Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФПМ СО РАН
чл.-к.РАН _____ С.Г. Псахье
«17» сентября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б.1.В.ДВ.1 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ

Направление подготовки
22.06.01 Технологии материалов

Профиль (направленность программы)
05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

ТРУДОЕМКОСТЬ – 3 ЗЕТ (108 часа)

ТОМСК 2015 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа составлена в соответствии с Учебным планом и на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 22.06.01 Технологии материалов (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 №888.

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал:
доктор физико-математических наук, профессор,
зав. лабораторией физики наноструктурных
функциональных материалов С.Н. Кульков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИФПМ СО РАН, протокол № 6 от 16 сентября 2015 г.

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
доктор технических наук, доцент В.С. Плешанов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины аспирантами является приобретение знаний в области материаловедческих аспектов композиционных материалов, их классификации по составу, структуре, свойствам, назначению, способов оценки структуры и свойств.

Задачей дисциплины является ознакомление аспирантов с различными металлическими и неметаллическими порошками, их химическими, физическими, технологическими свойствами и методами их оценки, а также с теоретическими основами и технологиями получения порошков различными способами, достоинствами, недостатками и основными областями применения этих способов получения порошков.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина является основной в подготовке аспирантов по научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении), входит в список дисциплин по выбору вариативной части Блока 1 «Образовательные дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки аспиранта по направлению **22.06.01 Технологии материалов.**

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ИФПМ СО РАН. Она основывается на положениях, отраженных учебных программах указанных уровней.

2.3. Дисциплина «Методы получения композитов» необходима при подготовке научно-квалификационной работы аспиранта.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Методы получения композитов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки **22.06.01 Технологии материалов**:

1. ***Универсальных компетенций:***
   - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
   - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).
2. ***Общепрофессиональных компетенций:***
   - способность и готовность теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии (ОПК-1);
   - способностью и готовностью использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии (ОПК-5);
   - способность и готовность обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады (ОПК-8);
   - способностью и готовностью участвовать в сертификации материалов, полуфабрикатов, изделий и технологических процессов их изготовления (ОПК-13).
3. **Профессиональных компетенций:**
   - Способность и готовность применять углубленные теоретические знания в области методов получения композиционных материалов (ПК-6);
   - Готовность участвовать в разработке технологии получения современных композиционных материалов и порошков для них. (ПК-7).

Аспирант, изучивший дисциплину «Методы получения композитов» должен:

Иметь представление о современных материаловедческих аспектах получения композитов; о связи способа и технологии получения порошка с его свойствами, поведением при прессовании и спекании, качеством спеченных изделий.

Знать:
- методологические и технологические основы получения современных композитов на металлической и керамической основе;
- классические и современные методы оптимизации свойств композитов.

Уметь:
- самостоятельно работать с научной литературой по конструкционным материалам, методикам исследования их структуры и понимать её;
- выбирать состав и технологию композиционных материалов в зависимости от требуемых свойств и областей применения;
- работать со справочной литературой по конструкционным материалам, методикам исследования их структуры;
- использовать в исследованиях современную технику для решения возникающих задач.

Владеть:
- информацией по данной дисциплине, на уровне умения вести дискуссию и отстаивать собственную точку зрения.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины "Материаловедение" составляет 3 ЗЕТ/ 108 часов.

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам обучения (в соответствии с учебным планом) (час)
	Всего: 108	**4 семестр**
Аудиторные занятия	***20***	***20***
Лекции	10	10
Лабораторные	10	10
Другие виды работ	***88***	***88***
Самостоятельная работа	88	88
Формы текущего контроля		**опрос**
Формы промежуточной аттестации в *соответствии с учебным планом*		**зачет**

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределения бюджета учебного времени, отводимого на освоение предлагаемого курса согласно учебному плану.

