

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:27:23

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Физика и технологии функциональных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 2 (1.2) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Неделя | 18 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Введенский Вадим Юрьевич

Рабочая программа

Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-23-7.plx Физика и технологии функциональных материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Физика и технологии функциональных материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 18.04.2023 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Формирование компетенций, предусмотренных учебным планом, а также научить современным представлениям об основных закономерностях формирования высоких эксплуатационных свойств различных групп магнитотвердых материалов, роли различных видов анизотропии и механизмов перемагничивания, об особенностях фазового и структурного состояния магнитотвердых материалов, их технологии производства и применения в современной технике. |
|-----|---|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | | |
|------------|---|------------|
| Блок ОП: | | Б1.В.ДВ.02 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве | |
| 2.1.2 | Материаловедение и технологии перспективных материалов | |
| 2.1.3 | Методология выбора и материалы наукоемких технологий | |
| 2.1.4 | Метрология и испытания функциональных материалов | |
| 2.1.5 | Структурные методы исследования наноматериалов | |
| 2.1.6 | Теория фаз и фазовых превращений | |
| 2.1.7 | Учебная практика | |
| 2.1.8 | Физика магнетизма. Часть 1. Магнетизм веществ | |
| 2.1.9 | Физические свойства наноматериалов | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Атомное строение неорганических материалов | |
| 2.2.2 | Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки | |
| 2.2.3 | Перспективные технологии функциональных материалов | |
| 2.2.4 | Симметрия наносистем | |
| 2.2.5 | Современные компьютерные технологии в структурном анализе | |
| 2.2.6 | Спектроскопические и зондовые методы | |
| 2.2.7 | Физические методы исследования материалов | |
| 2.2.8 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.9 | Преддипломная практика | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| | |
|--|--|
| ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения | |
| Знать: | |
| ПК-4-31 принципы разработки магнитомягких материалов различного назначения и проведения их комплексных исследований. | |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области | |
| Знать: | |
| ОПК-4-31 Основные классы магнитомягких материалов, закономерности формирования их свойств, технологии получения оптимальной структуры; | |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях | |
| Знать: | |
| ОПК-1-31 физические основы формирования свойств и структуры магнитомягких материалов; | |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области | |
| Уметь: | |
| ОПК-4-У2 Самостоятельно проводить сбор данных, анализ и обобщение научно-технической информации, основных нормативных документов на основе знаний материаловедения магнитомягких материалов; | |

| |
|--|
| ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения |
| Уметь: |
| ПК-4-У1 планировать комплексные исследования и разработку магнитомягких материалов различного назначения с учётом особенностей предъявляемых к ним требований. |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 использовать знания фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности при изучении разработки, технологий, принципов и методик исследований, испытаний и диагностики магнитомягких материалов; |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области |
| Уметь: |
| ОПК-4-У1 Самостоятельно использовать знания о физико-химических основах, принципах и методиках исследований, испытаний и диагностики магнитомягких материалов; |
| ПК-4: Способен планировать, осуществлять комплексные исследования и разработку функциональных материалов (в том числе наноматериалов) различного назначения |
| Владеть: |
| ПК-4-В1 опытом планирования и осуществления комплексных исследований и разработки магнитомягких материалов для изделий различного назначения. |
| ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области |
| Владеть: |
| ОПК-4-В1 Опытю принятия решений при планировании научных исследований и разработке магнитомягких материалов; |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 навыками формирования и аргументации собственных суждений и научной позиции в области материаловедения и технологии магнитомягких материалов на основе знаний фундаментальных наук и знаний в междисциплинарных областях профессиональной деятельности. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|--|--|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Физические основы формирования магнитных свойств магнитомягких материалов | | | | | | | |
