

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение**

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
Института технологий и инженерной
механики



(подпись) Могильная Е.П.
« 18 » 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ДИФФУЗИОННАЯ ТЕОРИЯ В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»

По направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Магистерская программа: «Функциональные материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Диффузионная теория в порошковой металлургии» по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов. – 13 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Диффузионная теория в порошковой металлургии» составлена с учетом государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.04.2018 № 306 редакция с изменениями от 26.11.2020 №1456.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения Л.А. Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической
комиссии института _____

Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – получение знаний о роли и механизмах диффузии при получении порошковых материалов и изделий.

Задачи:

- изучить закономерности диффузии,\;
- изучить диффузионные процессы при спекании порошковых материалов;
- диффузионные процессы при химико-термической обработке порошковых материалов;
- диффузионные процессы при нанесении покрытий.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Диффузионная теория в порошковой металлургии» входит в блок дисциплин по выбору 1.Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Теория и технология нанесения получения порошковых материалов и изделий» и служит основой для дисциплин «Прессование, спекание и горячая обработка порошковых материалов», «Функциональные материалы, покрытия».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-1.1. Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности	Знать: состав и способы обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности Уметь: разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности Владеть: разработки рекомендаций по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью

		повышения конкурентоспособности	их
--	--	------------------------------------	----

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6.0 зач. ед)	
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	45	
Лекции	30	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	15	
Лабораторные работы	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Самостоятельная работа студента (всего)	171	
Итоговая аттестация	зачёт	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Закономерности диффузии.

Понятие и классификация диффузионных процессов. Вывод первого закона Фика на основе атомной теории диффузии. Физический смысл первого уравнения Фика. Вывод второго закона Фика на основе термодинамической теории. Физический смысл второго уравнения Фика. Коэффициенты диффузии и самодиффузии, физический смысл. Зависимость коэффициентов диффузии от температуры. Механизмы диффузии в металлах. Влияние дислокаций на диффузию.

Тема 2. Диффузионные процессы при спекании порошковых материалов.

Феноменологической теории диффузии. Диффузионные свойства в порошковых телах. Формирование межчастичных контактов при спекании. Влияние пористости на диффузию. Диффузионная зона. Концентрация элементов в диффузионной зоне. Метод функций Грина для описания диффузии. Начальные и граничные условия. Влияние температуры спекания на диффузию в порошковом теле. Влияние степени пластической деформации на диффузию в порошковом теле. Влияние параметров пластической деформации на коэффициенты диффузии. Расчёт коэффициентов диффузии по методу Матано. Особенности

многокомпонентного диффузионного насыщения хромом, кремнием и марганцем изделий из порошковых материалов на основе железа.

Тема 3. Диффузионные процессы при химико-термической обработке порошковых материалов.

Структура и фазовый состав поверхностного слоя, образующегося в порошковых сталях на основе железа, подвергнутых низкотемпературному диффузионному насыщению азотом и углеродом. Зависимость строения диффузионного слоя от содержания легирующих элементов и продолжительности процесса обработки. Схема формирования структуры и фазового состава порошковых материалов после диффузионного насыщения. Однокомпонентное насыщение металлами и неметаллами. Многокомпонентное насыщение металлами и неметаллами. Насыщение из порошковых смесей. Прямоточный и циркуляционный методы диффузионного насыщения из газовых сред. Диффузионное насыщение из расплавов металлов. Насыщение из паст и суспензий.

Тема 4. Диффузионные процессы при нанесении покрытий.

Чистота поверхности. Тугоплавкие соединения. Диффузионный барьер. Одно- и многослойные покрытия. Моделирование диффузионных покрытий.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Закономерности диффузии.	6	
2	Диффузионные процессы при спекании порошковых материалов.	8	
3	Диффузионные процессы при химико-термической обработке порошковых материалов	8	
4	Диффузионные процессы при нанесении покрытий.	8	
Итого:		30	

4.4. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

4.5. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Изучение законов Фика применительно к порошковым материалам.	2	
2	Изучение диффузионных процессов при спекании порошковых	4	

	материалов		
3	Изучение диффузионных процессов при химико-термической обработке порошковых материалов.	4	
4	Изучение диффузионных процессов при нанесении покрытий.	5	
Итого:		15	

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Закономерности диффузии.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию.	20	
2	Диффузионные процессы при спекании порошковых материалов.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию	28	
3	Диффузионные процессы при химико-термической обработке порошковых материалов	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию	24	
4	Диффузионные процессы при нанесении покрытий.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию	28	
5	Выполнение индивидуального задания		30	
6	Подготовка к зачёту		21	
Итого:			171	

4.7. Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- технология коллективного взаимодействия, в том числе совместное решение проблемных задач, ситуаций, кейсов;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов;
- технология адаптивного обучения, в том числе проведение консультаций преподавателя.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Панов В.С., Технология и свойства спеченных твердых сплавов / Панов, В.С. - М. : МИСиС, 2013. - 144 с. - ISBN 978-5-87623-700-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876237002.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Аникин В.Н., Теоретические основы спекания порошков : механизмы припекания сферических тел : курс лекций / Аникин В.Н., Блинков И.В., Челноков В.С., Пьянов А.А., Волхонский А.О. - М. : МИСиС, 2013. - 94 с. - ISBN 978-5-87623-698-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236982.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Новиков И.И., Металловедение : учеб. В 2 т. Т. 2. Термическая обработка. Сплавы / Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К., Белов Н.А., Ливанов Д.В., Медведева С.В., Аксенов А.А., Евсеев Ю.В. - М. : МИСиС, 2014. - 528 с. - ISBN 978-5-87623-217-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876232175.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Панов В.С., Теоретические основы прочности спеченных твердых сплавов / Панов, В.С. - М. : МИСиС, 2011. - 83 с. - ISBN 978-5-87623-399-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233998.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
3. Витязь П.А., Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / П.А. Витязь [и др.] ; под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева - Минск : Белорус. наука, 2011. - 283 с. - ISBN 978-985-08-1292-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850812926.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
4. Магомедов М.Н., Изучение межатомного взаимодействия, образования вакансий и самодиффузии в кристаллах / Магомедов М.Н. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-1246-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112468.html> (дата обращения: 14.03.2020). -
Режим доступа : по подписке.

