

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор Е.И. Пряхин

Проректор по образовательной
деятельности
доцент Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Уровень высшего образования:	<i>магистратура</i>
Направление подготовки:	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
Направленность (профиль):	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
Квалификация выпускника:	<i>Магистр</i>
Форма обучения:	<i>очная</i>
Составители:	<i>профессор Пряхин Е.И.</i>

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Основы порошковой металлургии»
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель _____ д.т.н., проф. Пряхин Е.И.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой _____ профессор, д.т.н. Е.И. Пряхин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины – дать будущим магистрам по материаловедению и технологии материалов современные знания о процессах формообразования и спекания заготовок, области применения и свойства порошковых изделий.

Задачи изучения дисциплины:

- знать методы предварительной подготовки порошковой смеси (шихты);
- знать способы формования и спекания заготовок из порошков;
- знать особенности свойств порошковых изделий;
- знать области применения порошковых изделий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы порошковой металлургии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» (дисциплины «по выбору») по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается в 4 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Основы порошковой металлургии» являются «Диффузия в твердых телах»; «Материаловедение и технология современных и перспективных материалов», «Объемные наноструктурированные конструкционные материалы».

Дисциплина «Основы порошковой металлургии» является основополагающей для прохождения практик: «Производственная практика - научно-исследовательская работа - Производственная практика, часть 2», «Производственная практика - преддипломная практика - Преддипломная практика».

Особенностью дисциплины является получение знаний об особенностях основных этапов технологических процессов в порошковой металлургии, происходящих при получении изделий.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Основы порошковой металлургии» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	ПКР-2	ПКР-2.1. Знать основы современного материаловедения, методы научных исследований, методики экспериментальных исследований.
Способен анализировать технологии получения, обработки материалов и изделий из них; формулировать рекомендации по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.	ПКР-4	ПКР-4.1. Знать основные технологии производства, обработки материалов и изделий из них, методы анализа и контроля качества продукции.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ПКР-4.2. Уметь выполнять расчеты технологических параметров оборудования, анализировать и контролировать качество продукции.
		ПКР-4.3. Владеть навыками разработки рекомендаций по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе энерго- и ресурсосбережений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Основы порошковой металлургии» составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		4
Аудиторная работа, в том числе:	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	60	60
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	12	12
Подготовка к практическим занятиям	16	16
Подготовка отчетов по лабораторным работам	16	16
Работа с литературой	16	16
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	36	36
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час.	144
	зач. ед.	4

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Введение. Предварительная подготовка порошковой смеси»	26	2	2	4	18
Раздел 2 «Способы формования изделий из порошков»	34	8	10	4	12
Раздел 3 «Свойства спеченных изделий и методы их определения»	23	3	-	4	16
Раздел 4 «Виды и области применения спеченных материалов и изделий»	25	3	4	4	14
Итого:	108	16	16	16	60

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Предварительная подготовка порошковой смеси	Понятие порошковой металлургии. Основные способы предварительной подготовки порошковой смеси. Отжиг. Сортирование по фракциям. Смешивание. Способы повышения формуемости порошковой смеси.	2
2	Способы формования изделий из порошков	Формование и спекание заготовок из порошков. Статическое формование. Динамическое (импульсное) формование. Процессы, происходящие при прессовании. Классификация методов прессования изделий из порошковых материалов. Статические прессование. Высокоскоростное прессование. Основные схемы прессования порошковых изделий. Характерные пороки прессованных заготовок и их причины. Спекание прессовок. Практика спекания. Характерные пороки при спекании. Дополнительные операции.	8
3	Свойства спеченных изделий и методы их определения	Физические свойства. Химические свойства и защита от коррозии. Механические свойства. Особенности металлографических исследований порошковых изделий. Технологические пробы и испытания порошковых материалов.	3
4	Виды и области применения спеченных материалов и изделий	Классификация порошковых деталей. Пористые материалы. Электротехнические материалы. Конструкционные материалы. Высокотемпературные материалы.	3
Итого:			16