№ п.п.	Наименование разделов дисциплины	Аудиторные часы				самостоятельная работа (час.)
		Всего (в часах)	лекции	Практические (семинары)	лабораторные	
1	2	3	4	5	6	7
1	Методы и сущность порошковой металлургии	4	2	-	2	16
2	Теоретические основы формования порошковых материалов	4	2	-	2	16
3	Теория спекания. Твердофазное спекание. Жидкофазное спекание	4	2	-	2	20
4	Получение составных частей композитов	4	2	-	2	20
5	Тугоплавкие композиционные сплавы	4	2	-	2	16
	Итого:	**20**	**10**	**-**	**10**	**88**

4.3. Содержание разделов и тем

Раздел 1. *Методы и сущность порошковой металлургии.*

Определение композиционного материала. Сопоставление свойств дисперсных и волокнистых композитов. Методы получения композитов. Методы порошковой металлургии: формование, спекание - твердофазное, жидкофазное; горячее прессование. Экструзия. Пропитка. Технология получения порошковых материалов и изделий из них. Статическое и динамическое компактирование. Сущность порошковой металлургии (ПМ), ее достоинства (технические, экономические, экологические), недостатки, области применения. Перспективы и основные направления развития ПМ

Раздел 2. *Теоретические основы формования порошковых материало*в.

Теоретические основы формования порошковых материалов. Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности брикета от давления прессования. Уравнение Бальшина М.Ю. Распределение плотности по объему спрессованного брикета. Трение при прессовании. Боковое давление. Упругое последействие. Давление выталкивания. Влияние смазки на процесс формования. Особенности поведения хрупких и пластичных порошков во время формования. Прочность прессовок и факторы ее определяющие. Распределение напряжений и плотности при

прессовании изделий сложной формы, их зависимость от метода формования. *Активирование процессов формования. Брак при прессовании и факторы, его обуславливающие.*

Раздел 3. *Теория спекания. Твердофазное спекание. Жидкофазное спекание.* Теория спекания. Твердофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем. Движущие силы спекания. Стадии процесса спекания. Механизм массопереноса. Перенос вещества через газовую фазу. Рекристаллизация при спекании. Уплотнение при нагреве. Спекание многокомпонентных систем. Системы с неограниченной растворимостью компонентов. Системы с ограниченной растворимостью компонентов. Системы с нерастворимыми компонентами. Жидкофазное спекание. Процессы, протекающие при жидкофазном спекании. Системы с нерастворимыми компонентами. Системы с ограниченной растворимостью компонентов. Системы со значительной взаимной растворимостью компонентов. Инфильтрация.Активированное спекание. Активирование наружной поверхности. Активирование объема материала. Активирование с помощью расплавленной жидкой фазы. Процессы спекания в активных средах.

Раздел 4. *Получение составных частей композитов.*

Получение составных частей композитов. Получение матрицы: распыление, измельчение. Получение упрочнителя: волокна (волочение проволоки, методы Улитовского, Тейлора); получение карбидов. Примеры получения композитов. Твердые сплавы. Тяжелые сплавы. Керамика. Волокнистые композиты. Конструкционные композиционные материалы. Материалы конструкционного назначения, их составы, структура, механические свойства. Влияние пористости на механические свойства, способы их оценки, пути их повышения: легирование, жидкофазное спекание, спекание под нагрузкой, горячая механическая обработка, термическая и химико-термическая обработка, покрытия. Холодная механическая обработка. Инструментальные композиционные материалы. Спеченные твердые сплавы. Структура, свойства, назначение. Требования к компонентам. Твердые сплавы на базе WC-Co, WC-TiC-Co, WC-TiC-TaC-Co. Безвольфрамовые твердые сплавы (в том числе с демпфирующей связкой). Карбидостали. Минералокерамика. Алмазо-металлические материалы.

Раздел 5. *Тугоплавкие композиционные сплавы.*

Тугоплавкие композиционные сплавы. Общая характеристика. Технология производства. *Физические и химические свойства. Механические свойства материалов на основе тугоплавких* металлов при повышенных температурах. Сплавы на основе W, Mo, Nb, Re и области их *применения. Электротехнические композиционные материалы. Электроконтактные материалы:* условия работы составы, структура, свойства, технология получения. Керамические композиционные материалы. Огнеупорная керамика. Керметы. Высокопрочные керамические композиционные материалы конструкционного и инструментального назначения.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Содержание самостоятельной работы:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

6. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний.