| 1.1 | Требования к магнитным свойствам магнитомягких материалов в разных областях применения /Лек/ | 2 | 1 | ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 | | | |
| 1.2 | Требования к магнитным свойствам магнитомягких материалов в разных областях применения /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э2 Э3 | | | |
| 1.3 | Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов. Контрольная работа 1 /Пр/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|---|--|--|----|
| 1.4 | Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 1.5 | Особенности фазово-структурного состояния магнитомягких материалов /Лек/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 1.6 | Особенности фазово-структурного состояния магнитомягких материалов /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| | Раздел 2. Электротехнические стали | | | | | | | |
| 2.1 | Состав, структура, свойства и методы испытаний электротехнических сталей /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.2 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 | | | |
| 2.2 | Состав, структура, свойства и методы испытаний электротехнических сталей /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.2 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 | | | |
| 2.3 | Металлургия электротехнических сталей /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 2 Э1 | | | |
| 2.4 | Металлургия электротехнических сталей /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК -4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 2 Э1 | | | |
| 2.5 | Выплавка электротехнического железа в индукционных печах /Пр/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК- 4-31 | Л1.1Л2.3Л3. 2 Э1 | | | Р2 |
| 2.6 | Выплавка электротехнического железа в индукционных печах /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК- 4-31 | Л1.1Л2.3Л3. 2 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|--|-------------------------------------|--|--|----|
| 2.7 | Прокатка и термическая обработка электротехнических сталей /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л2.1 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | |
| 2.8 | Прокатка и термическая обработка электротехнических сталей /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л2.1 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | |
| 2.9 | Рафинирующий отжиг /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | Р3 |
| 2.10 | Рафинирующий отжиг /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | |
| 2.11 | Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э5 Э8 | | | Р4 |
| 2.12 | Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э5 Э8 | | | |
| 2.13 | Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э4 | | | Р5 |
| 2.14 | Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.4 Э4 | | | |
| 2.15 | Классификация электротехнических сталей с учётом применяемой технологии получения /Лек/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3.1 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|--|-----|----|--|
| 2.16 | Классификация электротехнических сталей с учётом применяемой технологии получения /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4 Э5 Э7 Э8 | | | | |
| 2.17 | Технология производства анизотропной электротехнической стали /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4 | | | Р6 | |
| 2.18 | Технология производства анизотропной электротехнической стали /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э4 | | | | |
| 2.19 | Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали. Контрольная работа 2 /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э8 | | КМ2 | | |
| 2.20 | Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э8 | | | | |
| Раздел 3. Прецизионные магнитомягкие сплавы | | | | | | | | | |
| 3.1 | Состав, структура, свойства и классификация прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э3 | | | | |
| 3.2 | Состав, структура, свойства и классификация прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.1 Л2.3Л3.1 Э1 Э3 | | | | |
| 3.3 | Металлургия прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Л3.2 Э1 Э3 | | | | |
| 3.4 | Металлургия прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Л3.2 Э1 Э3 | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|--|-----------------------------------|--|--|-----|
| 3.5 | Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 Э3 | | | P8 |
