

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор НИУ «МЭИ»

Драгунов В.К.

«24» июня 2019 г.



Программа аспирантуры

Направление: 15.06.01 «Машиностроение»

Направленность (специальность): 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Методы исследования материалов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 05.02.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства Образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. №881, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.02.10 Сварка, родственные процессы технологии, утвержденной приказом Министерства Образования и науки РФ от 2 сентября 2014 г. № 1192.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение основных методов исследования структуры, фазового и химического состава материалов, используемых при получении неразъемных соединений, наплавки, резки и нанесении покрытий.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных методов исследования материалов с использованием оптической и электронной микроскопии;
- изучение основных методов основных способов фазового анализа материалов;
- изучение основных методов рентгеновской, оптико-эмиссионной и масс-спектрометрии;
- изучение физических основ работы исследовательского оборудования.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность планировать и проводить экспериментальные исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов (ОПК-5);
- способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-6);
- способность к критической оценке последствий новых научных достижений и разработки новых технических решений в рамках своей специальности (ПК-5).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- методы теоретических и экспериментальных исследований в выбранной сфере деятельности (ОПК-5);
- цели и задачи научных исследований в области получения и обработки материалов, основные источники научно-технической информации в этих областях и требования к представлению информационных материалов (ОПК-6);
- современное состояние науки в выбранной области (ПК-5).

Уметь:

- выбирать и применять экспериментальные и аналитические методы исследования представлять и продвигать полученные результаты (ОПК-5);
- самостоятельно разрабатывать план работы, методы исследования и способы обработки полученных результатов, представлять в соответствующем виде полученные научные результаты (ОПК-6);
- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах (ПК-5).

Владеть:

- навыками планирования исследования и анализа получаемых результатов (ОПК-5);
- системными знаниями в области получения и обработки материалов, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ в этих областях (ОПК-6);
- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации (ПК-5).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Математические методы обработки экспериментальных данных

(12 часов)

Основные положения теории вероятностей. Эксперимент как предмет исследования. Ошибки измерений и их оценка. Ошибки измерений: промахи, систематические, случайные. Обработка результатов прямого измерения. Округление результатов. Выборочный метод. Математическое ожидание и дисперсия дискретной случайной величины. Функция распределения. Плотность распределения вероятностей. Законы распределения вероятностей: нормальный, показательный, равномерный. Количественная металлография.

Методы пробоподготовки образцов для металлографических

исследований (12 часов)

Задачи металлографического исследования и испытания материалов. Условия получения изображений в оптической микроскопии. Способы обработки поверхности образца. Технология изготовления образцов. Изготовление специальных образцов. Способы металлографического травления. Приготовление объектов для ПЭМ. Метод реплик и его применение.

Оптическая микроскопия (18 часов)

Оптическая схема инвертированного микроскопа отраженного света. Основные узлы микроскопа. Типы микроскопов. Разрешающая способность, числовая апертура и глубина резкости микроскопа. Полезное увеличение. Аберрации оптических систем. Типы объективов по степени исправления аберраций. Методы контрастирования. Преимущества и недостатки использования оптической микроскопии в материаловедении.

Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия (24 часа)

Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ. Основные типы контраста в ПЭМ. Основы кинематической теории дифракционного контраста. Принципы динамической теории. Контраст на кристаллах с дефектами. Анализ гетерогенного сплава. Контраст собственно на включениях. Режим СТЭМ. Принцип работы сканирующего (растрового) электронного микроскопа (РЭМ). Основные типы сигналов, которые генерируются и детектируются в процессе работы РЭМ. Разрешающая способность. Преимущества и недостатки использования электронной микроскопии в материаловедении.

Методы определения химического состава материалов (18 часов)

Пробирный метод. Рентгенофлуоресцентный анализ. Эмиссионные методы. Основные типы спектрометров для определения состава металлов: рентгенофлуоресцентный спектрометр, искровой оптико-эмиссионный спектрометр, лазерный спектрометр, масс-спектрометр. Преимущества и

недостатки. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Рентгеноспектральный микроанализ в электронной микроскопии.

Методы определения фазового состава материалов (24 часа)

Основные методы определения фазового состава. Качественный и количественный рентгенографический фазовый анализ. Дифракция электронов в ПЭМ. Дифракция отраженных электронов в РЭМ.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:
3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

а) Вопросы для самоконтроля

1. Каковы причины возникновения ошибок измерений при эксперименте?
2. От чего зависит погрешность результатов? Как можно ее оценить и минимизировать?
3. Какие законы распределения вероятностей вы знаете? Что такое плотность распределения вероятностей?
4. Какие способы определения размера зерна вы знаете? В чем преимущества и недостатки каждого?
5. Почему металлографические образцы шлифуются и полируются в несколько шагов?
6. Зачем нужно травление образцов?
7. Какие способы травления вы знаете?
8. Почему возникает контраст на поверхности образца?
9. Как можно подготовить образец для ПЭМ?
10. В чем преимущества и недостатки метода реплик?
11. Как избавиться от наклепанного слоя при подготовке образцов для РЭМ?
12. Что такое инвертированный микроскоп?
13. Какие виды осветителей бывает у оптических микроскопов? Какие у них есть преимущества и недостатки?
14. Зачем нужна апертурная диафрагма?

