходимо убедиться, что плоскости верхней и нижней плит пресса параллельны друг другу;
- устанавливая пресс-форму в пресс так, чтобы плоскость пуансона и плиты пресса были параллельны друг другу;
- величина давления не должна превышать предел прочности используемой пресс-формы;
- не рекомендуется использовать слишком высокую скорость нагрузки или резко снижать давление на пресс-форму;
- не следует помещать конечности, волосы, части одежды между подвижными элементами пресс-формы или пресс-формой и плитой пресса;
- пресс-форма довольно тяжелая и имеет острые грани, поэтому все операции с ней нужно проводить аккуратно.

Электробезопасность. В ходе выполнения работы были использованы следующие электроприборы: гидравлический пресс, высокотемпературная муфельная печь, электронный микрометр, электронные весы, персональный компьютер, сканирующий электронный микроскоп, рентгенофазовый анализатор. Все это приборы при неправильной эксплуатации или обслуживании несут опасность поражения электрическим током.

Наиболее вероятной причиной электротравм является прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека имеет разносторонний характер. Ток, проходящий через тело человека способен оказывать электролитическое, термическое и биологическое действие. Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывая тем самым значительные нарушения их физико-химических составов. Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства. Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биоэлектрических процессов, свойственных живой материи, с которыми связана ее жизнеспособность [34].

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [29] на производстве для обеспечения электробезопасности должны быть приняты следующие защитные меры:

- защитные оболочки;
- защитные барьеры;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение
- защитное отключение.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [29] электроприборы должны быть заземлены или занулены.

При работе с электроприборами должны соблюдаться «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 [30]. Все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, должны проходить инструктаж на рабочем месте, к самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие проверку на знание техники безопасности.

Пожаровзрывобезопасность. Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, так как в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Согласно приложению №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [35] в целях обеспечения пожарной безопасности в лаборатории запрещено:

- курить;
- пользоваться неисправными электронагревательными приборами;
- использовать временную электропроводку, удлинители, переноски для питания приборов;
- перегружать электрическую сеть;
- скручивать, завязывать электрические провода;
- хранить пожароопасные материалы ЛЖВ;
- оставлять выключенным свет, компьютеры и другие электроприборы.

Особое внимание необходимо уделять технике безопасности при работе с печью. Перед спеканием образца из того или иного материала необходимо узнать его химический состав, температуру плавления или температуру возгорания, чтобы избежать расплавления или воспламенения образца. Это может привести к поломке печи и возникновению пожара.

Кроме того, перед спеканием необходимо изучить фазовые диаграммы контактирующих в процессе спекания веществ (подложки и образца, образцов из различных материалов), чтобы выявить наличие или отсутствие низкотемпературных эвтектик, которые говорят о возможности взаимодействия различных веществ при температуре ниже, чем температура плавления каждого из веществ в отдельности. Пренебрежение анализом диаграмм состояния веществ, находящихся в зоне спекания, может привести к уничтожению не только образца и кюветы, но и повреждению футеровки печи, что может привести к короткому замыканию и пожару.

При извлечении из печи еще не остывшего образца не стоит помещать его на легковоспламеняющийся материал или оставлять в непосредственной близости от легковоспламеняющихся реактивов.

Кроме того, каждый работник должен знать порядок эвакуации и расположение первичных средств пожаротушения.

5.6 Экологическая безопасность

Основным материалом, используемым в работе, является порошок АМГ6 порошок меди и порошок молибден. В природе алюминий, в связи с высокой химической активностью, встречается почти исключительно в виде соединений. Медь встречается в природе как в соединениях, так и в самородном виде. Металлический алюминий и его нерастворимые соединения, в том числе оксид, биоинертны и не оказывают токсического воздействия на флору и фауну. Некоторые соединения меди могут быть токсичны при превышении ПДК в пище и воде. Содержание меди в питьевой воде не должно превышать 1 мг/л СанПиН 2.1.4.1074-01[35].

При высоких концентрациях в воздухе порошок АМГ6, порошок меди и порошок молибден способен вызывать раздражение слизистой оболочки органов дыхания животных и человека. При концентрациях, используемых в работе, порошок АМГ6, порошок меди и порошок молибден не способен нанести вреда окружающей среде.