| 3.6 | Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 Э3 | | | |
| 3.7 | Способы выращивания монокристаллов /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | P9 |
| 3.8 | Способы выращивания монокристаллов /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 3.9 | Специальные способы переплава /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | P10 |
| 3.10 | Специальные способы переплава /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 3.11 | Расчет шихты пермаллоя 79НМ /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1 | | | P11 |
| 3.12 | Расчет шихты пермаллоя 79НМ /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|---|--|--------------------------------|--|-----|-----|
| 3.13 | Термическая обработка прецизионных магнитомягких сплавов /Лек/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 3.14 | Термическая обработка прецизионных магнитомягких сплавов /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 3.15 | Термическая обработка пермаллоев /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | Р12 |
| 3.16 | Термическая обработка пермаллоев /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 3.17 | Термомагнитная обработка. Контрольная работа 3 /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | КМ3 | |
| 3.18 | Термомагнитная обработка /Ср/ | 2 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| | Раздел 4. Аморфные, микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы | | | | | | | |
| 4.1 | Аморфные магнитомягкие сплавы /Лек/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 4.2 | Аморфные магнитомягкие сплавы /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|--|----------------------------|--|--|-----|
| 4.3 | Спиннингование расплава для получения аморфных лент /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | Р14 |
| 4.4 | Спиннингование расплава для получения аморфных лент /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |
| 4.5 | Микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы /Лек/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 | | | |
| 4.6 | Микро- и нанокристаллические магнитомягкие сплавы /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-В1 | Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 | | | |
| 4.7 | Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов /Пр/ | 2 | 1 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | Р15 |
| 4.8 | Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов /Ср/ | 2 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-У2 ОПК-4-В1 ПК-4-31 | Л1.3Л2.3Л3. 1 Э1 | | | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|--|---|
| КМ1 | Контрольная работа 1 | ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-4-31 | <p>1 В каком материале выше константа магнитной анизотропии, если один используется для изготовления сердечника индуктивности, а другой для изготовления постоянного магнита?</p> <p>2 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов (ГД). Внешнее магнитное поле приложено под углом 30 или 60о к ГД. Во сколько раз различается критическое поле смещения ГД?</p> <p>3 Оцените магнитную проницаемость образца сферической формы, если проницаемость вещества равна 500.</p> <p>4 После достижения магнитного насыщения к образцу приложили магнитное поле в противоположном направлении и получили нулевую намагниченность при напряженности поля $H = -600$ А/м. Можно ли считать материал образца магнитно-мягким?</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>5 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Как зависит напряжённость магнитного поля, в котором происходит скачок Баркгаузена, от ориентации этого поля?</p> <p>6 Кривую намагничивания материала измеряли на двух образцах – кольцевом, используя циркулярное магнитное поле, и стержневом, прикладывая поле вдоль оси стержня. Намагниченность $2 \cdot 10^5$ А/м в первом случае достигалась в поле 200 А/м, а во втором – в поле 8000 А/м. Чему равны коэффициенты размагничивания образцов?</p> <p>7 Почему прецизионные магнитно-мягкие сплавы используются, как правило, при более низких частотах перемагничивания по сравнению с ферритами?</p> <p>8 Используя модель напряжений для описания процесса смещения границ доменов, найдите связь между начальной проницаемостью и коэрцитивной силой магнитно-мягких материалов.</p> <p>9 По литературным данным, магнитная проницаемость материала равна 900, в то время как измерения дают значение 500. Предполагая, что различия связаны с влиянием размагничивающего поля при измерениях, рассчитайте коэффициент размагничивания.