

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности



А.А. Панфилов

« 30 » 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ»

Направление подготовки 22.04.02. «Металлургия»
Профиль/программа подготовки - Metallurgy
Уровень высшего образования магистратура
Форма обучения очная

Се- местр	Трудоем- кость, Зач. ед./ час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
1	5 / 180	-	36	144	зачет
Итого	5 / 180	-	36	144	зачет

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: ознакомление с современными достижениями в развитии нанотехнологий в машиностроении, приобретение знаний по современным методам синтеза наноматериалов, их компактирования и производства изделий, которые определяют последующую специализацию выпускника и формируют содержание учебного плана подготовки магистра по направлению 22.04.02 «Металлургия»

Задачи:

- ознакомление студентов с современными методами синтеза нанопорошков, нановолокон, оборудованием и методами компактирования наноматериалов;
- выработка умения поставить типовые задачи и разработать алгоритм создания нанопорошков, наносистем, нанопокровов и процесс создания изделий целевого назначения;
- обучение использованию специальных методов компактирования наноматериалов и применения их в машиностроении широкого профиля.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Нанотехнологии в металлургии» относится к базовой части учебного плана. Пререквизиты дисциплины: физико-химические основы синтеза и получения материалов, неметаллические и аморфные материалы, материаловедение наноматериалов и наносистем.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	частичное	Знать возможности современных программных продуктов в области моделирования технологических процессов; Уметь применять программные продукты, такие как Microsoft Access и др.; Владеть методами исследования, необходимыми для научной работы
ПКО-5	частичное	Знать: методы определения физических, химических, механических и других свойств материалов и физико-химических процессов формирования материалов и изделий. Уметь: Анализировать данные о составе и их взаимосвязи со свойствами материалов, наиболее эффективных способах их переработки в изделия Владеть: способностью разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов
ПКО-8	частичное	Знать технологические процессы Уметь решать задачи, относящиеся к производству, на основе знаний технологических процессов, оборудования и инструментов, сырья и расходных материалов Владеть способностью решать задачи, относящиеся к производству, на основе знаний технологических процессов, оборудования и инструментов, сырья и расходных материалов

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Раздел 1 Синтез наночастиц Тема 1. Субмикроструктурные и нанокристаллические материалы	1	1		2		8	1/50	
2	Тема 2. Газофазный синтез наноразмерных частиц	1	2		2		8	1/50	
3	Тема 3. Синтез металлических наночастиц Fe-Co	1	3		2		8	1/50	
4	Тема 4. Синтез наночастиц в системе железо - углерод	1	4		2		8	1/50	
5	Тема 5. Термическое разложение солей при получении сплавов Cu-Al ₂ O ₃	1	5		2		8	1/50	
6	Тема 6. Особенности формирования наночастиц сплавов Cu + γ-Al ₂ O ₃ и WC-10%Co	1	6		2		8	1/50	Рейтинг – контроль № 1
7	Тема 7. Получение наноразмерных порошков путем диспергирования	1	7		2		8	1/50	
8	Раздел 2 Магнитные свойства металлов Тема 8. Магнитные свойства наночастиц железа в оксидной оболочке	1	8		2		8	1/50	
9	Тема 9. Магнитные свойства наночастиц железа, легированного кобальтом	1	9		2		8	1/50	
10	Раздел 3 Компактирование наноструктурных материалов Тема 10. Компактирование наноструктурированных материалов методами порошковой металлургии	1	10		2		8	1/50	
11	Тема 11. Компактирование сплавов Si-Al ₂ O ₃	1	11		2		8	1/50	
12	Тема 12. Компактирование наноструктурированных сплавов WC-Co	1	12		2		8	1/50	Рейтинг – контроль № 2
13	Тема 13. Компактирование наноструктурированных сплавов сталей и сплавов	1	13		2		8	1/50	
14	Раздел 4 Нанотехнологическая модификация металлов пластической деформацией Тема 14. Нанотехнологическая модификация металлов в условиях интенсивной пластической деформации	1	14		2		8	1/50	
15	Тема 15. Основные методы интенсив-	1	16		2		8	1/50	

	ной пластической деформации								
16	Тема 16. Интенсивная холодная деформация и формируемые при её применении микроструктуры	1	17		2		8	1/50	
17	Тема 17. Наномодификация металлов деформацией кручения под высоким давлением	1	18		2		8	1/50	
18	Тема 18. Компактирование наноструктурированных материалов методами порошковой металлургии	1			2		8	1/50	Рейтинг – контроль № 3
Всего за 1 семестр:		180 час			36		144	18/50	зачет
Итого по дисциплине		180 час			36		144	18/50	зачет

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1 Структура наноматериалов

Тема 1 Развитие нанотехнологий

Содержание темы 1. История развития нанотехнологий в мире. 2. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне и механизма его осуществления. 3. Происхождение термина "нанотехнологии". 4. Прогнозы развития нанотехнологии в ближайшей перспективе 5 Особенности поведения наноструктурных материалов. 6 Перспективные решения в развитии нанотехнологий. 7. Базовые термины с приставкой «нано»

Тема 2 Особенности структуры наноматериалов

Содержание темы 1. Геометрическая граница диапазона наноструктурных элементов 2. Принципиальное отличие наноструктурного состояния твердых тел 3. Влияние размера зерен на общую долю поверхностей раздела, на доли межзеренных границ и тройных стыков. 4. Влияние поверхностных атомов на физико-химические свойства материала 5. Процессы переноса в наноматериалах.

