Министерство науки и высшего образования РФ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор Политехнического института
_____ М. В. Первухин
подпись инициалы, фамилия

«____» _____ 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
2.1.3 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Группа научных специальностей

2.6 Химические технологии, науки о материалах и металлургии

Научная специальность

2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями

Группа научных специальностей 2.6 Химические технологии, науки о материалах и металлургии

Научная специальность 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Программу составил доцент кафедры МиТОМ Г.М. Зеер

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины.

Целью изучения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» является приобретение аспирантами знаний, умений и навыков в области порошковой металлургии и технологии получения композиционных материалов; знакомство с теоретическими основами получения металлических и неметаллических порошков различными способами, а также формования изделий на их основе. Ознакомить аспирантов с характерными особенностями и основными закономерностями процессов спекания. Сформировать представления о способах получения, свойствах и областях применения композиционных материалов, а также о процессах формирования покрытий.

1.2 Задачи изучения дисциплины.

В результате изучения дисциплины аспирант должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности, в частности:

– освоить теоретические основы способов производства металлических и неметаллических порошков;

– знать основные классы современных материалов, их свойства и области их применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы их производства и обработки;

– знать физико-химические закономерности процессов формования порошковых материалов и физико-химические закономерности процессов их спекания;

– выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий;

– работать с установками и приборами физико-химического эксперимента, использовать методы и аппаратуру для анализа физико-химических характеристик;

– использовать полученные знания при проведении научных и прикладных исследований.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы высшего образования.

Дисциплина преподается в рамках организации учебного процесса у аспирантов первого и второго года обучения.

Для изучения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» студентам необходимы знания по общей и физической химии, физике, металлургии, материаловедению.

Является специальной дисциплиной образовательной программы 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

1.4 Особенности реализации дисциплины.

Дисциплина реализуется на русском языке.

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр 7
Общая трудоемкость дисциплины	**2 (72)**	**2 (72)**
Контактная работа с преподавателем:	**1 (36)**	**1 (36)**
занятия лекционного типа	0,5(18)	0,5(18)
занятия семинарского типа	-	-
в том числе: семинары	-	-
практические занятия	-	-
практикумы	-	-
лабораторные работы	0,5(18)	0,5(18)
другие виды контактной работы	-	-
в том числе: курсовое проектирование	-	-
групповые консультации	-	-
индивидуальные консультации		
иные виды внеаудиторной контактной работы	-	-
Самостоятельная работа обучающихся:	**1 (36)**	**1 (36)**
изучение теоретического курса (ТО)	1 (36)	1 (36)
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)	-	-
реферат, эссе (Р)	-	-
курсовое проектирование (КР)	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	**зачет**	**зачет**

3Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа	Семинары и/или практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или практикумы (акад. час)	Самостоятельная работа, (акад. час),
1	Физические и физико-химические основы и технологические процессы производства порошков, спеченных	4		6	6
2	Порошковые материалы	2		4	2
3	Композиционные материалы	4		4	5
4	Теоретические и прикладные проблемы процессов формирования покрытий	4		-	5
5	Наноматериалы, нанотехнологии	4		4	18
	Итого	*18*		18	*36*

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах	
			Всего	в том числе, в инновационной форме
1	1	Введение. Процессы производства.	0,5	
2	1	Методы и приборы для контроля свойств порошков	1	
3	1	Процессы формирования изделий из порошков	1	
4	2	Порошковые материалы	1	
5	3	Классификация композитов	0,5	
6	3	Дисперсно-упрочненные композиты	1	
7	3	Волокнистые композиты	1	
8	3	Многослойные композиты	1	
9	3	Направленно закристаллизованные композиты	1	
10	4	Общая характеристика основных методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности	1	
11	4	Физико-химические основы процессов формирования покрытий	1,5	
12	4	Технология и оборудование для нанесения покрытий	0,5	
13	4	Служебные свойства и методы контроля качества покрытий	0,5	
14	5	Общие теоретические вопросы нанодисперсного состояния вещества.	2	
15	5	Особенности химических методов получения наночастиц. Получение наночастиц в жидкой фазе	1,5	
16	5	Методы исследования наноматериалов. Дифракция, микроскопия.	1	
17	5	Механические свойства нанокластеров и наноструктур	1	
18	5	Тепловые свойства нанокластеров и наноструктур	1	
Итого			*18*	

