Приложение 5.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Институт математики, физики и информационных технологий

Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института математики, физики

и информационных технологий

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Королева Н.Л.



«28» марта 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«Электрофизические способы стабилизации механических свойств материалов»**

Научная специальность:

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

по программам подготовки научных и

научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Тамбов 2023

**Автор программы:** Шибков А.А., доктор физико-математических наук, профессор

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики «23» марта 2023 года Протокол № 6

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |
| --- |
| 1. Цели и задачи дисциплины |
| 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры |
| 3. Объем и содержание дисциплины |
| 4. Контроль знаний обучающихся |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины |
| 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы |
|  |

**1. Цели и задачи дисциплины**

**1.1 Цель дисциплины** - заключается в углубленном изучении механизмов эволюции механических свойств конструкционных и функциональных материалов, а также принципов управления механическими свойствами материалов на основе электрофизических методов.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- развитие теоретических представлений и навыков научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния, а именно в направлении управления механическими свойствами материалов на основе электрофизических методов;

- освоение методов научных исследований; освоение теорий и моделей; участие в проведении физических исследований по выбранной тематике с использованием методов стабилизации физических свойств материалов, участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне, работа с научной литературой;

- освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности.

**1.3 Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- феноменологию и теоретические основы электрофизических методов стабилизации механических свойств;

- принципы мониторинга и управления физико-механическими свойствами материалов электрофизическими методами.

**Уметь:**

- определять структурно-чувствительные дефекты материалов и пороговые уровни электрофизических воздействий, необходимых для влияния на них;

- количественно и качественно оценивать эффективность электрофизических воздействий на материалы.

**Владеть:**

- навыками организации и постановки научных исследований с использованием электрофизических методов;

- методами диагностики механических свойств материалов в условиях электрофизических воздействий.

**2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:**

Дисциплина «Электрофизические способы стабилизации механических свойств материалов» относится к образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния. Дисциплина является элективной.

Дисциплина «Электрофизические способы стабилизации механических свойств материалов» изучается во 2 семестре.

**3. Объём и содержание дисциплины**

**3.1 Объем дисциплины**

Очная форма обучения: 2 з.е.

| Вид учебной работы | Очная форма обучения  (всего часов) |
| --- | --- |
| **Общая трудоёмкость дисциплины** | **72** |
| *Контактная работа (по учебным занятиям)* | *22* |
| Лекции (Л) | 10 |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ) | 12 |
| Лабораторные занятия (ЛЗ) | - |
| *Самостоятельная работа (СР)* | *50* |
| *Зачет* |  |

**3.2 Содержание дисциплины:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № темы | Название  раздела/темы | Вид учебной работы, час.  (очная форма) | | | | Формы текущего  контроля |
| Л | ПЗ | ЛЗ | СР |
| 1. | Тема 1. Физические и механические свойства металлов и сплавов | 2 | 3 | - | 12 | собеседование, письменная самостоятельная работа |
| 2. | Тема 2. Электропластическая деформация металлов | 3 | 3 | - | 12 | собеседование, письменная самостоятельная работа |
| 3. | Тема 3. Действие электромагнитного поля на структуру и физико-механические свойства металлов и сплавов | 2 | 3 | - | 12 | собеседование, письменная самостоятельная работа |
| 4. | Тема 4. Некоторые аспекты подавления неустойчивой пластической деформации электрическим током | 3 | 3 | - | 14 | собеседование, письменная самостоятельная работа |

**Тема 1. ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АВИАЦИОННЫХ**

**АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

**Лекция.** Свариваемые коррозионностойкие высокотехнологичные алюминиевые сплавы системы Al-Mg. Сверхпрочные и высокопрочные сплавы системы Al–Zn–Mg–Cu. Алюминий-литиевые сплавы пониженной плотности.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Свариваемые коррозионностойкие высокотехнологичные алюминиевые сплавы системы Al-Mg. Сверхпрочные и высокопрочные сплавы системы Al–Zn–Mg–Cu. Алюминий-литиевые сплавы пониженной плотности.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

