

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 27.09.2023 15:46:45  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения



/Е.В. Сафонов /  
2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов»**

Направление подготовки  
**27.03.05 «Иноватика»**

Профиль  
**«Аддитивные технологии»**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Москва 2020



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения



/Е.В. Сафонов /

« \_\_\_\_\_ » 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых  
материалов»**

Направление подготовки  
**27.03.05 «Инноватика»**

Профиль  
**«Аддитивные технологии»**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Москва 2020



### 1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» следует отнести:

- подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;
- изучение природы и свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» следует отнести:

- изучение основных понятий, терминов и определений в области материаловедения;
- изучение состава, структуры и свойств современных металлических и неметаллических материалов;
- освоение основ производства порошковых материалов;
- изучение физической сущности явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации;
- изучение физической сущности явлений, происходящих в порошковых материалах в условиях аддитивного производства деталей;
- требования к порошковым материалам для аддитивного производства
- освоение основных связей между строением материалов и их свойствами;
- изучение области применения различных современных материалов

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» относится к числу учебных дисциплин базовой части (Блок 1.1) основной образовательной программы бакалавриата.

«Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В базовой части (Б1.1):*

- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов;
- Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве;
- Реология и механика полимерных материалов.

*В вариативной части (Б1.2):*

- Основы технологии ОМД для изготовления изделий из металлов, композиционных и порошковых материалов;
- Теория и технология аддитивного производства изделий из порошковых материалов.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
-----------------	---	---

ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять современные методы исследования свойств материалов в практике</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками экспериментальных исследований материалов</li> </ul>
-------	---	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, т.е. 72 академических часа (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» изучаются на втором курсе.

**Второй семестр:** лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 9 часов, семинары – 9 часов форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» по срокам и видам работы отражены в Приложении 3.

#### Содержание разделов дисциплины.

##### *Вводная часть*

Значение и задачи курса. Роль материалов в современной технике. Критерии оценки и выбора материалов. Работы отечественных и современных ученых в области материалов для аддитивного производства.

#### Основные термины и определения

Понятия о «металлическом порошке», «прессуемости и формуемости металлического порошка», «спекании металлического порошка», «конструкционном порошковом материале», «композиционном порошковом материале» (ГОСТ 17359-82).

#### *Свойства металлических порошков и методы их получения*

##### *Свойства порошков и методы их определения.*

Химические, физические и технологические свойства порошков. Форма, размер частиц и методы их определения. Методы анализа дисперсности порошка. Удельная поверхность, пикнометрическая плотность и микротвердость частиц.

ГОСТы и ТУ на металлические порошки. Техника безопасности при работе с порошками.

##### *Измельчение твердых материалов.*

Методы измельчения твердых материалов: обработка резанием, размол в шаровых вращающихся мельницах, ультразвуковое диспергирование, размол в вихревых и струйных мельницах, размол в молотковых мельницах, измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках, измельчение ультразвуком.

##### *Диспергирование металлических расплавов.*

Виды диспергирования расплавов: центробежное и ультразвуковое распыление. Технология распыления порошков различных металлов.

##### *Восстановление химических соединений.*

Классификация методов восстановления железа: физико-химические, механические. Термодинамика и кинетика процессов восстановления. Восстановители, их свойства и методы получения.

*Производство порошков электролизом.*

Физико-химические основы выделения порошков металлов. Технология получения порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов. Технология получения порошков тантала, титана и других металлов электролизом расплавов.

*Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами.*

Физико-химические основы карбонильного метода. Технология карбонильных порошков железа и никеля. Межкристаллитная коррозия, возгонка и конденсация, термодиффузионное насыщение и другие методы получения порошков различных металлов и сплавов.

Специфические требования к порошкам для аддитивных технологий

Механическое легирование как один из вариантов специальной подготовки порошков для аддитивных технологий

Структурные и фазовые превращения при механическом легировании порошков

### *Варианты спекания металлических порошков*

Общая классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание. Механизмы спекания. Практика спекания.

### *Особенности структурных и фазовых превращений при формообразовании изделий в процессе применения аддитивных технологий*

Варианты нагрева подаваемого порошка, скорость сканирования при нагреве.

Однородность микроструктуры и скорость сканирования.

Термообработка изделий, полученных с использованием методов аддитивных технологий.

## **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов лабораторных работ;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в устной форме;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Материаловедение в аддитивном производстве» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50 % от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводятся по следующим критериям;

- защита лабораторных работ.

**6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

**6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

**ОПК-7- способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности**

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<b>знать:</b> современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве, свободно оперирует приобретенными знаниями.



		затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
<b>уметь:</b> применять современные методы исследования свойств материалов в практике	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять современные методы исследования свойств материалов в практике.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять современные методы исследования свойств материалов в практике. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять современные методы исследования свойств материалов в практике. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять современные методы исследования свойств материалов в практике. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> практически всеми навыками экспериментальных исследований материалов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет практическими навыками экспериментальных исследований материалов.	Обучающийся владеет практическими навыками экспериментальных исследований материалов в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные	Обучающийся частично владеет практическими навыками экспериментальных исследований материалов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет практическими навыками экспериментальных исследований материалов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

		затруднения при применении навыков в новых ситуациях.		
--	--	---	--	--

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Материаловедение и термическая обработка»: выполнили и защитили лабораторные работы, написали контрольную работу на положительную оценку.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении В к рабочей программе.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 27.03.05 ИННОВАТИКА

ОП (профиль): «Аддитивные технологии»

Форма обучения: очная

Виды профессиональной деятельности: производственно-технологическая, экспериментально-исследовательская, проектно-конструкторская

**Кафедра: «Материаловедение»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

**Билеты к экзамену**

**Перечень лабораторных работ**

**Составители:**

**ст. преподаватель Тер-Ваганянц Ю.С.**

Москва, 2020 год

Таблица 1

**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства **	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ИН-ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-7	<i>Способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности</i>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные методы исследования свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять современные методы исследования свойств материалов в практике</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками экспериментальных исследований материалов</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, лабораторные занятия, семинарские занятия	Э ЛР	<p><b>Базовый уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен применять современные методы исследования в стандартных учебных ситуациях</li> </ul> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен применять современные методы исследования на практике</li> </ul>

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

\*\*Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

*Перечень оценочных средств по дисциплине «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов»*

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Лабораторные работы (ЛР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов	Перечень лабораторных работ и их оснащение
2	Устный опрос (Э -экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект экзаменационных билетов

### 1. Экзаменационные билеты

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине "Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов "

2. В билет включено три задания:

Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний;

Задание 2. Задача для проверки умения применять теоретические знания;

Задание 3. Проверка навыков. Практическое выполнение задания .

3. Комплект экзаменационных билетов включает 30 билетов (прилагаются).

4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - до 40 мин  
- Способ контроля: устные ответы.

5. Шкала оценивания:

**"Отлично"**- если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения.

**"Хорошо"**- если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

**"Удовлетворительно"** - если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

**"Неудовлетворительно"** - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьезные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

## Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет Машиностроения, кафедра «Материаловедение»  
Дисциплина «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов»  
Образовательная программа 27.03.05 «Инноватика»

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Понятия о «металлическом порошке», «прессуемости и формуемости металлического порошка».
2. Понятие о «спекании металлического порошка», «конструкционном порошковом материале», «композиционном порошковом материале».
3. Свойства порошков и методы их определения.

#### Перечень экзаменационных вопросов

1. Понятия о «металлическом порошке», «прессуемости и формуемости металлического порошка». (ОПК-7)
2. Понятие о «спекании металлического порошка», «конструкционном порошковом материале», «композиционном порошковом материале». (ОПК-7)
3. Свойства порошков и методы их определения. (ОПК-7)
4. Химические, физические и технологические свойства порошков. (ОПК-7)
5. Форма, размер частиц и методы их определения. (ОПК-7)
6. Методы анализа дисперсности порошка. (ОПК-7)
7. Удельная поверхность, пикнометрическая плотность и микротвердость частиц. (ОПК-7)
8. ГОСТы и ТУ на металлические порошки. (ОПК-7)
9. Техника безопасности при работе с порошками. (ОПК-7)
10. Методы измельчения твердых материалов: обработка резанием. (ОПК-7)
11. Методы измельчения твердых материалов: размол в шаровых вращающихся мельницах. (ОПК-7)
12. Методы измельчения твердых материалов: ультразвуковое диспергирование. (ОПК-7)
13. Методы измельчения твердых материалов: размол в вихревых и струйных мельницах. (ОПК-7)
14. Методы измельчения твердых материалов: размол в молотковых мельницах. (ОПК-7)
15. Методы измельчения твердых материалов: измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках. (ОПК-7)
16. Методы измельчения твердых материалов: измельчение ультразвуком. (ОПК-7)
17. Виды диспергирования расплавов: центробежное и ультразвуковое распыление. (ОПК-7)
18. Технология распыления порошков различных металлов. (ОПК-7)
19. Классификация методов восстановления железа: физико-химические, механические. (ОПК-7)