</p> <p>10 Укажите диапазон значений начальной магнитной проницаемости для используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>11 Доменная структура магнитного материала с индукцией насыщения 0,6 Тл состоит из полосовых доменов шириной 150 мкм, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Оцените величину скачка Баркгаузена, если после срыва с препятствия доменная граница проходит в среднем расстояние 3 мкм.</p> <p>12 В каком из двух материалов может быть получена большая начальная проницаемость, если индукция насыщения равна 1 Тл и 0,5 Тл, а константа магнитной анизотропии 100 и 50 Дж/м³, соответственно?</p> <p>13 Почему напряжённость магнитного поля, в котором достигается максимум магнитной проницаемости, больше аналогичного значения поля максимума дифференциальной проницаемости?</p> <p>14 В рамках модели напряжений оцените коэффициент жёсткости границ доменов для материала с магнитострикцией насыщения $2 \cdot 10^{-6}$ и толщиной границ доменов 0,15 мкм, если амплитуда напряжений равна 60 МПа, а длина волны напряжений 9 мкм.</p> <p>15 Для монокристалла с кубической решёткой работа намагничивания при приложении магнитного поля вдоль направлений [100], [110], [111] равна 105, 92 и 115 Дж/м³, соответственно. Найдите константу магнитной анизотропии K_1, принимая $K_2=0$.</p> <p>16 Укажите диапазон значений коэрцитивной силы для каждой из используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>17 Оцените наибольшее возможное значение коэффициента жёсткости 180-градусных границ доменов для материала с индукцией насыщения 0,65 Тл, если под действием поля напряжённостью 0,16 А/м граница доменов обратимо смещается на расстояние 0,1 мкм.</p> <p>18 В образце с коэффициентом размагничивания $N = 0,5$ магнитное насыщение достигается в поле 5000 А/м. Найдите поле насыщения для образца с $N = 0,6$, если индукция насыщения равна 0,6 Тл.</p> <p>19 Почему к материалу, используемому для изготовления сердечников высокочастотных дросселей, предъявляют требования высокого удельного электрического сопротивления?</p> <p>20 Оцените удельные потери энергии на гистерезис (в Дж/м³) для материала с прямоугольной петлёй гистерезиса, имеющего коэрцитивную силу 13 А/м и остаточную индукцию 0,4 Тл.</p> <p>21 Какой вид магнитной анизотропии (магнитокристаллическая или магнитоупругая) определяет величину магнитных свойств ферромагнетика, если константа магнитокристаллической анизотропии равна 120 Дж/м³, магнитострикция насыщения $3 \cdot 10^{-5}$, а внутренние напряжения (в среднем) 100 МПа?</p> <p>22 Почему коэффициент экранирования (для магнитостатического</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>экрана цилиндрической формы из магнитно-мягкого материала) зависит от напряжённости магнитного поля по кривой с максимумом?</p> <p>23 Оцените наибольшее значение начальной магнитной проницаемости, обусловленной процессом вращения намагниченности, для материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 90 Дж/м³.</p> <p>24 Считая, что кривая намагничивания имеет вид прямой линии вплоть до достижения магнитного насыщения в поле напряженностью 300 А/м, найдите работу намагничивания. Индукция насыщения материала равна 0,7 Тл.</p> <p>25 Почему в магнитно-мягких материалах константа магнитной анизотропии должна быть малой?</p> <p>26 Оцените критическое поле смещения 180-градусной границы домена с помощью модели включений. Считайте, что поле приложено параллельно намагниченности доменов, ширина доменов 110 мкм, а включения имеют сферическую форму и диаметр 4 мкм. Индукция насыщения материала равна 0,6 Тл.</p> <p>27 Константы магнитной кристаллической анизотропии материала с кубической решёткой равны: $K_1 = 340$ Дж/м³, $K_2=0$. Какие кристаллографические индексы имеет направление, параллельное оси лёгкого намагничивания?</p> <p>28 Почему высокое значение магнитной проницаемости материала, используемого для изготовления сердечника катушки индуктивности, придаёт катушке свойства электромагнитного фильтра, снижающего высокочастотные помехи?</p> <p>29 Найдите связь между коэффициентом жесткости границ доменов и максимальным градиентом их удельной энергии, используя для описания смещения границ доменов модель синусоидальных напряжений.</p> <p>30 Доменная структура одноосного магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Найдите поле насыщения, если поле приложено перпендикулярно намагниченности доменов. Индукция насыщения материала равна 0,56 Тл, константа магнитной анизотропии 400 Дж/м³.</p> <p>31 В каком ферромагнитном металле наблюдается рекордно высокая температура Кюри? Является ли этот материал магнитно-мягким?</p> <p>32 Оцените наибольшее возможное значение магнитной проницаемости вращения для магнитно-одноосного материала с индукцией насыщения 0,45 Тл и константой магнитной анизотропии 120 Дж/м³.</p> <p>33 Магнитная проницаемость цилиндрического образца длиной l и диаметром d измерялась при приложении внешнего магнитного поля вдоль оси цилиндра. Нарисуйте (схематично) график зависимости измеренной проницаемости от отношения l/d.</p> <p>34 Оцените вклад в коэрцитивную силу флуктуаций магнитострикции насыщения λ_s из-за концентрационных неоднородностей с амплитудой $\Delta C = 0,02$ % и длиной волны $l = 0,3$ мкм для железа с индукцией насыщения 2,16 Тл, толщиной границ доменов 0,1 мкм, внутренними напряжениями 120 МПа, если при изменении концентрации примеси на 1 % магнитострикция насыщения изменяется на 1.10⁻⁷.</p> |