Тема 3 Классификации наноматериалов

Содержание темы 1. Первая категория наноматериалов 2. Вторая категория наноматериалов 3. Схема классификации наноматериалов 4. Третья категория наноматериалов 5. Четвертая категория наноматериалов 6. Объемные наноструктурные материалы 7. Способы изготовления объемных наноматериалов

Раздел 2 Консолидированные наноматериалы

Тема 4 Классификации конструкционных наноматериалов

Содержание темы 1. Приемы в нанотехнологии, обеспечивающие сочетание прочностных и эксплуатационных свойств 2. Способ получения наноконкомпозитов антифрикционного назначения 3. Методы порошковой металлургии при получении наноконкомпозитов 4. Основные физико-химические методы получения порошков для изготовления наноматериалов.

Тема 5. Синтез наноматериалов

Содержание темы: 1. Физические методы получения нанопорошков 2. Схемы получения нанопорошков методом распыления жидкого расплава 3. Механические методы получения наночастиц. 4. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц

Тема 6. Механосинтез наноматериалов

Содержание темы: 1. Механосинтез - разновидностью механического измельчения 2. Порошковая металлургия получения объемных нанокристаллических материалов 3. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния 4. Начальная стадия уплотнения при конденсации и компактирования 5. Вторая стадия уплотнения нанопорошков при конденсации и компактирования 6. Третья стадия компактирования

Тема 7. Получение наноразмерных порошков путем

Диспергирования

Содержание темы: 1. Этапы деформации при диспергировании 2. Дифрактограммы сплава на основе железа при увеличении времени помола 3. Определение размера частиц порошка 4. Сравнение микрофотографий относительно пластичных металлических порошков до и после помола 5. Получение частиц хрупких материалов 6. Предел механического разрушения твердых тел

Тема 8. Магнитные свойства наночастиц железа

в оксидной оболочке

Содержание темы: 1. Необходимость анализа структуры и распределения размеров наночастиц для прогнозирования магнитных свойств материалов 2. Характеристики магнитных свойств материалов: остаточная индукция (B_r), намагниченность (M), магнитный поток (Φ), магнитная проводимость (A), магнитное произведение (BH), коэрцитивная сила (H_c), потери на гистерезис (A_p) 3. Необходимость пассивации свежеполученных наночастиц металлического железа, получение оксидов 4. Гистерезис 5. Петли гистерезиса в зависимости от размера частиц железа с поверхностью из магнетита (Fe_3O_4) 6. Зависимость коэрцитивной силы (H) и намагниченности насы-

шения (M_s) от среднего размера частиц 7. Зависимости максимальной намагниченности наночастиц на основе Fe в оксидной оболочке (M) от размера (d).

Тема 9. Магнитные свойства наночастиц железа, легированного кобальтом

Содержание темы: 1. Зависимость намагниченности насыщения наночастиц на основе железа от содержания кобальта 2. Дефекты типа двойников 3. Характерные петли магнитного гистерезиса наночастиц на основе железа (a) и сплавов железо-кобальт 4. Сравнительные характеристики петель магнитного гистерезиса наночастиц 5. Коэрцитивная сила наночастиц чистого железа в компактном состоянии 6. Размеры суперпарамагнитных и парамагнитных наночастиц железа 7. Влияние размера ультрамалых частиц на основе железа на их фазовый состав 8. Зависимость максимума намагничиваемости и коэрцитивной силы от концентрации кобальта и размера наночастиц

Тема 10. Компактирование наноструктурированных материалов методами порошковой металлургии

Содержание темы: 1. Возможность получения уникальных свойств материалов 2. Компактирование неагломерированных нанопорошков железа и вольфрама 3. Анализ микрофотографии исследованных порошков вольфрама 4. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама 5. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама железа 6. Анализ микрофотографии излома прессовки железного порошка, полученной при давлении 600 МПа 7. Анализ микрофотографии излома прессованной заготовки из нанопорошка после прессования (a), в течение 15 мин 8. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при температуре 400 °С (b) 9. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при 500 °С (b) 10. Анализ микроструктуры изломов прессованной заготовки из нанопорошка после горячего прессования при 600 °С при давлении 25 МПа в течение 30 мин ($г$)