Темы лабораторных занятий по курсу «Методы получения композитов»:

1. Определение удельной поверхности дисперсных систем.
2. Формование дисперсных систем.
3. Определение характеристик уплотнения дисперсных систем.
4. Спекание прессовок.
5. Шликерное литьё.

Темы для самостоятельного освоения аспирантами по курсу «Методы получения композитов»:

1. Роль композиционных материалов в истории развития человечества. Требования к структуре и структурным составляющим композиционных материалов. Подходы к созданию композиционных материалов на основе представлений физической мезомеханики структурно неоднородных материалов.
2. Свойства порошков и способы их определения. Химический состав, вредные примеси, химические свойства порошков. Физические свойства. Технологические свойства.
3. Механические способы получения порошков.
4. Теория и практика размола в шаровых, вихревых, молотковых, планетарных, вибромельницах и других агрегатах. Различные варианты распыления. Грануляция.
5. Физико-химические способы получения порошков. Восстановление. Термодинамика и кинетика восстановления газами, твердым углеродом, металлами.
6. Получение порошков железа, цветных металлов и сплавов, тугоплавких соединений методом восстановления.
7. Получение порошков электролизом растворов и расплавов. Диссоциация карбонилов, цементация, конденсация, межкристаллитная коррозия и другие физико-химические способы получения металлических порошков. Выбор способа получения порошков.
8. Подготовка порошков к формированию. Цели подготовки. Отжиг, рассев, смешивание, гранулирование. Контроль, транспортировка, хранение порошков.
9. Перспективы создания композиционных и порошковых материалов. Роль и место процессов формования в технологии получения порошковых материалов.
10. Процессы формования заготовок и изделий из порошков. Классификация методов формования. Одно и двухстороннее прессование.
11. Дозировка, шихты. Пресс-инструмент для холодного прессования. Изостатическое прессование. Холодное и горячее газостатическое и гидростатическое прессование и прессование в эластичных оболочках.
12. Непрерывное формование. Распределение напряжений и плотности при мундштучном прессовании, холодной и горячей экструзии заготовок.
13. Экструзия в металлических оболочках. Технология мундштучного формования. Закономерности холодной и горячей прокатки щитов и лент из порошков. Способы вибрационного формования.
14. Получение дисперсных частиц методами внутреннего окисления, дисперсионного твердения. Составы, структура, свойства, области применения, технология дисперсноупрочненных материалов.
15. Направленная кристаллизация.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется в конце 4-го семестра в виде зачета. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – зачтено (не зачтено).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает особенности развития материаловедческих аспектов композиционных материалов, их классификации по составу, структуре, свойствам, назначению, имеет представление об особенностях способов оценки структуры и свойств композиционных материалов, о специфике связи способа и технологии получения порошка с его свойствами, поведением при прессовании и спекании, качеством спеченных изделий. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала. Не информирован или слабо разбирается в проблемах получения композиционных материалов.

6.3 Контрольные вопросы для промежуточной аттестации к курсу «Методы получения композитов»:

1. Твердофазное спекание композитов.
2. Жидкофазное спекание композитов.
3. Получение дисперсных частиц методами внутреннего окисления, дисперсионного твердения.
4. Направленная кристаллизация.
5. Получение составных частей композитов.
6. Способы получения карбидов, оксидов.
7. Твердые сплавы.
8. Конструкционная керамика и композиты на ее основе.
9. Спеченные твердые сплавы.
10. Дисперсноупрочненные материалы.
11. Композиционные материалы на основе ZrO_2
12. Волокнистые композиционные материалы.
13. Слоистые композиционные материалы.
14. Керамика - состав, структура, свойства и применение.
15. Материал матрицы. Роль матрицы в композиционном материале.
16. Виды композиционных материалов, роль армирующей фазы и матрицы.
17. Получение композиционных материалов на металлической основе.
18. Технология получения изделий из порошка.
19. Технологические свойства порошков.
20. Получение порошков методом восстановления. Распыление и грануляция.
21. Подготовка порошков к формованию.
22. Закономерности уплотнения порошковых тел.
23. Одностороннее прессование. Трение при прессовании. Уравнение Бальшина.