Кроме того, метод квазиизостатического прессования предполагает минимум отходов при производстве изделия сложной формы, ввиду минимизации дополнительной обработки, так как изделия уже после спекания имеют геометрические параметры максимально приближенные к требуемым.

5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Здание 10 корпуса, где находится лаборатория, ТПУ расположено вдали от воды, химических предприятий, атомных электростанций в сейсмически не активном районе. Поэтому такие чрезвычайные ситуации, как затопления, цунами, землетрясения, химические и радиоактивные

выбросы маловероятны. Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Причиной пожара может быть короткое замыкание, возгорание легко воспламеняющихся веществ, неосторожное обращение с огнем. Все помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 [36] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [37].

Для предотвращения и ликвидации пожара здание оборудовано пожарной сигнализацией, пожарными кранами и шлангами, пожарными щитами, огнетушителями, во всех помещениях имеется план эвакуации, в коридорах указатели движения к эвакуационному выходу. На рисунке 5.1 представлен план эвакуации из лаборатории (021 аудитория) и соседних помещений.

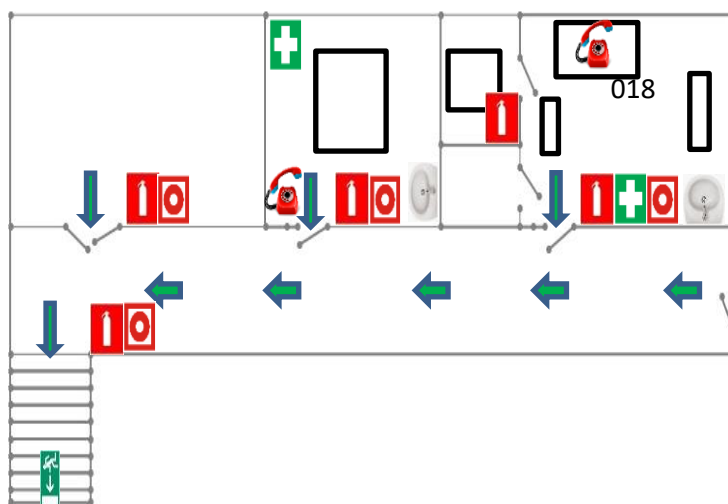


Рисунок 5.1 - План эвакуации

В лаборатории (018 аудитория) находится 2 огнетушителя ОУ-5, в соседней (021) аудитории и помещении склада так же расположено по одному огнетушителю ОУ-5.

При срабатывании пожарной сигнализации или явных признаках пожара необходимо руководствоваться следующими указаниями.

1. При выходе из помещения, убедиться, что за дверью нет пожара, приложив руку к двери или к металлической ручке, если они горячие, то ни в

кчем случае не открывайте дверь. Если основной выход заблокирован пожаром, постарайтесь покинуть помещение через окна. Если нет возможности выйти через окна необходимо плотно заткнуть все щели вокруг двери влажными тряпками, укрыться смоченными водой покрывалами или намочить одежду, при наличии большого количества воды постоянно поливать дверь. Постарайтесь по средствам связи сообщить о своем местоположении. При задымлении необходимо лечь на пол и дышать сквозь намоченную ткань, дожидаясь спасения.

2. Когда есть возможность покинуть помещение, необходимо организовано двигаться к аварийному выходу, согласно плану эвакуации (рисунок 1), избегая при этом огня и сильного задымления. При наличии дыма, двигайтесь на четвереньках, прикрывая дыхательные пути влажной тканью. Плотно закрывайте за собой двери, чтобы замедлить распространение пожара. При невозможности пройти к эвакуационному выходу, используйте для выхода окна или лазы на крышу, привлекайте к себе внимание, чтобы вас заметили и спасли. При выходе из помещения сразу сообщите об этом ответственным лицам.

3. Если очаг возгорания возник непосредственно на вашем рабочем месте, первым делом вызовете пожарную службу и самостоятельно начните тушение огня с помощью имеющихся в помещении противопожарных средств. При возгорании электроприбора, перед тушением, необходимо его обесточить и накрыть покрывалом, ограничив доступ к огню кислорода. При отсутствии покрывала тушите с помощью огнетушителя или водой, однако это может повредить не вышедшие из строя в результате пожара элементы прибора.