**Тема 2. ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛОВ**

**Лекция.** Феноменология и теоретические основы электропластического эффекта. Влияние импульсного тока на процесс разрушения металлов. Зависимость электропластического эффекта от наличия примесей в металлах. Дефектообразование и залечивание дефектов в металлах электрическим током. Физические основы электроимпульсной обработки давлением.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Феноменология и теоретические основы электропластического эффекта. Влияние импульсного тока на процесс разрушения металлов. Зависимость электропластического эффекта от наличия примесей в металлах. Дефектообразование и залечивание дефектов в металлах электрическим током. Физические основы электроимпульсной обработки давлением.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

**Тема 3. ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ**

**И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

**Лекция.** Действие электростатического поля на деформацию металлов и сплавов. Действие магнитостатического поля на деформационные процессы в металлах. Влияние импульсного электромагнитного поля на прочность металлов и сплавов.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Действие электростатического поля на деформацию металлов и сплавов. Действие магнитостатического поля на деформационные процессы в металлах. Влияние импульсного электромагнитного поля на прочность металлов и сплавов.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

**Тема 4 НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОДАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ**

**ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

**Лекция.** Эффект Портевена-Ле Шатлье в сплавах на основе алюминия. Подавление прерывистой деформации постоянным электрическим током малой плотности. Механизмы подавления неустойчивой деформации в металлах постоянным электрическим током малой плотности. Электротоковое подавление акустической эмиссии при деформировании алюминиевых сплавов авиакосмической отрасли.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Эффект Портевена-Ле Шатлье в сплавах на основе алюминия. Подавление прерывистой деформации постоянным электрическим током малой плотности. Механизмы подавления неустойчивой деформации в металлах постоянным электрическим током малой плотности. Электротоковое подавление акустической эмиссии при деформировании алюминиевых сплавов авиакосмической отрасли.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

**4. Контроль знаний обучающихся**

**4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:** собеседование, письменная самостоятельная работа

**4.2 Задания текущего контроля**

Вопросы для собеседования

1. Свариваемые коррозионностойкие высокотехнологичные алюминиевые сплавы систе-

мы Al-Mg.

2. Сверхпрочные и высокопрочные сплавы системы Al–Zn–Mg–Cu.

3. Алюминий-литиевые сплавы пониженной плотности.

4. Феноменология и теоретические основы электропластического эффекта.

5. Влияние импульсного тока на процесс разрушения металлов.

6. Зависимость электропластического эффекта от наличия примесей в металлах.

7. Эмиссионные явления при деформировании металлов.

8. Дефектообразование и залечивание дефектов при термомеханической обработке металлов.

Тематика письменных самостоятельных работ

1. Электропластический эффект в металлах.

2. Дефектообразование и залечивание дефектов в металлах электрическим током.

3. Физические основы электроимпульсной обработки давлением.

4. Эффект Портевена-Ле Шатлье в сплавах на основе алюминия.

5. Подавление прерывистой деформации постоянным электрическим током малой плотности.

6. Механизмы подавления неустойчивой деформации в металлах постоянным электрическим током малой плотности.

7. Электротоковое подавление акустической эмиссии при деформировании алюминиевых сплавов авиакосмической отрасли.

**4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине** проводится в форме зачета.

Вопросы зачета

1. Электронно-пластический эффект в металлах. Феноменология и механизмы.
2. Электропластический эффект в металлах и сплавах.
3. Скачкообразная деформация металлов, вызванная импульсами электрического тока.
4. Магнитопластический эффект в кристаллических материалах.
5. Влияние примесей на электропластический эффект.
6. Влияние температуры и скорости деформирования на характеристики электропластического эффекта.
7. Влияние на электропластичность пинч-эффекта и теплового действия тока.
8. Возможные механизмы электропластического эффекта.
9. Связь электропластического эффекта с динамикой неравновесного дислокационного ансамбля.
10. Эффект подавления полос деформации и прерывистой деформации постоянным электрическим током.
11. Влияние электрического тока на критическую деформацию появления первого деформационного скачка
12. Упрочнение и стабилизация пластического течения постоянным электрическим током.
13. Влияние прямоугольных импульсов тока на зарождение и рост деформационных полос в алюминиевом сплаве.
14. Механизмы подавления электрическим током деформационных полос в алюминиевых сплавах
15. Взаимодействие электрического тока с порами и малыми преципитатами в металлах и сплавах.