Тема 11. Компактирование сплавов Si-Al₂O₃

Содержание темы: 1. Закономерности компактирования порошковых композиционных сплавов Si-Al₂O₃ 2. Анализ микрофотографий формы и поверхности частиц порошка Si-Al₂O₃ после низкотемпературного восстановления 3. Относительная плотность прессовок Si-Al₂O₃ в зависимости от давления прессования 4. Логарифмическая зависимость относительной плотности прессовок Si-Al₂O₃ от давления прессования и состава порошка 5. Параметры уравнения и предел текучести образцов Si-Al₂O₃ в зависимости от концентрации алюминия 6. Изменения относительной плотности образцов Si-0,56 Al в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3) 7. Фактор уплотнения (DF) образцов Si-0,56 %Al в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3); Si-1,12 % Al при температуре спекания 900 °С (4), спрессованного при 380 МПа 8. Логарифмическая зависимость фактор уплотнения (DF) образцов Si-0,56 %Al от обратной температуры 9. Определение кажущейся энергии активации при постоянном факторе уплотнения 10. Условия получения компактированных образцов с высокой плотностью, превышающей 0,9 от теоретической. 11. Свойства компактированных образцов Si-Al₂O₃

Тема 12. Компактирование наноструктурированных сплавов WC-Co

Содержание темы: 1. Уплотнение порошкового сплава WC-10 % Co после спекания при 1400 °С 2. Устранение аномального роста зерна при спекании. 3. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. Размер частиц исходного порошка — 200-300 нм (a) 4. Анализ микроструктуры твердого сплава WC-10 % Co после спекания. (b) — без добавок ингибитора VC/TaC 5. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. с добавками 0,3% VC/TaC (b) и ($г$), соответственно. 6. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. с добавками 0,7 % VC/TaC ($г$) 7. Влияние времени спекания на твердость (a) твердого сплава WC-10 % Co. при среднем размере зерна после спекания на уровне 3 мкм. 8. Влияние концентрации добавок ингибитора и времени спекания на прочность (b) твердого сплава WC-10 % Co. 9. Состав W-10 %Co обеспечивающий максимальная прочность твердого сплава 10. Твердость по Виккерсу сплавов WC-10 %Co-X (HV) в зависимости от размера зерна карбида вольфрама (d). X - TaC/VC или Cr₂C₃ 11. Способ уменьшения роста зерна карбида вольфрама в ходе жидкофазного спекания

Тема 13. Компактирование наноструктурированных сплавов сталей и сплавов

Содержание темы 1. Получаемый размер зерен и характер формирующейся структуры при использовании метода ИПД 2. Формирование структуры в чистых металлах при использовании ИПД кручением 3. Струк-

туры в Cu, подвергнутой ИПД кручением 4. Формирование зерна в смеси -Fe и Ti при ИПД кручением
5. Формирование структуры в Cu, Ni и Al (РКУ)-прессованием

Раздел 4 Нанотехнологическая модификация металлов пластической деформацией

Тема 14. Нанотехнологическая модификация металлов в условиях интенсивной пластической деформации

Содержание темы: 1. Зависимость конечной структуры в сплавах, подвергнутых интенсивным деформациям, от предистории их получения
2. Формирование метастабильных наноструктурных состояний ИПД высокоуглеродистой стали У12
3. Структура стали У12 в исходно - нормализованном состоянии (*a*) и после ИПД кручением при комнатной температуре 4. Формирование наноструктур в металлокерамических композитах методом ИПД
5. Влияние многопроходной пакетной прокатки при $t = 600$ °С на структуру в ультранизкоуглеродистой стали 001 ЮТ 6. Микроструктура композита Al6061 + 10 %Al₂O₃ после деформации кручением
7. Свойства низкоуглеродистой стали 09Г2С результате обработки методом пакетной прокатки

Тема 15. Основные методы интенсивной пластической деформации

Содержание темы: 1. Интенсивная пластическая деформация, область применения
2. Методы получения объемных СМК- и НК-материалов
3. Процессы накопления деформации, используемые для обработки объемных заготовок
4. Схема кручения под высоким давлением
5. Схема всестороннейковки (ВК). принудительного рифления прессованием (ПРП)
6. Схема равноканального углового прессования (РКУ-прессование)
7. Схема равноканальной многоугольной экструзии ((РКМУЭ)
8. Схема винтовой экструзии (ВЭ), песочных часов ((ПЧ)
9. Схема кручения в составном контейнере под давлением (КСКД)
10. Схема повторяющегося рифления- выпрямления (ПРВ)
11. Схема пакетной гидроэкструзии (ПГ)
12. Схема пакетной прокатки (ПП)

Тема 16. Интенсивная холодная деформация и формируемые при её применении микроструктуры

Содержание темы: 1. Механизмы пластической деформации
2. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
3. Анализ механики простого сдвига
4. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
5. Особенности простого сдвига
6. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
7. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках

Тема 17. Наномодификация металлов деформацией кручения под высоким давлением

Содержание темы: 1. Механизмы пластической деформации
2. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
3. Анализ механики простого сдвига
4. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
5. Особенности простого сдвига
6. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
7. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках

Тема 18. Компактирование наноструктурированных материалов методами порошковой металлургии