15. Бывают ли точечные осветители?
16. Какие виды aberrаций оптических систем вы знаете?
17. Почему возникают сферические aberrации?
18. Почему возникают хроматические aberrации, как с ними бороться??
19. Что такое дисторсия?
20. Что такое числовая апертура?
21. Зачем применяют иммерсионное масло?
22. Что значит, если на объективе написано «plan achromat»?
23. Какие методы контрастирования в оптической микроскопии вы знаете?
24. Чем ограничена разрешающая способность оптической системы?
25. Почему разрешающая способность электронных микроскопов на несколько порядков выше оптических?
26. Как формируется изображение в ПЭМ?
27. Какие виды катодов бывают в электронных микроскопах?
28. Как можно добиться контраста в ПЭМ?
29. От чего зависит глубина проникновения электрона в материал?
30. Какие виды излучения генерируются при взаимодействии электронных пучков с образцом? Для чего их можно использовать?
31. Что такое гониометр?
32. Какие преимущества и недостатки у РЭМ по сравнению с ПЭМ?
33. Какие методы определения химического состава вы знаете?
34. В чем преимущества и недостатки пробирного метода?
35. Какие области применения у различных спектрометров?
36. Какие спектрометры применяются в электронной микроскопии в качестве дополнительной приставки?
37. На чем основан принцип определения фазового состава?
38. Почему возникает дифракция на кристаллической решетке?
39. Что такое дифрактометр?
40. Почему в стационарных дифрактометрах используют рентгеновское излучение?

41. Можно ли с помощью электронного микроскопа определить тип и параметры кристаллической решетки?

б) Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Основные положения теории вероятностей. Эксперимент как предмет исследования. Ошибки измерений и их оценка. Ошибки измерений: промахи, систематические, случайные.
2. Обработка результатов прямого измерения. Округление результатов. Выборочный метод.
3. Математическое ожидание и дисперсия дискретной случайной величины. Функция распределения. Плотность распределения вероятностей. Законы распределения вероятностей: нормальный, показательный, равномерный.
4. Количественная металлография.
5. Задачи металлографического исследования и испытания материалов. Условия получения изображений в оптической микроскопии.
6. Способы обработки поверхности образца. Технология изготовления образцов. Изготовление специальных образцов.
7. Способы металлографического травления.
8. Приготовление объектов для ПЭМ.
9. Метод реплик и его применение.
10. Оптическая схема инвертированного микроскопа отраженного света.
11. Основные узлы микроскопа. Типы микроскопов.
12. Разрешающая способность, числовая апертура и глубина резкости микроскопа. Полезное увеличение.
13. Аберрации оптических систем. Типы объективов по степени исправления аберраций.
14. Методы контрастирования. Преимущества и недостатки использования оптической микроскопии в материаловедении.
15. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ.

16. Основные типы контраста в ПЭМ. Основы кинематической теории дифракционного контраста. Принципы динамической теории. Контраст на кристаллах с дефектами. Анализ гетерогенного сплава. Контраст собственно на включениях.
17. Режим СТЭМ.
18. Принцип работы сканирующего (растрового) электронного микроскопа (РЭМ).
19. Основные типы сигналов, которые генерируются и детектируются в процессе работы РЭМ. Разрешающая способность.
20. Преимущества и недостатки использования электронной микроскопии в материаловедении.
21. Пробирный метод. Рентгенофлуоресцентный анализ. Эмиссионные методы.
22. Основные типы спектрометров для определения состава металлов: рентгенофлуоресцентный спектрометр, искровой оптико-эмиссионный спектрометр, лазерный спектрометр, масс-спектрометр. Преимущества и недостатки.
23. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Рентгеноспектральный микроанализ в электронной микроскопии.
24. Основные методы определения фазового состава.
25. Качественный и количественный рентгенографический фазовый анализ.
26. Дифракция электронов в ПЭМ. Дифракция отраженных электронов в РЭМ.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов [и др.] ; под ред. Г. П. Фетисова. — 8-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 386 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-06770-5.

2. Фульц Б., Хау Дж. М. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов //Учебник. — Москва: Техносфера, 2011. — 904 с. — ISBN 978-5-94836-291-5, 978-3-540-43764-2. 3 шт.

3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов / Н. В. Волков, [и др.], //Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ" ; общ. ред. Б. А. Калинин . – 2012 . – 800 с. - ISBN 978-5-7262-1814-4 2 шт.

4. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] / под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга ; пер. с англ. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 600 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

Дополнительная литература:

5. Анисович А.Г., Румянцева И.Н. Практика металлографического исследования материалов. Монография. — Минск: Беларус. навука, 2013. — 221 с.

6. Бахолдин А.В. Оптические микроскопы. Раздел 1. Теория микроскопов. СПб.: Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский Университет Информационных Технологий, Механики и Оптики, 2012, 45 с.

7. Быков А.В. Физические методы исследования. Учебное пособие. - Тверь: ТГТУ, 2010. - 160 с.

8. Денисова Э.И., Карташов В.В., Рычков В.Н. Прикладное материаловедение: Металлы и сплавы // Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2018. — 216 с. — ISBN 978-5-7996-2471-2.