Задания для зачета

1. Рассчитать значение плотности электрического тока, при которой происходит полное подавление эффекта Портевен-Ле Шателье в сплаве АМг6.
2. Рассчитать тепловой эффект при пропускании электрического тока через различные металлические проводники.

**4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации**

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Основные показатели достижения результата** |
| «зачтено» | Знает феноменологию и теоретические основы электрофизических методов стабилизации механических свойств, а также принципы мониторинга и управления физико-механическими свойствами материалов электрофизическими методами |
| Умеет определять структурно-чувствительные дефекты материалов и пороговые уровни электрофизических воздействий, необходимых для влияния на них, количественно и качественно оценивать эффективность электрофизических воздействий на материалы |
| Владеет навыками организации и постановки научных исследований с использованием электрофизических методов и методами диагностики механических свойств материалов в условиях электрофизических воздействий |
| «не зачтено» | Демонстрирует незнание феноменологии и теоретических основ электрофизических методов стабилизации механических свойств, а также принципов мониторинга и управления физико-механическими свойствами материалов электрофизическими методами |
| Не умеет определять структурно-чувствительные дефекты материалов и пороговые уровни электрофизических воздействий, необходимых для влияния на них, количественно и качественно оценивать эффективность электрофизических воздействий на материалы |
| Не владеет навыками организации и постановки научных исследований с использованием электрофизических методов и методами диагностики механических свойств материалов в условиях электрофизических воздействий |

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**5.1 Основная литература:**

1. Троицкий О.А., Баранов Ю.В., Авраамов Ю.С. и др. Физические основы и технологии обработки современных материалов. В 2 Т. Институт компьютерных исследований. М. 2004. Т.1 - 590 с., Т. 2 – 468 с.
2. Фридляндер И.Н. Создание исследование и применение алюминиевых сплавов. Избранные труды. М.: Наука. 2014. 640 с.
3. Шибков А.А., Желтов М.А., Денисов А.А., Золотов А.Е. Прерывистая деформация и электропластичность алюминиевых сплавов // Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2017. 129 с.

**5.2** **Дополнительная литература:**

1. Shibkov A.A., Denisov A.A., Zheltov M.A., Zolotov A.E., Gasanov M.F. The electric current-induced suppression of the Portevin - Le Chatelier effect in Al-Mg alloys // Materials Science & Engineering A 610. 2014. 338.
2. Шибков А.А., Денисов А.А., Желтов М.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С. Подавление прерывистой деформации Портевена-Ле Шателье постоянным электрическим током в алюминий-магниевом сплаве АМг5 // Физика твердого тела. 2015. Т. 57. № 2. С. 228.
3. Шибков А.А., Денисов А.А., Желтов М.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Иволгин В.И. Исследование влияния электрического тока на прерывистую деформацию и акустическую эмиссию в алюминий-магниевом сплаве АМг5 // Физика твердого тела. 2015. Т. 57. № 6. С. 1046.
4. Шибков А.А., Золотов А.Е., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Гребеньков О.В., Проскуряков К.А., Титов С.А., Чуфистова Е.А., Королева М.А. Подавление эффекта Портевена-Ле Шателье электрическим током в алюминий-магниевом сплаве АМг6 // Вестник ТГУ. 2015. Т. 20. № 1. С. 105.
5. Шибков А.А., Золотов А.Е., Желтов М.А., Денисов А.А., Гасанов М.Ф. Исследование механизмов подавления прерывистой деформации электрическим током // Кристаллография. 2015. Т. 60. № 6. С. 938.
6. Шибков А.А., Золотов А.Е., Гасанов М.Ф., Желтов М.А., Гребеньков О.В. Влияние скачкообразной деформации алюминий-магниевого сплава на его электропроводность // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. № 7. С. 37.
7. Шибков А.А., Гасанов М.Ф., Денисов А.А., Золотов А.Е., Иволгин В.И. Влияние импульсного тока на эффект Портевена-Ле Шателье в алюминий-магниевом сплаве АМг5 // ЖТФ 2017. Т. 87. № 4. С. 631-634.