4.2.3. Практические занятия

п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Работа с ГОСТ 17359-82. Порошковая металлургия. Термины и определения.	2
2	Раздел 2	Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации оборудования на предприятиях порошковой металлургии	2
3		Обоснование программ производственного контроля на предприятиях порошковой металлургии.	2
4		Решение расчетных задач по теме «Закономерности процесса прессования. Уравнения прессования»	2
5		Работа с ОСТ 4Г 0.029.227-81 Порошковая металлургия. Изделия из спеченных конструкционных материалов. Технические условия.	2
6		Работа с ГОСТ 3.1412-87. Межгосударственный стандарт. Единая система технологической документации. Требования к оформлению документов на технологические процессы. Изготовления изделий методом порошковой металлургии.	2
7	Раздел 4	Работа с ГОСТ Р 56467-2015. Системы космические Материалы порошковые металлические и металлические композиционные. Классификация. Номенклатура показателей.	4
Итого:			16

4.2.4. Лабораторные работы

п/п	Разделы	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение уплотняемости, прессуемости и формуемости порошков.	4
2	Раздел 2	Определение изменения размеров прессовок после снятия давления прессования и во время спекания.	4
3	Раздел 3	Исследование влияния нанопорошков на активацию спекания	2
4		Исследование плазменно-искрового спекания на структуру и свойства порошковых сплавов	2
5	Раздел 4	Определение плотности, пористости и относительного объема спрессованных брикетов	4
Итого:			16

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. «Введение. Предварительная подготовка порошковой смеси»

1. Дайте определение прессуемости и формуемости порошков.
2. Для чего проводят рекристаллизационный отжиг и в каких случаях?
4. Перечислите основные факторы, влияющие на прессуемость порошков.
5. Объясните различие в прессуемости различных порошков.
6. Как влияет характер смазки на процесс прессования?

Раздел 2. «Способы формования изделий из порошков»

1. Перечислите основные детали пресс-формы, в которой проводят прессование порошков.
2. Перечислите процессы, протекающие при твёрдофазном и жидкофазном спекании.
3. Как производится выбор температуры спекания?
4. Как влияет атмосфера на ход процесса спекания?
5. Как влияет давление прессования на усадку при спекании?
6. Что является движущей силой процесса спекания?
7. Каков механизм процесса спекания?
8. Какие способы получения порошков в порошковой металлургии являются в целом более экономичными и универсальными?

Раздел 3. «Свойства спеченных изделий и методы их определения»

1. Какое технологическое свойство характеризует способность порошка быстро заполнять форму?.
2. Объясните характер изменения относительной плотности прессовки с ростом давления прессования.
3. Как изменяется текучесть металлических порошков при уменьшении размеров частиц и повышении влажности?
4. При использовании какого способа достигается наиболее равномерное распределение плотности по объёму прессовки?
5. Порошки какой формы проявляют наибольшую активность при спекании?

Раздел 4. «Виды и области применения спеченных материалов и изделий»

1. Как условно классифицируются спеченные материалы?
2. Какие материалы являются важнейшими из спеченных электротехнических материалов?
3. Приведите примерный состав материала для изготовления поршневых колец металлокерамическим путем?
4. Какие спеченные материалы могут работать при высоких температурах?
5. Какой вид порошковых материалов применяется для изготовления фильтров?

6.2. Примерные темы рефератов

1. История развития порошковой металлургии, преимущества и недостатки.
2. Предварительная подготовка порошковой смеси.
3. Статическое формование порошков.
4. Динамическое (импульсное) формование порошков.
5. Статическое прессование порошков.
6. Высокоскоростное прессование порошков.
7. Твердофазное спекание.
8. Жидкофазное спекание.
9. Практика спекания.
10. Оборудование в порошковой металлургии.
11. Пористые изделия, получаемые порошковой металлургией.