3.3 Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах	
			всего	в том числе в инновационной форме
1	5	Модели. Кластерные модели. Основные типы структур наноматериалов.	2	
2	5	Физико-химические особенности наноструктурных материалов	2	
3	5	Процессы интенсивной пластической деформации (ИПД). Классификация процессов ИПД. Технологические параметры, влияющие на структуру и свойства материалов. Анализ технологических особенностей процессов ИПД. Примеры реализации процессов ИПД.	2	
4	5	Полимеры: полимеризация, размеры полимерных структур, полимерные нанокристаллы, полимеры с наноструктурными наполнителями и изделия из них.	2	
5	5	Молекулярные кластеры, Безлигандные металлические кластеры, Фуллерены, фулериты, Коллоидные кластеры и наноструктуры	2	
6	5	Оксидные наноматериалы, Наноструктурированные функциональные строительные композиты с полимерной матрицей Бионаноматериалы	2	
7	5	Оптические свойства наносистем	2	
8	5	Магнитные свойства наноструктур	2	
9	5	Свойства и области применения наноматериалов	2	
		Итого	*18*	

.

3.5 Практические занятия

Учебным планом не предусмотрены

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Для организации самостоятельной работы аспирантов (выполнения индивидуальных заданий; самостоятельной проработки теоретического материала) рекомендуются следующие учебно-методические пособия и указания:

1 Процессы порошковой металлургии: в 2 т. / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарицкий. – М: МИСиС, 2002.

2 Герман Р.М. Порошковая металлургия от А до Я: учебное пособие: пер. с англ. / Р.М. Герман – М.: Интеллект, 2009 – 336 с.

3 Суздалев И.П. Нанотехнологии: Физико-химия нанокластеров и наноструктур / И. П. Суздалев – М.: ЛИБРОКОМ, 2009 – 592 с.

4 Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.

5 Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – 198 с.

6 Под ред. проф. Карабасова Ю.С. Новые материалы. – М.: «МИСИС». – 2002, 736 с.

7 Под общ. ред. Арзамасова Б.Н. Конструкционные материалы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 668 с.

8 Лепешев А.А., Ушаков А.В., Карпов И.В. Наноструктурные материалы плазмохимического синтеза. СФУ, 2011.- 356 с.

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

5.1 Перечень видов оценочных средств

1. Вопросы к зачету

1. Классификация методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности, области применения химических, электрохимических, газофазных и физических методов, основные преимущества и недостатки.
2. Физические методы: газотермическое, вакуумное ионно-плазменное нанесение покрытий, лазерное оплавление, ионная имплантация, ионное газонасыщение, основные параметры процессов, сравнительная эффективность.
3. Основные характеристики коррозионных, износостойких, теплозащитных, жаростойких, электроизоляционных, электропроводных, экранирующих, технологических и декоративных покрытий.
4. Процессы образования низкотемпературной плазмы.
5. Диссоциация, ионизация, потенциал и степень ионизации, дебаевский радиус экранирования, амбиполярная диффузия, уравнение подвижности Ланжевена, рамзауэровские сечения столкновений, теплопроводность плазмы.
6. Физические основы генерации плазменных потоков металла: методы получения атомарных потоков вещества, испарение, распыление, реактивное напыление и энергетическое состояние осаждаемых атомов, ускорение и дополнительная ионизация плазменного потока магнитным полем.
7. Структурные закономерности формирования покрытий.
8. Кристаллохимия твердых растворов и фаз внедрения: электроотрицательность, электронная концентрация, размеры атомов и ионов, правило Хэгга.
9. Диффузия и массоперенос: межузельный и вакансионный механизм, законы Фика, частота атомных скачков, потенциальный барьер, уравнение Аррениуса, диффузия по границам зерен, влияние давления и напряжений, активационный объем, термо- и электромиграция, стимулированная диффузией рекристаллизация, анизотропия диффузионной подвижности металлов с ГП-решеткой.
10. Дефекты в покрытиях: микродефекты, избыточная концентрация вакансий, дефекты дислокационного типа, остаточные напряжения, неоднородность состава, форма роста.
11. Макродефекты: вакансионные поры, поры, вызванные зернограничным проскальзываением, поры на границах зерен с разным направлением преимущественного роста.