**5.3** **Иные источники:**

К рекомендуемым Интернет-ресурсам по данной дисциплине относятся Интернет- ресурсы ведущих российских и зарубежных журналов, а также образовательные порталы и сайты ведущих российских университетов.

Интернет-ресурсы ведущих российских журналов по данной тематике:

[www.journals.ioffe.ni](http://www.journals.ioffe.ni) / ftt − «Физика твёрдого тела»

[www.iournals.ioffe.ru](http://www.iournals.ioffe.ru) / ftp − «Физика и техника полупроводников»

[www.journals.ioffe.m](http://www.journals.ioffe.m) / pjtf − «Письма в журнал технической физики»

[www.iounials.ioffe.nl](http://www.iounials.ioffe.nl) / itf − «Журнал технической физики»

[www.ietp.ac.rn](http://www.ietp.ac.rn) − ЖЭТФ

[www.ietpletters.ac.ru](http://www.ietpletters.ac.ru) − «Письма в ЖЭТФ»

[www.ufn.ru](http://www.ufn.ru) − «Успехи физических наук»

[www.nanom.ru](http://www.nanom.ru) − «Российские нанотехнологии»

[www.quant-electron.ru](http://www.quant-electron.ru) − «Квантовая электроника»

<http://impo.imp.uran.ru/fmm/> − «Физика металлов и металловедение»

Интернет-ресурсы иностранных журналов

[www.aps.org](http://www.aps.org)

[www.springeropen.com](http://www.springeropen.com)

Интернет-порталы: <http://window.edu.ni>.: <https://elibrarv.ru>

**6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

**Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Лицензионное программное обеспечение:**

Операционная система «Альт Образование»

Операционная система Microsoft Windows 10 Home

Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Adobe Photoshop CS3

**Информационные справочные системы и профессиональные базы данных:**

|  |  |
| --- | --- |
| ЭБС «Университетская библиотека онлайн» | [http://www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru/) |
| ЭБС «Консультант студента»: Медицина. Здравоохранение, Комплект Гуманитарные науки | [http://www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru/) |
| ЭБС «IPRSMART» (старое название  « IPR books») | [http://iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru/) |
| ЭБС «Юрайт» | [http://www.urait.ru](http://www.urait.ru/) |
| Сетевая электронная библиотека педагогических вузов | <https://e.lanbook.com/> |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | [http://elibrary.ru](http://elibrary.ru/) |
| Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» | [https://нэб.рф](https://xn--90ax2c.xn--p1ai/) |
| Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина | [http://www.prlib.ru](http://www.prlib.ru/) |
| Электронный справочник «Информио» | [www.informio.ru](http://www.informio.ru/) |
| Архив научных журналов зарубежных издательств | [https://arch.neicon.ru](https://arch.neicon.ru/) |
| БД AIPP E-Book Collection I + Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства AIP Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. | <https://www.scitation.org/ebooks> |
| Коллекции журналов:   * Life Sciences Package и БД Springer Nature, * Social Sciences Package и БД Springer Nature, * Physical Sciences & Engineering Package   – полнотекстовые политематические базы академических журналов | [www.nature.com](http://www.nature.com) |
| БД 2021 - 2023 eBook Collections  издательства Springer Nature  – полнотекстовая политематическая база академических книг | <https://link.springer.com/> |
| Математические журналы –  МИАН. Полнотекстовая коллекция математических журналов | [http://www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru/) |