6.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.3.1. Примерный перечень вопросов / заданий к экзамену (по дисциплине):

1. Рождение и развитие порошковой металлургии.
2. Преимущества и недостатки порошковой металлургии.
3. Способы повышения формуемости порошковой смеси.
4. Способы приготовления порошковых смесей.
5. Классификация методов формования порошков.
6. Вибрационное формование.
7. Импульсное формование.
8. Инжекционное формование.
9. Прокатка порошков.
10. Шликерное формование.
11. Мундштучное формование.
12. Взрывное формование.
13. Электрогидравлическое формование.
14. Изостатическое формование.
15. Горячее прессование и ковка.
16. Твердофазное спекание порошков и нанопорошков металлов.
17. Спекание однокомпонентных систем.
18. Основные физико-химические явления при спекании.
19. Спекание многокомпонентных систем в твердой фазе.
20. Пневмомеханическое прессование.
21. Одностороннее и двустороннее прессование.
22. Спекание порошков под давлением.
23. Электроконтактное спекание.
24. Электроразрядное спекание.
25. Электроимпульсное спекание
26. Спекание, активированное плазмой.
27. Плазменно-искровое спекание.
28. Лазерное спекание.
29. Физические свойства заготовок.

30. Химические свойства заготовок и защита от коррозии.
31. Механические свойства заготовок.
32. Особенности металлографических исследований порошковых изделий.
33. Технологические пробы и испытания порошковых материалов.
34. Пористые порошковые материалы.
35. Производство пористых изделий методом порошковой металлургии.
36. Пористые материалы и изделия.
37. Методы контроля качества пористых изделий.
38. Электротехнические материалы.
39. Конструкционные порошковые материалы.
40. Высокотемпературные порошковые материалы.

6.3.2. Примерные тестовые задания к экзамену.

Вариант 1

1.	Порошок-это совокупность мелких тел с размером:	1.0,001-1000 мкм 2.менее -0,001мкм 3.более1000мкм 4.вся эта совокупность
2.	Какой размер имеют гранулы	1.0,001 мкм 2.менее0,001мкм 3.1000мкм 4.более1000мкм
3.	Какие существуют методы получения порошков	1 химический 2.электролитический 3.механический размол 4.все перечисленные методы
4.	Путем распыления жидкого металла получают	1.пудру 2.мелкие порошки 3.крупные порошки 4. гранулы
5.	Пирофорность и токсичность относят к:	1.физическим свойствам порошков 2.химическим свойствам порошков 3.механическим свойствам порошков 4.физико-химическим свойствам
6.	Пирофорность – это способность порошков при длительном лежании	1.возгораться самопроизвольно 2.ухудшать свои свойства 3.изменять свою структуру 4.изменять свой цвет
7.	Гранулометрический состав порошковой смеси-это	1.размеры порошков в смеси. 2.процентное содержание разных размеров порошков в смеси 3.разновидности порошков в смеси 4.общее содержание порошка.
8.	Насыпная плотность – это:	1.общее количество порошка

		<p>2.общая плотность порошковой смеси</p> <p>3.удельная плотность порошковой смеси</p> <p>4.масса единицы объема свободно насыпанного порошка</p>
9.	Какая из перечисленных структур обеспечивает высокие механические свойства в металлах	<p>1.макроструктура</p> <p>2.микроструктура</p> <p>3.наноструктура</p> <p>4.субструктура</p>
10.	Способы формирования наноструктуры в металлах	<p>1 ультравысокая деформация металлов</p> <p>2.сверхбыстрая закалка</p> <p>3.высокий отпуск</p> <p>4.обработка холодом</p>
11.	Порошковая металлургия-это:	<p>1. производство металлических порошков</p> <p>2. изготовление деталей из металлических порошков</p> <p>3. обработка металлических порошков</p> <p>4. классификация порошков</p>
12.	Допустимая величина пористости в изделиях из металлических порошков	<p>1. 18%</p> <p>2. 10%</p> <p>3 2-3%</p> <p>4. 0%</p>
13.	Композиционные порошковые материалы-это	<p>1.материалы с разными типами порошков</p> <p>2.материалы с гетерогенной структурой</p> <p>3.материалы, состоящие из порошков с противоположными свойствами</p> <p>4.материалы с разными физическими свойствами</p>
14.	Какую структуру имеют металлические стекла	<p>1. классическую</p> <p>2. микрокристаллическую</p> <p>3.аморфную</p> <p>4.комбинированную</p>
15.	Как получить аморфную структуру в металле	<p>1.закалить с огромной скоростью</p> <p>2.нагреть с высокой скоростью</p> <p>3.выдерживать длительно при нагреве</p> <p>4.охлаждать при отрицательных температурах</p>