|--|--|---|

| | | | |
|-----|----------------------|--|---|
| КМ2 | Контрольная работа 2 | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-У1;ПК-4-31 | <p>35 Почему при выплавке в вакуумных печах магнитные свойства прецизионных магнитно-мягких сплавов лучше по сравнению с открытой выплавкой?</p> <p>36 Как учитывают протекание фазовой перекристаллизации и фазового наклепа при выборе режима термической обработки магнитно-мягкого чистого железа?</p> <p>37 Оцените продолжительность контролируемого охлаждения магнитно-мягкого железа, используя данные о рекомендуемой скорости охлаждения при проведении рекристаллизационного отжига.</p> <p>38 Почему при индукционной плавке происходит перемешивание металлического расплава?</p> <p>39 Почему при получении карбонильного железа для синтеза пентакарбонила железа повышают давление и температуру, а для термического разложения карбонила – наоборот?</p> <p>40 Оцените величину удельных потерь на вихревые токи в пластине толщиной 0,35 мм из электротехнической стали с 3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц и амплитуде магнитной индукции 0,5 Тл, если ширина доменов равна 0,5 мм.</p> <p>41 Индукционная плавка производится с помощью спирального индуктора, внутри которого помещается цилиндрический тигель с шихтой (расплавом). Нарисуйте на изображении тигля и индуктора ориентацию магнитного и электрического поля, а также направление вихревых токов.</p> <p>42 Почему при использовании печей электросопротивления для термической обработки прецизионных сплавов обмотку печи делают бифилярной?</p> <p>43 Оцените относительное уменьшение потерь на вихревые токи в анизотропной электротехнической стали в результате лазерного скрайбирования, если ширина доменов уменьшается с 0,9 мм до 0,6 мм.</p> <p>44 Как по теплоте образования оксида элемента можно судить об эффективности использования данного элемента в качестве раскислителя?</p> <p>45 Нарисуйте упрощённую схему установки для получения электролитического железа.</p> <p>46 Нарисуйте (схематично) изменение со временем а) коэрцитивной силы, б) содержания азота, растворённого в железе, и в) массовой доли нитридов железа при ступенчатом изменении температуры отжига от 100 до 150 оС и обратно с выдержкой продолжительностью 100 ч при каждой температуре. Используйте диаграмму состояния Fe-N.</p> <p>47 Почему образующиеся при раскислении оксиды должны иметь малую плотность?</p> <p>48 Почему углерод и другие примеси, содержащиеся в аноде, не наследуются осаждённым электролитическим железом?</p> <p>49 Кинетика изменения коэрцитивной силы низкоуглеродистой электротехнической стали при магнитном старении в процессе выдержки при 100 оС описывается формулой $H_c [A/m] = 0,72 + 0,12 \cdot \lg 2t$, где t – продолжительность выдержки в часах. Рассчитайте коэффициент старения по коэрцитивной силе для продолжительности выдержки 120 часов. В качестве исходного значения примите H_c при $t=1$ час.</p> <p>50 В чем отличие осаждающего раскисления от экстракционного?</p> <p>51 Почему при выплавке прецизионных сплавов на основе железа в качестве компоненты шихты не используют первичное карбонильное железо?</p> <p>52 Удельное электрическое сопротивление в сплавах Fe-Si увеличивается с ростом содержания кремния, что описывается выражением $\rho (\text{мкОм}\cdot\text{м}) = 0,1 + 0,12 \cdot \%Si$. Оцените с помощью этой формулы классическую составляющую потерь на вихревые токи (в расчете на единицу объёма) в чистом железе и сплаве Fe-3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц, амплитуде магнитной индукции 1,1 Тл и толщине листа 0,27 мм.</p> <p>53 На примере железа опишите способ рафинирования с помощью термической обработки.</p> <p>54 Как необходимость протекания вторичной рекристаллизации для получения текстуры в анизотропной электротехнической стали</p> |