Содержание темы: 1. Ограничения по применению методов ИПД 2. Метод деформационного упрочнения многопроходной пакетной прокатки (МПП) 3. Схема многоэтапной пакетной прокатки 4. Получения ультрамелкозернистой структуры в листе из малоуглеродистой низколегированной стали 5. Методика пакетной прокатки образцов на лабораторном
однокатковом двухвалковом прокатном стане 6. Постадийное изменение свойств материала при пакетной прокатке
7. Изменение вытянутости зерен при прокатке 8. Свойства материалов при прокатке 500-600 °С 9. Зависимость предела текучести стали 001 ЮТ от количества слоев в пакете 10. Перспективы исследований в развитии метода (МПП)

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Нанотехнологии в металлургии» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

1. Информационно-развивающие технологии (темы 1-18).
2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии (темы 1-18).
3. Личностно-ориентированные технологии обучения (темы 1-18).
4. Метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (темы 1-18).
5. Интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (темы 1-18).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3).

Вопросы рейтинг-контроля 1

1. История развития нанотехнологий в мире. 2. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне и механизма его осуществления. 3. Происхождение термина "нанотехнологии". 4. Прогнозы развития нанотехнологии в ближайшей перспективе 5 Особенности поведения наноструктурных материалов. 6 Перспективные решения в развитии нанотехнологий. 7. Базовые термины с приставкой «нано»
8. Геометрическая граница диапазона наноструктурных элементов 9. Принципиальное отличие наноструктурного состояния твердых тел 10. Влияние размера зерен на общую долю поверхностей раздела, на доли межзеренных границ и тройных стыков. 11. Влияние поверхностных атомов на физико-химические свойства материала 12. Процессы переноса в наноматериалах.
13. Первая категория наноматериалов 14. Вторая категория наноматериалов 15. Схема классификации наноматериалов 16. Третья категория наноматериалов 17. Четвертая категория наноматериалов 18. Объемные наноструктурные материалы 19. Способы изготовления объемных наноматериалов
20. Приемы в нанотехнологии, обеспечивающие сочетание прочностных и эксплуатационных свойств 21. Способ получения нанокомпозитов антифрикционного назначения 22. Методы порошковой металлургии при получении нанокомпозитов 23. Основные физико-химические методы получения порошков для изготовления наноматериалов.
24. Физические методы получения нанопорошков 25. Схемы получения нанопорошков методом распыления жидкого расплава 3. Механические методы получения наночастиц. 26. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц
27. Механосинтез - разновидностью механического измельчения 28. Порошковая металлургия получения объемных нанокристаллических материалов 29. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния 30. Начальная стадия уплотнения при конденсации и компактирования 31. Вторая стадия уплотнения нанопорошков при конденсации и компактирования 32. Третья стадия компактирования.

Вопросы рейтинг-контроля 2

1. Этапы деформации при диспергировании 2. Дифрактограммы сплава на основе железа при увеличении времени помола 3. Определение размера частиц порошка 4. Сравнение микрофотографий относительно пластичных металлических порошков до и после помола 5. Получение частиц хрупких материалов 6. Предел механического разрушения твердых тел
7. Необходимость анализа структуры и распределения размеров наночастиц для прогнозирования магнитных свойств материалов 8. Характеристики магнитных свойств материалов: остаточная индукция (B_r), намагниченность (M), магнитный поток (Φ), магнитная проводимость (A), магнитное произведение (BH), коэрцитивная сила (H_c), потери на гистерезис (A_p) 9. Необходимость пассивации свежеполученных наночастиц металлического железа, получение оксидов 10. Гистерезис 11. Петли гистерезиса в зависимости от размера частиц железа с поверхностью из магнетита (Fe_3O_4) 12. Зависимость коэрцитивной силы (H) и намагниченности насыщения (M_s) от среднего размера частиц 13. Зависимости максимальной намагниченности наночастиц на основе Fe в оксидной оболочке (M) от размера (d).
14. Зависимость намагниченности насыщения наночастиц на основе железа от содержания кобальта 15. Дефекты типа двойников 16. Характерные петли магнитного гистерезиса наночастиц на основе железа (a) и сплавов железо-кобальт 17. Сравнительные характеристики петель магнитного гистерезиса наночастиц 18. Коэрцитивная сила наночастиц чистого железа в компактном состоянии 19. Размеры суперпарамагнитных и парамагнитных наноча-