в) методические указания:

Методические указания к выполнению практическим занятиям по дисциплине «Диффузионная теория в порошковой металлургии» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов, /Сост.: Л.А. Рябичева, Ю.Н. Никитин. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2019.

г) Интернет-ресурсы:

MATERIALOLOGY. - www.materialology.com Материаловедение.-
www.materialscience.ru ЭБС ZNANIUM.COM (НИЦ ИНФРА-М) - <http://znanium.com/>
ЭБС .БиблиоРоссика - www.bibliorossica.com ЭБС Издательства. Лань. -
<http://e.lanbook.com/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –
<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация программы дисциплины требует наличия аудиторий и лаборатории.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащённая презентационной техникой (мультимедиапроектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: компьютерный класс, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Рабочее место преподавателя, оснащённое компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов по количеству обучающихся, оснащённые компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx

Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Диффузионная теория в порошковой металлургии»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	УК-1	УК-1. Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью	УК-1.1. Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности	Тема 1. Закономерности диффузии. Тема 2. Диффузионные процессы при спекании порошковых материалов. Тема 3. Диффузионные процессы при химико-термической обработки порошковых	3

		повышения их конкурентоспособности		материалов Тема 4. Диффузионные процессы при нанесении покрытий	
--	--	------------------------------------	--	---	--

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	УК-1	УК-1.1. Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности	Знать: состав и способы обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности Уметь: разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности Владеть: разработки рекомендаций по составу и способам обработки функциональных материалов, покрытий с целью повышения их конкурентоспособности	Тема 1. Закономерности диффузии. Тема 2. Диффузионные процессы при спекании порошковых материалов. Тема 3. Диффузионные процессы при химико-термической обработки порошковых материалов Тема 4. Диффузионные процессы при нанесении покрытий	Выполнение индивидуального задания, сдача практических работ, зачёт

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачёт)

Вопросы к зачёту:

1. Объясните закономерности диффузии в порошковых материалах.
2. Классификация диффузионных процессов.

3. Вывод первого закона Фика на основе атомной теории диффузии.
4. Физический смысл первого уравнения Фика.
5. Вывод второго закона Фика на основе термодинамической теории.
6. Физический смысл второго уравнения Фика.
7. Объясните физический смысл коэффициентов диффузии и самодиффузии.
8. Объясните зависимость коэффициентов диффузии от температуры.
9. Объясните механизмы диффузии в металлах.
10. Влияние дислокации на диффузию.
11. Феноменологическая теория диффузионных процессов при спекании порошковых материалов.
12. Диффузионные свойства в порошковых телах.
13. Объясните формирование межчастичных контактов при спекании.
14. Зависимость пористости от механизмов диффузионных процессов.
15. Объясните условия образования диффузионной зоны.
16. Изменение концентрации элементов в диффузионной зоне.
17. Объясните применение метода функций Грина для описания диффузии.
18. Применение начальных и граничных условий при решении задач диффузии.
19. Влияние температуры спекания на диффузию в порошковом теле.
20. Влияние степени пластической деформации на диффузию в порошковом теле
21. Влияние параметров пластической деформации на коэффициенты диффузии.
22. Расчёт коэффициентов диффузии по методу Матано.
23. Особенности многокомпонентного диффузионного насыщения хромом, кремнием и марганцем изделий из порошковых материалов на основе железа.
24. Объясните диффузионные процессы при химико-термической обработке порошковых материалов.
25. Объясните структуру и фазовый состав поверхностного слоя, образующегося в порошковых сталях на основе железа, подвергнутых низкотемпературному диффузионному насыщению азотом и углеродом.
26. Зависимость строения диффузионного слоя от содержания легирующих элементов и продолжительности процесса обработки.
27. Объясните схему формирования структуры и фазового состава порошковых материалов после диффузионного насыщения.
28. Однокомпонентное насыщение металлами и неметаллами.
29. Многокомпонентное насыщение металлами и неметаллами.
30. Механизмы насыщения из порошковых смесей.

31. Прямоточный и циркуляционный методы диффузионного насыщения из газовых сред.
32. Диффузионное насыщение из расплавов металлов.
33. Насыщение из паст и суспензий.
34. Диффузионные процессы при нанесении покрытий.
35. Влияние чистоты поверхности на диффузионные процессы при нанесении покрытий.
36. Физический смысл диффузионного барьера.
37. Диффузия в однослойных покрытиях.
38. Диффузия в многослойных покрытиях.
39. Математические модели процесса нанесения диффузионных покрытий.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – зачёт

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
Зачёт сдан на высоком уровне	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
Зачёт сдан на среднем уровне	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
Зачёт сдан на низком уровне	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
Зачёт сдан на неудовлетворительном уровне	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)