12. Нарушение адгезии с подложкой: влияние остаточных напряжений, загрязнение подложки.
13. Плавление, испарение, сублимация и диссоциация материала; состав газовой фазы; взаимодействие распыленных частиц с кислородом, влагой, углеродосодержащими газами, водородом, азотом; кристаллизации и фазовые превращения.
14. Теплообмен на границе газовой и конденсированной фаз. Критерий Био для различных напыляемых материалов и газовой фазы. Уравнение для нагрева частиц в плазменной струе.
15. Нагрев и плавление стержневых материалов. Задача Стефана. Мощность тепловых потоков на катод и анод. Оценка степени испарения материала электродов.
16. Диспергирование. Условия дробления жидкого материала газовой струей.
17. Поверхностное натяжение и предельное значение критерия Вебера.
18. Взаимодействие напыляемых частиц с подложкой. Физический контакт. Уравнения химической реакции на границе раздела фаз. Энергия активации.
19. Конструирование покрытий и основы расчета режимов.
20. Основные принципы формирования многокомпонентных, многослойных и градиентных покрытий.
21. Основы расчета тепловых режимов напыляемых изделий. Выбор температурного интервала режима напыления изделия.
22. Характеристики основных элементов оборудования и технологии вакуумного ионно-плазменного напыления.
23. Методы вакуумного напыления: термическое испарение, электродуговое распыление, ионное распыление, энергетические характеристики процессов.
24. Основные стадии процесса вакуумного напыления, принципиальные схемы устройств для вакуумного напыления, основные типы серийного оборудования.
25. Задачи и методы предварительной очистки поверхности подложки.
26. Формирование структуры покрытий в процессе конденсации, основные дефекты покрытий.
27. Закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств многослойных двухкомпонентных покрытий, конструирование покрытий с учетом фазового состава, текстуры, сопряжения кристаллической решетки и остаточных напряжений промежуточного слоя, реализуемый комплекс служебных свойств.
28. Многокомпонентные, многослойные покрытия, влияние легирующих элементов на структуру и свойства покрытий, формирование нанокристаллических и аморфных покрытий.
29. Определение потенциодинамических кривых; испытания на коррозионную стойкость, износостойкость; измерение коэффициента трения, адгезионной и когезионной прочности; статические и усталостные испытания образцов с покрытиями; испытания при повышенных температурах; методы определения характеристик механики разрушения покрытий.
30. Особенности измерения микротвердости покрытий: микротвердомеры с супермалыми нагрузками, переменной нагрузкой; измерение модулей упругости покрытий.

31. Рентгенофлюоресцентный методы неразрушающего определения толщины покрытия.
32. Рентгеновский и нейтронно-графический методы измерения остаточных напряжений в покрытиях.
33. Экспрессные неразрушающие методы контроля качества покрытий: измерение контактной разности потенциалов, ультразвуковой метод, метод вихревых токов.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература

1 Андриевский Р. А. Порошковое материаловедение [Текст] / Р. А. Андриевский. - Москва : Металлургия, 1991. - 207 с
2 Бобров, Г.В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) [Текст] : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Материаловедение и технология новых материалов" направления подготовки дипломированных специалистов "Материаловедение, технология материалов и покрытий" / Г. В. Бобров, А. А. Ильин. - Москва : Интермет инжиниринг, 2004. - 623 с
3 Герман Р. М. Порошковая металлургия от от А до Я [Текст] : учеб.-справ. руководство / Р. М. Герман ; пер. с англ.: Г. А. Либенсон, О. В. Падалко ; ред. О. В. Падалко. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 335 с..
4 Михайлин Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы [Текст] / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург : НОТ, 2008. - 820 с..
5 Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С.Л. Баженов и др. - Долгопрудный: Интеллект, 2010 - 347 с.