- стиц железа 20. Влияние размера ультрамалых частиц на основе железа на их фазовый состав. 21. Зависимость максимума намагничиваемости и коэрцитивной силы от концентрации кобальта и размера наночастиц 22. Возможность получения уникальных свойств материалов 23. Компактирование неагломерированных нанопорошков железа и вольфрама 24. Анализ микрофотографии исследованных порошков вольфрама 25. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама 26. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама железа 27. Анализ микрофотография излома прессовки железного порошка, полученной при давлении 600 МПа 28. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после прессования (а), в течение 15 мин 29.. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при температуре 400 °С (б) 30. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при 500°С(в) 31.. Анализ микроструктуры изломов прессованной заготовки из нанопорошка после горячего прессования при 600 °С при давлении 25 МПа в течение 30 мин (г) 32. Закономерности компактирования порошковых композиционных сплавов Си-А1₂О₃ 33. Анализ микрофотографий формы и поверхности частиц порошка Си-А1₂О₃ после низкотемпературного восстановления 34. Относительная плотность прессовок Си-А1₂О₃ в зависимости от давления прессования 35. Логарифмическая зависимость относительной плотности прессовок Си-А1₂О₃ от давления прессования и состава порошка 36. Параметры уравнения и предел текучести образцов Си-А1₂О₃ в зависимости от концентрации алюминия 37. Изменения относительной плотности образцов Си-0,56 А1 в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3) 38. Фактор уплотнения (DF) образцов Си-0,56 %А1 в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3); Си-1,12 % А1 при температуре спекания 900 °С (4), спрессованного при 380 МПа 39. Логарифмическая зависимость фактор уплотнения (DF) образцов Си-0,56 %А1 от обратной температуры 40. Определение кажущейся энергии активации при постоянном факторе уплотнения 41. Условия получения компактированных образцов с высокой плотностью, превышающей 0,9 от теоретической. 42. Свойства компактированных образцов Си-А1₂О₃ 43. Уплотнение порошкового сплава WC-10 % Со после спекания при 1400 °С 44. Устранение аномального роста зерна при спекании. 45. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Со после спекания. Размер частиц исходного порошка — 200-300 нм (а) 46. Анализ микроструктуры твердого сплава WC-10 % Со после спекания. (б) — без добавок ингибитора VC/TaC 47.. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Со после спекания. с добавками 0,3% VC/TaC (в) и (г), соответственно. 48.. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Со после спекания. с добавками 0,7 % VC/TaC (з) 49. Влияние времени спекания на твердость (а) твердого сплава WC-10 % Со. при среднем размере зерна после спекания на уровне 3 мкм. 50. Влияние концентрации добавок ингибитора и времени спекания на прочность (б) твердого сплава WC-10 % Со. 51. Состав W-10 %Со обеспечивающий максимальная прочность твердого сплава 52. Твердость по Виккерсу сплавов WC-10 %Со-Х (HV) в зависимости от размера зерна карбида вольфрама (d). Х - TaC/VC или Cr₂C₃ 53. Способ уменьшения роста зерна карбида вольфрама в ходе жидкофазного спекания

Вопросы рейтинг-контроля 3

1. Зависимость конечной структуры в сплавах, подвергнутых интенсивным деформациям, от предистории их получения
2. Формирование метастабильных наноструктурных состояний ИПД высокоуглеродистой стали У12
3. Структура стали У12 в исходно - нормализованном состоянии (а) и после ИПД кручением при комнатной температуре 4. Формирование наноструктур в металлокерамических композитах методом ИПД
5. Влияние многопроходной пакетной прокатки при $t = 600$ °С на структуру в ультранизкоуглеродистой стали 001 ЮТ 6. Микроструктура композита А16061 + 10 %А12О3 после деформации кручением
7. Свойства низкоуглеродистой стали 09Г2С результате обработки методом пакетной прокатки
8. Интенсивная пластическая деформация, область применения
9. Методы получения объемных СМК- и НК-материалов
10. Процессы накопления деформации, используемые для обработки объемных заготовок
11. Схема кручения под высоким давлением
12. Схема всестороннейковки (ВК). принудительного рифления прессованием (ПРП)
13. Схема равноканального углового прессования (РКУ-прессование)
14. Схема равноканальной многоугольной экструзии ((РКМУЭ)

15. Схема винтовой экструзии (ВЭ), песочных часов ((ПЧ)
16. Схема кручения в составном контейнере под давлением (КСКД)
17. Схема повторяющегося рифления- выпрямления (ПРВ)
18. Схема пакетной гидроэкструзии (ПГ)
19. Схема пакетной прокатки (ПП)
20. Механизмы пластической деформации
21. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
22. Анализ механики простого сдвига
23. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
24. Особенности простого сдвига
25. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
26. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках
27. Механизмы пластической деформации
28. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
29. Анализ механики простого сдвига
30. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
31. Особенности простого сдвига
32. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
33. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках
34. Ограничения по применению методов ИПД 35. Метод деформационного упрочнения многопроходной пакетной прокатки (МПП) 36. Схема многоэтапной пакетной прокатки
37. Получения ультрамелкозернистой структуры в листе из малоуглеродистой низколегированной стали 38. Методика пакетной прокатки образцов на лабораторном
- одноклетьевом двухвалковом прокатном стане 39. Постадийное изменение свойств материала при пакетной прокатке
40. Изменение вытянутости зерен при прокатке 41. Свойства материалов при прокатке 500-600 °С 42. Зависимость предела текучести стали 001 ЮТ от количества слоев в пакете 43. Перспективы исследований в развитии метода (МПП)