5.8 Выводы по разделу

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены негативные факторы, влияющие на работника в процессе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, а также меры по снижению их вредного/опасного действия к минимуму. Кроме того, были рассмотрены

правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника, экологические аспекты работы, а также возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте и порядок действий в случае их возникновения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были изготовлены компакты из металлических порошков АМГ6, Cu и Mo методом КИП, проведена оценка влияния параметров эластичной оболочки и режимов прессования на деформацию порошков в процессе КИП. Так же при выполнении работы были рассмотрены финансовый и социальный аспекты исследования.

По итогам работы были сделаны следующие выводы:

1. Порошки АМГ6 и Mo при КИП демонстрируют снижение коэффициента ν по сравнению с ОП, уплотняемость меди существенно не меняется при изменении метода компактирования и жесткости оболочки. Уменьшение жесткости оболочки в случае Mo и АМГ6 приводит к снижению коэффициента ν на 40%.

2. Снижение $R_{кр}$ при КИП по сравнению с ОП наблюдается только для меди, в случае других порошков $R_{кр}$ увеличивается, при чем с уменьшением твердости оболочки наблюдается значительный прирост этого параметра, в четыре раза для АМГ6 и молибдена.

3. С увеличением жесткости эластичной оболочки, равномерность обжатия уменьшается для всех исследуемых материалов. Влияние давления прессования на равномерность обжатия порошкового тела в процессе КИП оказалось незначительным.

4. Изменение объема внутренней полости эластичной оболочки не оказывает существенного влияния на плотность компактов после КИП.

5. Было показано, что для разработки технологии производства изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования затраты на реализацию проекта составляют 419649 руб. По сравнению с другими решениями значения показателей ресурсоэффективности выше по сравнению с аналогами.

6. Главным направлением обеспечения экологической безопасности при работе является жесткий контроль предельно допустимая концентрация порошков и порядок действий в случае пожара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛЕТЕРАТУРЫ

1. HU Baoquan, BAI Peikang, CHENG Jun Fabrication of Alloy Parts by Selective Laser Sintering Molybdenum Matrix Composite Powders RESEARCH STUDIES ON FOUNDRY EQUIPMENT 004—6178 (2008) 05—0017-04 oct.2008 No.5
2. Huang Baiyun Yi Jianhong CURRENT DEVELOPMENT OF MODERN POWDER METALLURGY MATERIALS AND TECHNOLOGIES (I) SHANGHAI METALS Vol 29,No.3 May 2007 10.3969/j.issn.1001-7208.2007.03.001
3. M. Kleiner, M. Geiger, A. Klaus, Manufacturing of Lightweight Components by Metal Forming, CIRP Annals, Volume 52, Issue 2, 2003, Pages 521-542, ISSN 0007-8506, [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60202-9](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60202-9).
4. Nie Junhui, Fan Jianzhong, Wei Shaohua, Liu Yanqiang Development and application of powder metallurgy particle-reinforced aluminum matrix composite materials for aviation [J], Aviation manufacturing technology 2017(16).
5. Zhanshan Ma, Qiang Li, Jinfu Wei, Chunyong Liang, Tai Yang, Ge Wang, Chaoqun Xia, Effects of Al-based alloy powders on the mechanical behavior, corrosion resistance and infrared emissivity of polyurethane composite coatings, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 624, 2021, 126782, ISSN 0927-7757.
6. MCDANELS D L, SERAFINI T T, DICARLO J A. Polymer, metal, and ceramic matrix composites for advanced aircraft engine applications[J]. Journal of Materials for Energy Systems, 1986, 8(1):80-91
7. SHAKESHEFF A J, PURDUE G. Designing metal matrix composites to meet their target: particulate reinforced aluminium alloys for missile applications[J]. Materials Science and Technology, 1998, 14:851-856.
8. KOLI D K, A G N I H O T R I G, PUROHIT R. Advanced aluminium matrix composites: the critical need of automotive and aerospace engineering fields[J]. Materials Today: Proceedings, 2015, 2(4/5):3032-3041.