6.2. Дополнительная литература

6 Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Текст]: монография / Р. А. Андриевский. - Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012. - 252 с. :
7 Арзамасов Б. Н. Материаловедение [Текст]: учебник для вузов по направлению подготовки в области техники и технологии: / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова [и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Арзамасов. Москва: Московский технический университет [МГТУ] им. Н.Э. Баумана, 2008. - 646 с.
8 Бальшин М. Ю. Основы порошковой металлургии / М.Ю. Бальшин, С.С. Кипарисов - Москва: Металлургия, 1978. - 184 с. .
9 Батаев А.А. Композиционные материалы : строение, получение, применение [Текст] : учебник для вузов / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. - 383 с.
10 Борисов Ю.С. Газотермическое напыление композиционных порошков [Текст] / А. Я. Кулик [и др.]. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. - 199 с.

11 Композиционные материалы [Text]: справочник / В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин - Москва : Машиностроение, 1990. - 510 с..
12 Гегузин Я. Е. Физика спекания [Текст] монография / Я. Е. Гегузин. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит], 1984. - 312 с..
13 Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии./ А.И. Гусев – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 411 с.
14 Злобин Г.П. Формование изделий из порошков твердых сплавов / Г.П. Злобин. – М.: Металлургия, 1980. – 224 с.
15 Ивенсен В.А. Феноменология спекания и некоторые вопросы теории [Текст] / В. А. Ивенсен. - Москва : Металлургия, 1985. - 246 с
16 Костиков В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы / В.И. Костиков, А.Н. Варенков. - М.: Интермет Инжиниринг, 2003. - 558 с.
17 Пузряков, А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Ф. Пузряков. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 357 с. : ил. - Библиогр.: с. 354
18 Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 110800 "Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия" / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. - Москва : МИСиС, 2002 - Т. 1 : Производство металлических порошков. - 2001. - 367 с Т. 2 : Формование и спекание. - 2002. - 319 с.
19 Панов В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них /В.С. Панов, А.М. Чурилин. - М.: МИСиС, 2001. - 426 с.
20 Порошковая металлургия и напыленные покрытия [Текст]: учебник для студентов втузов / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин; ред. Б. С. Митин. - Москва : Металлургия, 1987. - 792 с.

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование ресурса	URL
1	Физическая химия	http://books.google.com?q=physical+chemistry
2	Строительное материаловедение	http://books.google.com?q=material+science+construction
3	Нанотехнология	http://books.google.com?q=nanotechnology
4	Наноматериалы	http://books.google.com?q=nanomaterials http://www.nanometer.ru
5	Elsevier	http://elsevier.ru/
6	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/
7	Портал химического образования России	http://www.chem.msu.su/
8	Журнал «Успехи химии»	http://rcr.ioc.ac.ru/ukh.html
9	Научная сеть. Химия	http://www.nature.ru/db/section_page.html?s

№ п/п	Наименование ресурса	URL
10	Каталог ссылок на химические ресурсы России и зарубежья.	http://www.chemport.ru

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для самостоятельного изучения аспирантом теоретического материала предусмотрено 2.0 з.е. (72 часов).

В силу ограниченности аудиторного времени часть материала рассматривается достаточно кратко. В связи с этим, возникает необходимость самостоятельного изучения соответствующих тем для лучшего усвоения материала.

Самостоятельная работа позволяет аспирантам лучше разобраться в нюансах современных проблем космологии. Самостоятельно решая задачи и разбираясь в теоретических аспектах, аспиранты быстрее осознают практическую сторону рассматриваемых разделов, степень развития современной космологии и её роль в современной научной картине мира. В целом, это позволит аспирантам полностью усвоить все компетенции по данной дисциплине и подойти к контрольной точке с максимальной готовностью.

Форма контроля самостоятельного изучения теоретического курса – зачет и экзамен.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1. Перечень необходимого программного обеспечения

Не предусмотрено.

9.2. Перечень необходимых информационных справочных систем

Elsevier http://elsevier.ru/, Научная электронная библиотека http://elibrary.ru/, Электронная БС «ЛАНЬ» http://e.lanbook.com/, ЭБС "ИНФРА-М" http://www.znanium.com/, ЭБС РУКОНТ http://rucont.ru

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного типа. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.