24. Применение смазок при прессовании.
25. Высокоскоростные методы формования.
26. Горячее прессование.
27. Гидростатическое формование.
28. Закономерности уплотнения при спекании.
29. Жидкофазное спекание.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Кульков С.Н., Буякова С.П. Наноматериалы: порошки и спечённые композиты / Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 100 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 2011. – 320 с.
3. Мэттьюз Ф., Роллингс Р. Композиционные материалы. Механика и технология / М.: Техносфера. 2004. – 407 с.
4. Краткая энциклопедия по структуре материалов. Под ред. Д.В. Мартина / М.: Техносфера. 2011. – 608 с.
5. У. Болтон Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты / М.: Издательский дом «Додэка-XXI» , 2004. – 320 с.

Дополнительная литература:

1. Перельман В.Е. Формование порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
2. Травин О.В., Травина Н.Т. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989.
3. Композиционные материалы: Справочник / под. ред. В.В.Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ИФПМ СО РАН располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Есть компьютеры, оснащенные выходом в Интернет и в локальную сеть Института, а также принтеры, сканеры и ксероксы. Программы пакета Microsoft Office, Adobe Reader, WinDjView.

Аспиранты имеют возможность использовать комплекс аналитического, испытательного и исследовательского оборудования ИФПМ СО РАН, в частности:

1) Высокотемпературная электрическая печь ВЭП-11 предназначена для спекания материалов в лабораторных условиях, с диапазоном температур спекания от 0 до 1700°С.

Высокотемпературная печь ВЭП-11 состоит из термоблока и блока управления. Высокотемпературная печь ВЭП-11 оснащена микропроцессорным управлением, позволяющим получать высокую стабильность поддержания температуры и малую дискретность задания температуры.

Рабочим пространством печи является внутренний объем камеры из высокотемпературной высокоплотной керамики. Эта камера благодаря своим физическим свойствам обеспечивает защиту средств измерения из благородных металлов от агрессивных испарений, возникающих при температурах выше 1000°С.

2) Дифрактометр ДРОН-3 предназначен для решения широкого круга аналитических, технологических и научно-исследовательских задач материаловедения. Он предназначен для рентгенодифракционных исследований любых поликристаллических материалов. Независимое вращение вокруг осей 2q и q позволяет использовать прибор и для решения ряда задач монокристальной дифрактометрии.

3) Растровый электронный микроскоп-микроанализатор РЭМ-200 идеально подходит для решения широкого круга проблем в таких областях науки и техники как материаловедение, электроника, геология, медицина и др.

Высокие технические характеристики в растровом режиме и режиме микроанализа позволяют быстро и качественно исследовать топографию поверхности твердого тела с одновременным определением качественного и количественного элементного состава методом рентгеноспектрального анализа.

Рентгеноспектральный анализ не имеет себе равных по локальности (1 ч), чувствительности (10 - 100 ppm) и скорости проведения среди неразрушающих методов анализа для массивных и тонкопленочных образцов.

4) Вакуумный универсальный пост ВУП-5 предназначен для получения пленок из различных материалов с высокой производительностью методом магнетронного распыления, а также для подготовки объектов, исследуемых с помощью электронного микроскопа или других аналитических приборов.

5) Аналитические весы АВ-120-01 конструктивно состоят из двух блоков: весового и электронного соединенных кабелем длиной от 1,5 до 5 метров, что позволяет разместить весовой блок в вытяжном шкафу, а индикаторный блок за его пределами в удобном месте.

6) Машина МС-2000 - Полуавтоматический гидравлический пресс для разностороннего применения, как например формования, штамповки и гибки.

7) Оптический микроскоп Neophot 21 подходит для металлографических исследований. Позволяет получать увеличение от 20 до 2000 крат. Позволит получить данные о морфологии поверхности и структуре композиционных материалов (пористость, размеры зерен).