9. ADEBISI A A, MALEQUE M A, RAHMAN M M. Metal matrix composite brake rotor: historical development and product life cycle analysis[J]. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 2011, 4:471-480.
10. YASHPAL K, S U M A N K A N T, JAWALKAR C S, et al. Fabrication of aluminium metal matrix composites with particulate reinforcement: a review[J]. Materials Today: Proceedings, 2017, 4(2):2927-2936.
11. S. Sivasankaran, K.R. Ramkumar, Hany R. Ammar, Fahad A. Al-Mufadi, Abdulaziz S. Alaboodi, Osama Mohamed Irfan, Microstructural evolutions and enhanced mechanical performance of novel Al-Zn die-casting alloys processed by squeezing and hot extrusion, Journal of Materials Processing Technology, Volume 292, 2021, 117063, ISSN 0924-0136.
12. Peng Chen, Haosong Cai, Zhaoqing Li, Maoyuan Li, Hongzhi Wu, Jin Su, Shifeng Wen, Yan Zhou, Jie Liu, Congjun Wang, Chunze Yan, Yusheng Shi, Crystallization kinetics of polyetheretherketone during high temperature-selective laser sintering, Additive Manufacturing, Volume 36, 2020, 101615, ISSN 2214-8604.
13. Игисенов Б.К., Касутин В.Е., Креймер А.В., Выблов К.В. Селективное лазерное спекание металлов в аддитивных технологиях // Вестник современных исследований. 2018. № 4-2 (19). С. 235-239.
14. Yidi Li, Biaobiao Yang, Ping Zhang, Yan Nie, Xiaobo Yuan, Qian Lei, Yunping Li, Cu-Cr-Mg alloy with both high strength and high electrical conductivity manufactured by powder metallurgy process, Materials Today Communications, Volume 27, 2021, 102266, ISSN 2352-4928.
15. Nobuhiro Maki, Hideaki Iwaoka, Shoichi Hirose, Development of thermally stable powder metallurgy Al-Mn alloy extrusions and prediction of their terminal strength after prolonged service periods at high temperatures, Materials Science and Engineering: A, Volume 793, 2020, 139813, ISSN 0921-5093.
16. О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, З.Г. Бикбаева, Методы компактирования и

- консолидации наноструктурных материалов и изделий / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 212 с.
17. Liu Deli The quasi-isostatic pressing method of ceramic products // Shandong Ceramics 2003 №26(004) С. 24-28 ISSN: 1005-0639
 18. Кузнецов П.А., Нгуен Т.Т., Демчук Ф.А. Методика выбора рационального технологического варианта электростатического прессования композиционных слоистых втулок из порошковых материалов // Металлообработка. 2009. № 6 (54). С. 25-27.
 19. Нгуен Т.Т. Технология радиального прессования биметаллических трубчатых изделий: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. СПб, 2010. 16 с.
 20. Кульбакин Д.Е., Чойнзонов Е.Л., Кульков С.Н., Буякова С.П., Чернов В.И., Мухамедов М.Р., Буяков А.С. Методика реконструкции челюстно-лицевой области с использованием индивидуальных имплантатов из биоактивной керамики // Опухоли головы и шеи. 2017. Том 7. № 4. С. 29-34.
 21. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций".
 22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
 23. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 26.04.1978 N 1100).
 24. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 N 602-ст).
 25. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы (утв. Постановлением

- Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21).
26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 2.2.1/2.1.1. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.04.2003).
 27. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
 28. ГОСТ ISO 12100-2013. Межгосударственный стандарт. Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска (введен в действие Приказом Росстандарта от 13.03.2014 N 137-ст).
 29. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 10.12.2009 N 681-ст).
 30. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 10.09.1975 N 2368) (ред. от 01.06.1988).
 31. Инструкция о мерах пожарной безопасности (Приложение №2 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013).
 32. ГОСТ 12.4.132-83. Государственный стандарт Союза ССР. Халаты мужские. Технические условия (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 10.10.1983 N 4894) (ред. от 01.03.1989).
 33. ГОСТ 12.4.299-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию (введен в действие Приказом Росстандарта от 24.06.2015 N 792-ст).
 34. ГОСТ 12.4.253-2013 (EN 166:2002). Межгосударственный стандарт.

Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования (введен в действие Приказом Росстандарта от 30.12.2013 N 2428-ст)

35. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.
36. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 14.06.1991 N 875) (ред. от 01.10.1993)
37. ГОСТ 12.4.009-83. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 10.10.1983 N 4882) (ред. от 01.06.1989).