Вопросы к зачету

1. История развития нанотехнологий в мире. 2. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне и механизма его осуществления. 3. Происхождение термина "нанотехнологии".
4. Прогнозы развития нанотехнологии в ближайшей перспективе 5 Особенности поведения наноструктурных материалов. 6 Перспективные решения в развитии нанотехнологий. 7. Базовые термины с приставкой «нано»
8. Геометрическая граница диапазона наноструктурных элементов 9. Принципиальное отличие наноструктурного состояния твердых тел 10. Влияние размера зерен на общую долю поверхностей раздела, на доли межзеренных границ и тройных стыков.
11. Влияние поверхностных атомов на физико-химические свойства материала 12. Процессы переноса в наноматериалах.
13. Первая категория наноматериалов 14. Вторая категория наноматериалов 15. Схема классификации наноматериалов 16. Третья категория наноматериалов
17. Четвертая категория наноматериалов 18. Объемные наноструктурные материалы 19. Способы изготовления объемных наноматериалов
20. Приемы в нанотехнологии, обеспечивающие сочетание прочностных и эксплуатационных свойств 21. Способ получения нанокompозитов антифрикционного назначения
22. Методы порошковой металлургии при получении нанокompозитов 23. Основные физико-химические методы получения порошков для изготовления наноматериалов.
24. Физические методы получения нанопорошков. схемы получения нанопорошков методом распыления жидкого расплава 25 Механические методы получения наночастиц. 26. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц
27. Механосинтез - разновидностью механического измельчения 28. Порошковая металлургия получения объемных нанокристаллических материалов 29. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния
30. Начальная стадия уплотнения при конденсации и компактирования 31. Вторая стадия уплотнения нанопорошков при конденсации и компактирования 32. Третья стадия компактирования.

33. Этапы деформации при диспергировании 34. Дифрактограммы сплава на основе железа при увеличении времени помола 35. Определение размера частиц порошка 36. Сравнение микрофотографий относительно пластичных металлических порошков до и после помола 37. Получение частиц хрупких материалов 38. Предел механического разрушения твердых тел
39. Необходимость анализа структуры и распределения размеров наночастиц для прогнозирования магнитных свойств материалов 40. Характеристики магнитных свойств материалов: остаточная индукция (B_r), намагниченность (M), магнитный поток (Φ), магнитная проводимость (A), магнитное произведение (BH), коэрцитивная сила (H_c), потери на гистерезис (A_p) 41. Необходимость пассивации свежеполученных наночастиц металлического железа, получение оксидов 42. Гистерезис 43. Петли гистерезиса в зависимости от размера частиц железа с поверхностью из магнетита (Fe_3O_4) 44. Зависимость коэрцитивной силы (H) и намагниченности насыщения (M_s) от среднего размера частиц 45. Зависимости максимальной намагниченности наночастиц на основе Fe в оксидной оболочке (M) от размера (d).
46. Зависимость намагниченности насыщения наночастиц на основе железа от содержания кобальта 47. Дефекты типа двойников 48. Характерные петли магнитного гистерезиса наночастиц на основе железа (a) и сплавов железо-кобальт 49. Сравнительные характеристики петель магнитного гистерезиса наночастиц 50. Коэрцитивная сила наночастиц чистого железа в компактном состоянии 51. Размеры суперпарамагнитных и парамагнитных наночастиц железа 52. Влияние размера ультрамалых частиц на основе железа на их фазовый состав. 53. Зависимость максимума намагничиваемости и коэрцитивной силы от концентрации кобальта и размера наночастиц 54. Возможности получения уникальных свойств материалов 55. Компактирование неагломерированных нанопорошков железа и вольфрама 57. Анализ микрофотографии исследованных порошков вольфрама 58. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама 59. Зависимости относительной плотности прессовок от давления для порошков вольфрама железа 60. Анализ микрофотография излома прессовки железного порошка, полученной при давлении 600 МПа 61. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после прессования (a), в течение 15 мин 62. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при температуре 400 °C (b) 30. Анализ микрофотографии изломов прессованной заготовки из нанопорошка после спекания при 500°C (b) 63. Анализ микроструктуры изломов прессованной заготовки из нанопорошка после горячего прессования при 600 °C при давлении 25 МПа в течение 30 мин ($г$)
64. Закономерности компактирования порошковых композиционных сплавов Si-Al₂O₃ 64. Анализ микрофотографий формы и поверхности частиц порошка Si-Al₂O₃ после низкотемпературного восстановления
65. Относительная плотность прессовок Si-Al₂O₃ в зависимости от давления прессования 66. Логарифмическая зависимость относительной плотности прессовок Si-Al₂O₃ от давления прессования и состава порошка
67. Параметры уравнения и предел текучести образцов Si-Al₂O₃ в зависимости от концентрации алюминия
68. Изменения относительной плотности образцов Si-0,56 Al в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3)
69. Фактор уплотнения (DF) образцов Si-0,56 %Al в зависимости от времени спекания после прессования при 156 МПа (1); 380 МПа (2); 1005 МПа (3); Si-1,12 % Al при температуре спекания 900 °C (4), спрессованного при 380 МПа
70. Логарифмическая зависимость фактор уплотнения (DF) образцов Si-0,56 %Al от обратной температуры
71. Определение кажущейся энергии активации при постоянном факторе уплотнения 41. Условия получения компактированных образцов с высокой плотностью, превышающей 0,9 от теоретической.
72. Свойства компактированных образцов Si-Al₂O₃ 73. Уплотнение порошкового сплава WC-10 % Co после спекания при 1400 °C 74. Устранение аномального роста зерна при спекании.
75. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. Размер частиц исходного порошка — 200-300 нм (a)
76. Анализ микроструктуры твердого сплава WC-10 % Co после спекания. (b) — без добавок ингибитора VC/TaC
77. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. с добавками 0,3% VC/TaC (b) и ($г$), соответственно. 78. Анализ микроструктура твердого сплава WC-10 % Co после спекания. с добавками 0,7 % VC/TaC ($г$) 79. Влияние времени спекания на твердость (a) твердого сплава WC-10 % Co. при среднем размере зерна после спекания на уровне 3 мкм.
80. Влияние концентрации добавок ингибитора и времени спекания на прочность (b) твердого сплава WC-10 % Co. 81. Состав W-10 %Co обеспечивающий максимальная прочность твердого сплава
82. Твердость по Виккерсу сплавов WC-10 %Co-X (HV) в зависимости от размера зерна карбида вольфрама (d). X - TaC/VC или Cr₂C₃
83. Способ уменьшения роста зерна карбида вольфрама в ходе жидкофазного спекания
84. Зависимость конечной структуры в сплавах, подвергнутых интенсивным деформациям, от предистории их получения