20. Термодинамика и кинетика процессов восстановления. (ОПК-7)
21. Восстановители, их свойства и методы получения. (ОПК-7)
22. Физико-химические основы выделения порошков металлов. (ОПК-7)
23. Технология получения порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов. (ОПК-7)
24. Технология получения порошков тантала, титана и других металлов электролизом расплавов. (ОПК-7)
25. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений. (ОПК-7)
26. Физико-химические основы карбонильного метода. (ОПК-7)
27. Технология карбонильных порошков железа и никеля. (ОПК-7)
28. Межкристаллитная коррозия. (ОПК-7)
29. Возгонка и конденсация различных металлов и сплавов. (ОПК-7)
30. Термодиффузионное насыщение. (ОПК-7)
31. Спекание металлических порошков. (ОПК-7)
32. Классификация методов спекания. (ОПК-7)
33. Твердофазное спекание. (ОПК-7)
34. Горячее прессование. (ОПК-7)
35. Жидкофазное спекание. (ОПК-7)
36. Механизмы спекания. (ОПК-7)
37. Практика спекания. (ОПК-7)
38. Особенности структурных и фазовых превращений при формообразовании изделий в процессе применения аддитивных технологий. (ОПК-7)
39. Варианты нагрева подаваемого порошка, скорость сканирования при нагреве. (ОПК-7)
40. Однородность микроструктуры и скорость сканирования. (ОПК-7)
41. Термообработка изделий, полученных с использованием методов аддитивных технологий. (ОПК-7)
42. Специфические требования к порошкам для аддитивных технологий. (ОПК-7)
43. Механическое легирование как один из вариантов специальной подготовки порошков для аддитивных технологий. (ОПК-7)
44. Структурные и фазовые превращения при механическом легировании порошков. (ОПК-7)

#### Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование	Оснащение	Кол-во часов
1	Исследование реологических свойств порошков статическим методом	Весы, металлическая линейка, штангенциркуль, установка согласно ГОСТ 27801-93 «Глинозем. Метод определения насыпной плотности»; ГОСТ 27802-93 «Глинозем. Метод определения угла естественного откоса»; ГОСТ 25279-93 (ИСО 3953-85) «Порошки металлические. Определение плотности после утряски».	3
2	Исследование реологических свойств порошков динамическим методом	Весы, прибор реометр Revolution, мерная колба (объемом 250 мл)	2

3	Исследование среднего размера частиц и удельной поверхности	Весы, лазерный анализатор частиц Fritsch Analyzette 22, дистиллированная вода, ПСХ – 10А	2
4	Изучение микроструктуры образцов, изготовленных из деталей полученных с применением аддитивных технологий	Микроскоп МИМ-7	2

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

#### а) основная литература:

1. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1980 – 496 с.
2. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш Аддитивные технологии в машиностроении, 2015 – 220с.

#### б) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайтах:

<http://supermetalloved.narod.ru/l2.pdf>

[http://metall-2006.narod.ru/metall\\_slaid\\_lekcia.html](http://metall-2006.narod.ru/metall_slaid_lekcia.html)

[http://www.zodchii.ws/downloads/zodchii/himiva/arczamasov\\_-\\_materialovedenie.zip](http://www.zodchii.ws/downloads/zodchii/himiva/arczamasov_-_materialovedenie.zip)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Номер аудитории	Оборудование
1319	Весы, металлическая линейка, штангенциркуль, установка согласно ГОСТ 27801-93 «Глинозем. Метод определения насыпной плотности»; ГОСТ 27802-93 «Глинозем. Метод определения угла естественного откоса»; ГОСТ 25279-93 (ИСО 3953-85) «Порошки металлические. Определение плотности после утряски», прибор реометр Revolution, мерная колба (объемом 250 мл), лазерный анализатор частиц Fritsch Analyzette 22, дистиллированная вода, ПСХ – 10А, высокотемпературная печь Nabertherm HTC 03/15
1313	Твердомер Роквелла ТР 5006 (1 шт.) Проектор + экран Микроскоп МИМ-7 (9 шт.)

### 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов метрологии, стандартизации и сертификации, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.



Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

**Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

**10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» следует уделять изучению состава, структуры и свойств современных металлических и неметаллических материалов; освоению основ термической, химико-термической и термомеханической обработки, методов стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

Структура и содержание дисциплины «Специальные вопросы материаловедения металлических порошковых материалов» по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика» (бакалавр)

п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации			
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р		Э	З	
1.1	Введение. Свойства порошков и методы их определения. <i>Химические, физические и технологические свойства порошков. Форма, размер частиц и методы их определения. Методы анализа дисперсности порошка. Удельная поверхность, текнометрическая плотность и микротвердость частиц.</i>	4		2													
1.2	<i>Семинар «Свойства порошков и методы их определения»</i>	4		2													
1.3	<b>Методы получения металлических порошков.</b> <i>Измельчение твердых материалов. Диспергирование металлических расплавов. Восстановление химических соединений.</i>	4		2													



	<p><i>Изостатическое формование. Технология гидростатического формования. Газостатическое формование. Метод формования в толстостенных эластичных оболочках. Технологические процессы мундштучного, шликерного и инжекционного формования. Вибрационное формование. Прокатка металлических порошков.</i></p>																			
<b>1.10</b>	<p><b>Динамические методы формования металлических порошков.</b> <i>Преимущества и недостатки. Технологии взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования. Оценка результатов динамического формования.</i></p>	<b>4</b>																		
1.11	<p><i>Семинар «Формование металлических порошков»</i></p>	<b>4</b>																		
1.12	<p><i>Лабораторная работа «Исследование среднего размера частиц и удельной поверхности».</i></p>	<b>4</b>																		
<b>1.13</b>	<p><b>Спекание металлических порошков.</b> <i>Классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание. Спекание</i></p>	<b>4</b>																		