16.	Какие преимущества имеет аморфная структура	1.высокую прочность 2.высокую пластичность 3.высокую коррозионную стойкость 4.все выше названные
17.	Чем отличаются порошковые от компактных материалов	1. видом 2. плотностью 3.химсоставом 4.размером фаз
18.	Каким способом получают порошковые детали	1.литьем 2.мехобработкой 3.прессованием 4.химической обработкой
19.	Что представляет процесс спекания порошков	1.термохимическое взаимодействие порошка 2.чисто термическое воздействие 3.чисто химическое воздействие 4.чисто механическое воздействие
20.	Как можно ли получить порошок из стружки	1.переплавкой 2.сваркой 3.прессованием 4.дроблением в мельнице

Вариант 2

1.	Что означает прессуемость порошков	1. способность деформироваться 2. способность упрочняться 3. способность изменять объем 4. способность уплотняться
2.	Что означает формуемость порошков	1. способность деформироваться 2. способность упрочняться 3. способность изменять объем 4. способность уплотняться
3.	Какие формы порошков не бывает	1. сферическая 2. каплеобразная 3. сложная 4. простая
4.	С какой формой порошки плохо прессуются	1. сферическая 2. каплеобразная 3. сложная 4. лепестковая
5.	С какой формой порошки обладают лучшей прессуемостью	1. сферическая 2.каплеобразна 3.дендритная 4.лепестковая
6.	Сколько имеется групп зернистости порошков	1 три 2. пять

		3. две 4. десять
7.	Грубые порошки имеют размер	1. 500-1000 мкм 2. 150-500 мкм 3. 50 – 100 мкм 4. 1-2 мм
8.	Тонкие порошки имеют размер	1.40-150 мкм 2.150-300 мкм 3.10 – 40 мкм 4. менее 10 мкм
9.	Ультратонкие порошки имеют размер	1. менее 10 мкм 2. менее 5 мкм 3. менее 1 мкм 4. менее 0.5 мкм
10.	Насыпная плотность порошков	1. плотность после деформации 2. плотность после свободной засыпки 3. плотность после спекания 4. плотность готовой детали
11.	Существующие мельницы для размол порошка	1. шаровые 2. вихревые 3. вибромельницы 4. все перечисленные
12.	При размол в шаровых мельницах получаются порошки размером	1. 40-300 мкм 2. 10-500 мкм 3. менее 10 мкм 4. более 500 мкм
13.	При размол в вихревой мельнице Получаются порошки размером	1. 40-300 мкм 2. 10-500 мкм 3. До 60 мкм 4. более 500 мкм
14.	Формование заготовок складывается из	1. подготовка заготовок к прессованию 2. процесса прессования 3. выпрессовки 4. все вместе
15.	Из каких этапов состоит процесс получения заготовки из порошка	1. подготовка порошка 2. прессование 3. спекание 4. все вместе
16.	В чем преимущество двухстороннего от одностороннего прессования	1. равномерной по объему плотностью 2. меньшим усилием прессования

		3. простотой процесса 4. качеством заготовки
17.	При гидростатическом прессовании не применяются	1. вода 2. масло 3. бензин 4. глицерин
18.	При прессовании могут быть виды брака	1. поперечные и продольные трещины 2. брак по размерам 3. недопрессовка 4. все вместе
19.	В чем суть процесса спекания заготовок	1. выгорание смазки и формирование каркаса 2. уменьшение размера 3. уменьшение остаточных напряжений 4. рекристаллизация
20.	Почему отжиг-спекание надо проводить в защитной среде	1. для снижения температуры отжига 2. для защиты от окисления 3. для повышения прочности 4. для уменьшения длительности спекания