85. Формирование метастабильных наноструктурных состояний ИПД высокоуглеродистой стали У12
86. Структура стали У12 в исходно - нормализованном состоянии (*a*) и после ИПД кручением при комнатной температуре
87. Формирование наноструктур в металлокерамических композитах методом ИПД
88. Влияние многопроходной пакетной прокатки при $t = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ на структуру в ультранизкоуглеродистой стали 001 ЮТ
89. Микроструктура композита А16061 + 10 %А12О3 после деформации кручением
90. Свойства низкоуглеродистой стали 09Г2С результате обработки методом пакетной прокатки
91. Интенсивная пластическая деформация, область применения
92. Методы получения объемных СМК- и НК-материалов
93. Процессы накопления деформации, используемые для обработки объемных заготовок
94. Схема кручения под высоким давлением
95. Схема всесторонней ковки (ВК), принудительного рифления прессованием (ПРП)
96. Схема равноканального углового прессования (РКУ-прессование)
97. Схема равноканальной многоугольной экструзии ((РКМУЭ))
98. Схема винтовой экструзии (ВЭ), песочных часов ((ПЧ))
99. Схема кручения в составном контейнере под давлением (КСКД)
100. Схема повторяющегося рифления-выпрямления (ПРВ)
101. Схема пакетной гидроэкструзии (ПГ)
102. Схема пакетной прокатки (ПП)
103. Механизмы пластической деформации
104. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
103. Анализ механики простого сдвига
104. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
105. Особенности простого сдвига
106. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
107. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках
108. Механизмы пластической деформации
109. Напряженное состояние при плоской деформации, линии скольжения
110. Анализ механики простого сдвига
111. Схема однородного напряженного состояния и соответствующие ему кинематические состояния чистого и простого сдвига
112. Особенности простого сдвига
113. Виды интенсивной холодной деформации и формируемая при их применении микроструктура
114. Основные требования к методам интенсивной пластической деформации при создании наноструктур в объемных образцах и заготовках
114. Ограничения по применению методов ИПД
115. Метод деформационного упрочнения многопроходной пакетной прокатки (МПП)
116. Схема многоэтапной пакетной прокатки
117. Получения ультрамелкозернистой структуры в листе из малоуглеродистой низколегированной стали
118. Методика пакетной прокатки образцов на лабораторном
- однокатковом двухвалковом прокатном стане
119. Постадийное изменение свойств материала при пакетной прокатке
120. Изменение вытянутости зерен при прокатке
121. Свойства материалов при прокатке 500-600 °С
112. Зависимость предела текучести стали 001 ЮТ от количества слоев в пакете
123. Перспективы исследований в развитии метода (МПП)

Темы контрольных работ (самостоятельная работа)

1. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне и механизма его осуществления.
2. Наноматериалы.
3. Нанонаука. Наночастица.
4. Нанокompозиты.
5. Нанотехника.
6. Наноиндустрия.
7. Продукция наноиндустрии.
8. Геометрическая граница диапазона наноструктурных элементов
9. Оценка поверхности наночастиц.
10. Принципиальное отличие наноструктурного состояния твердых тел
11. Характерный размер наноматериала определяющий физическое явление