Вариант 3

1.	Порошковые материалы-это	1. материалы с особыми свойствами 2. материалы с особой структурой 3. материалы с особым химсоставом 4. материалы, полученные из порошка с определенным типоразмером
2.	Свойства порошков бывают	1. традиционные 2. обычные 3. специальные 4. химические, физические и Технологические
3.	К химическим свойствам не относятся	1. химический состав 2. пирофобность 3. токсичность 4. окисляемость
4.	Какие газы используются в качестве восстановителей окислов металлов?	1. NH_3 ; CO ; H_2 2. O_2 ; C ; N_2 3. CH_4 ; C_2H_4

		4. He; Ar; Ne
5.	Какие методы получения порошков относятся к механическим?	1. Восстановление из окислов 2. Карбонильный метод 3. Механическое измельчение металлов в твердом состоянии и распыление жидкого металла сжатым воздухом 4. Совместное осаждение при электролизе
6.	Центробежное распыление происходит в камере в среде:	1. Вакуум или инертный газ. 2. Вакуум. 3. Инертный газ. 4. Воздух.
7.	Порошки можно получить методом:	1. Совместное осаждение при электролизе. 2. Диффузионного насыщения. 3. Ударно-центробежный. 4. Все перечисленные
8.	Остаточная пористость прессованных заготовок	1. 10-30% 2. 10-20% 3. 5-15% 4. 0-10%
9.	Способность тонких ($<0,5 \text{ г/см}^3$) порошков самовозгораться при длительном вылёживании в соприкосновении с воздухом	1. Насыпная плотность 2. Зернистость 3. Пирофорность 4. Токсичность
10.	Какой предел прочности у высокопрочных углеродистых волокон, получаемых из ПАН-волокна?	1. 2530...3200 МПа 2. 180000...220000 МПа 3. 1400...2200 МПа 4. 350000...550000 Мпа
11.	Как называются волокна из оксидов или тугоплавких металлов, используемые в качестве упрочняющей фазы при изготовлении жаропрочных изделий?	1. Трубки 2. Усы 3. Нити 4. Ворсинки
12.	Полииматричными композиционными материалами называется материалы	1. Содержащие 2 и более различных по составу матричных материалов 2. Содержащие одинаковых по составу матричных материалов 3. С гетерофазной структурой 4. Содержащие не более одного различного по составу матричных материалов

13.	К химическим свойствам металлических порошков относятся	<ol style="list-style-type: none"> 1. Форма и размер 2. Пирофорность и токсичность 3. Насыпная и относительная плотность 4. Дисперсность и прессуемость
14.	Спекание - это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нагрев заготовок до температур выше температур рекристаллизации, выдержке при этой температуре и последующем регулируемом охлаждении. 2. Нагрев заготовок до температур ниже температур рекристаллизации, выдержке при этой температуре и последующем регулируемом охлаждении. 3. Нагрев заготовок до температур выше температур рекристаллизации, без выдержки при этой температуре и последующем регулируемом охлаждении. 4. Нагрев заготовок до температур выше температур рекристаллизации, выдержке при этой температуре и без последующего регулируемого охлаждения.
15.	Примером полной взаимной нерастворимости является система	<ol style="list-style-type: none"> 1. Co – Cr 2. Fe – C 3. W – Cu 4. Co – Cu
16.	Следствием формирования аморфной структуры являются особые свойства:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитные и электрические 2. Механические 3. Коррозионная стойкость 4. Все вышеперечисленное
17.	Для получения полностью аморфной структуры необходимо выполнение следующих условий:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сверхбыстрая закалка 2. Скорость охлаждения не менее 10⁶ град/с 3. Наличие элементов-аморфизаторов 4. Все вышеперечисленное
18.	Порошки чистых металлов не получают	<ol style="list-style-type: none"> 1. Химическим методом 2. Электролитическим методом 3. Механическим методом 4. Физико-химическим методом
19.	Железный порошок средней зернистости:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 150...500 мкм 2. 40...150 мкм 3. 10...40 мкм 4. 0,5...10 мкм