12. Процессы переноса в наноматериалах.
13. Консолидированные наноматериалы
14. Нанозерна
15. Нанополупроводники, нанополимеры и нанобиоматериалы
16. Фуллерены и тубулярные наноструктуры, нанопористые материалы
17. Катализаторы и супрамолекулярные структуры
18. Прогнозы развития нанотехнологии в ближайшей перспективе
19. Особенности поведения наноструктурных материалов.
20. Перспективные решения в развитии нанотехнологий.
21. Геометрическая граница диапазона наноструктурных элементов
22. Принципиальное отличие наноструктурного состояния твердых тел
23. Влияние размера зерен на общую долю поверхностей раздела, на доли межзеренных границ и тройных стыков.
24. Влияние поверхностных атомов на физико-химические свойства материала
25. Процессы переноса в наноматериалах.
26. Объемные наноструктурные материалы
27. Способ получения нанокомпозитов антифрикционного назначения
28. Методы порошковой металлургии при получении нанокомпозитов
29. Основные физические методы получения нанопорошков
30. Схемы получения нанопорошков методом распыления жидкого расплава
31. Химические методы синтеза нанопорошков
32. Механические методы получения наночастиц.
33. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц
34. Механосинтез - разновидностью механического измельчения

По тематике контрольных работ возможно опубликование статей в научных изданиях международных конференций.

Основной учебник: . Солнцев Ю.П., Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Вологжанина С.А., Петкова А.П. - 2-е изд., стереотип. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 336 с. - ISBN 978-5-93808-296-0 Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082960.html>

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Солнцев Ю.П., Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Вологжанина С.А., Петкова А.П. - 2-е изд., стереотип. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 336 с. - ISBN 978-5-93808-296-0	2017	(2004г) 10	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082960.html
2. Андриевский Р.А., Наноматериалы на	2016		Режим доступа:

металлической основе в экстремальных условиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.А. Андриевский - М. : Лаборатория знаний, 2016. - 105 с. (Нанотехнологии) - ISBN 978-5-00101-418-8 -1			http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014188.html
5. Кабалдин Ю.Г. , Выбор состава и структуры износостойких наноструктурных покрытий для твердосплавного режущего инструмента на основе квантово-механического моделирования. [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Ю.Г. Кабалдин, О.В. Кретинин, Д.А. Шатагин, Е.Е. Власов - М.: Машиностроение, 2017. - 216 с. - ISBN 978-5-9500364-6-0 -	2017		Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785950036460.html
Дополнительная литература			
Григорьев С.Н. , Методы повышения стойкости режущего инструмента [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов / Григорьев С.Н. - М.: Машиностроение, 2011. - 368 с. - ISBN 978-5-94275-591-1	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755911.html
3. Витязь П.А. , Наноматериаловедение [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидунович, Д.В. Куис - Минск : Выш. шк., 2015. - 511 с. - ISBN 978-985-06-2356-0	2015		- Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850623560.html
6. Утяшев Ф.З. , Теория и практика деформационных методов формирования нанокристаллической структуры в металлах и сплавах [Электронный ресурс] / Ф.З. Утяшев, Г.И. Рааб, В.Г. Шибиков, М.М. Ганиев - Казань : Казанский ГМУ, 2016. - 208 с. - ISBN 978-5-00019-658-8 -	2016		Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000196588.html

7.2. Периодические издания

- журнал «Нано Дайджест»;
- журнал «Нано- и микросистемная технока»;
- журнал «Наноматериалы и нанотехнологии-Наноиндустрия»;
- журнал «Наука и технологии России-STRF.ru@»
- журнал «Российские нанотехнологии»;
- журнал «Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение)»;
- журнал « Нанотехника».

7.3. Интернет-ресурсы

- сайты ведущих научных журналов по нанотехнологиям-технологии;
- электронные библиотечные системы библиотеки ВлГУ (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические работы проводятся в компьютерном классе

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия».

Рабочую программу составил д.т.н., профессор, профессор кафедры ТФ и КМ

 А.И.Христофоров

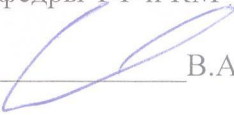
Рецензент

(Представитель работодателя)

Начальник по производству ООО НПО «ИнЛитТех»  Е.В.Бельмисова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТФ и КМ

Протокол № 1 от 30.08 2019 г.

Заведующий кафедрой ТФ и КМ д.т.н., профессор  В.А.Кечин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 22.04.02 «Металлургия»

Протокол № 1 от 30.08 2019 г.

Председатель комиссии д.т.н., профессор  В.А.Кечин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа переутверждена на _____ учебный год

Протокол № _____ от _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой ТФ и КМ д.т.н., профессор _____ В.А.Кечин

Рабочая программа переутверждена на _____ учебный год

Протокол № _____ от _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой ТФ и КМ д.т.н., профессор _____ В.А.Кечин

Рабочая программа переутверждена на _____ учебный год

Протокол № _____ от _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой ТФ и КМ д.т.н., профессор _____ В.А.Кечин

Рабочая программа переутверждена на _____ учебный год

Протокол № _____ от _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой ТФ и КМ д.т.н., профессор _____ В.А.Кечин