20.	Размер сверхмелких частиц	1. <1 мкм 2. 10 мкм 3. 30 мкм 4. 50 мкм
-----	---------------------------	--

6.4. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Гропянов А.В., Ситов Н.Н., Жукова М.Н. Порошковые материалы: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017. - 74 с. <http://nizrp.narod.ru/metod/kaftmim/poroshok.pdf>
2. Ильин А.П. Диагностика нанопорошков и наноматериалов: учебное пособие / А.П. Ильин, А.В. Коршунов, Д.О. Перевезенцева, Л.О. Толбанова. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 249 с.
https://portal.tpu.ru/files/departments/publish/diagnostika_nanoporoshkov_zac.pdf
3. Нанотехнологии и специальные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2009. - 334 с.
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>

4. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303>

7.1.2. Дополнительная литература

1. ГОСТ 17359-82. Порошковая металлургия. Термины и определения.
2. ГОСТ 25281-82. Металлургия порошковая. Метод определения плотности формовок.
3. МР 2.2.2.0021-11 Методические рекомендации. 2.2.2. Технологические процессы, сырье, материалы и оборудование, рабочий инструмент. Обоснование программ производственного контроля на предприятиях порошковой металлургии.
4. ГОСТ 3.1412-87. Межгосударственный стандарт. Единая система технологической документации Требования к оформлению документов на технологические процессы. Изготовления изделий методом порошковой металлургии.
5. ГОСТ Р 56467-2015. Системы космические. Материалы порошковые металлические и металлические композиционные. Классификация. Номенклатура показателей.
6. ГОСТ 29012-91 (ИСО 4492-85) порошковая металлургия. Метод определения изменения размеров прессовок после снятия давления прессования и во время спекания.
7. ОСТ 4Г 0.029.227-81 Порошковая металлургия. Изделия из спеченных конструкционных материалов. Технические условия.
8. Технология конструкционных материалов : учебное пособие для среднего профессионального образования / М. С. Корятов [и др.] ; под редакцией М. С. Корятова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 234 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06680-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://studme.org/300219/tehnika/osnovy_poroshkovoy_metallurgii

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. И.Т. Брахнова, В.А. Прилипко, Т.М. Бородюк, Г.А. Захаренко, Н.Л. Загоруйко. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации оборудования на предприятиях порошковой металлургии / Методические указания.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Сборник нормативной документации. <http://docs.cntd.ru>
2. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
3. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
4. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
5. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
6. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru>
8. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
10. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
11. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

Аудитории для проведения практических занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

Аудитории для проведения лабораторных занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы :

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

- Центр новых информационных технологий и средств обучения:
- персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»);
- монитор – 4 шт.;
- сетевой накопитель – 1 шт.;
- источник бесперебойного питания – 2 шт.;
- телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.;
- точка Wi-Fi – 1 шт.;
- паяльная станция – 2 шт.;
- дрель – 5 шт.;
- перфоратор – 3 шт.;
- набор инструмента – 4 шт.;
- тестер компьютерной сети – 3 шт.;
- баллон со сжатым газом – 1 шт.;
- паста теплопроводная – 1 шт.;
- пылесос – 1 шт.;
- радиостанция – 2 шт.;
- стол – 4 шт.;
- тумба на колесиках – 1 шт.;
- подставка на колесиках – 1 шт.;

- шкаф – 5 шт.;
- кресло – 2 шт.;
- лестница Alve - 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

- Пакеты прикладных программ Microsoft Office
- Microsoft Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Professional Plus
- Microsoft Windows XP Professional
- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 с возможностью доступа к сети «Интернет»
- Microsoft Office 2010 Professional Plus
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.