|-----|----------------------|--|---|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>при высокотемпературном отжиге сказывается на химическом составе стали, который должен быть получен при выплавке?</p> <p>55 Оцените упрощённо (без учёта примесей, а также угара и пригара) массовые доли чистого железа, чистого никеля и ферромolibдена Fe-58 % Mo, используемых в качестве компонент шихты при выплавке сплава 79НМ (79 % Ni, 4 % Mo, ост. Fe).</p> <p>56 Для низкоуглеродистой электротехнической стали зависимость коэрцитивной силы от размера зерна описывается выражением $H_c [A/m] = 44 + 0,32/d [см]$. Объясните причину такой зависимости, укажите факторы, влияющие на величину первого и второго слагаемого в правой части формулы.</p> <p>57 В чем состоит различие назначения покрытий из MgO и (AlPO₄+SiO₂), наносимых на разных стадиях технологии производства электротехнической анизотропной стали?</p> <p>58 Оцените оптимальный размер зерна изотропной электротехнической стали с наименьшими магнитными потерями, если зависимости от размера зерна $d [мм]$ удельных потерь на гистерезис $P_g [Вт/кг]$ и на вихревые токи $P_v [Вт/кг]$ описываются аппроксимирующими выражениями: $P_g = 0,3+0,02/d$, $P_v = 0,01d^2$.</p> <p>59 Почему при выращивании монокристалла по методу Бриджмена не нужна монокристаллическая затравка?</p> <p>60 Опишите качественно различие химического состава (после выплавки) электротехнической анизотропной стали при использовании технологии производства с сульфидными и нитридно-медными вариантами ингибирования.</p> <p>61 Оцените, во сколько раз различается коэрцитивная сила образцов низкоуглеродистой электротехнической стали со средним размером зерна 0,1 и 1 мм.</p> <p>62 Нарисуйте график зависимости потерь на вихревые токи от размера зерна. Объясните причину этой зависимости.</p> |
|--|--|--|---|

| | | | |
|-----|----------------------|--|--|
| КМЗ | Контрольная работа 3 | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-4-31;ОПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1 | <p>63 Почему при выплавке сплава 79НМ не используют технически чистый молибден в качестве шихтового материала?</p> <p>64 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала однофазные сплавы Fe-Ni с малым содержанием никеля (например, 5 % Ni)?</p> <p>65 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала двухфазные сплавы Fe-Ni с небольшим содержанием никеля?</p> <p>66 Как классифицируют пермаллои по химическому составу?</p> <p>67 Каково различие магнитных свойств высоконикелевых и низконикелевых пермаллоев?</p> <p>68 Каково содержание никеля в средникелевых пермаллоях?</p> <p>69 Каково содержание никеля в низконикелевых пермаллоях?</p> <p>70 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение начальной проницаемости?</p> <p>71 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение максимальной проницаемости? Какая термическая обработка для этого используется?</p> <p>72 В чем различие термической обработки низконикелевых и средникелевых пермаллоев?</p> <p>73 В чем различие термической обработки низконикелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>74 В чем различие термической обработки средникелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>75 В чем различие областей применения пермаллоев с разным содержанием никеля?</p> <p>76 Какие фазовые превращения протекают в пермаллоях при охлаждении от высоких температур?</p> <p>77 Почему магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев особенно чувствительны к механическим напряжениям?</p> <p>78 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге влияет на магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>79 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге практически не влияет на магнитные свойства низконикелевых пермаллоев?</p> <p>80 Перечислите основные технологические этапы а) производства и б) обработки пермаллоев.</p> <p>81 Для каких сплавов Fe-Ni используется термомагнитная обработка?</p> <p>82 Какая среда используется при финишной термической обработке пермаллоев?</p> <p>83 Какие факторы учитывают при выборе температуры отжига низконикелевых пермаллоев?</p> <p>84 Как двойную термическую обработку нелегированных высоконикелевых пермаллоев можно превратить в одинарную?</p> <p>85 Почему существует оптимальная скорость охлаждения при отжиге высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>86 Как осуществляют отжиг в продольном магнитном поле?</p> <p>87 Почему охлаждение с печью приводит в случае высоконикелевых пермаллоев приводит к более низким значениям проницаемости по сравнению с ускоренным охлаждением?</p> <p>88 Почему повышение удельного электрического сопротивления при легировании пермаллоев считают положительным фактором?</p> <p>89 Почему очень высокая скорость охлаждения при отжиге пермаллоев приводит к низким значениям проницаемости?</p> <p>90 Нарисуйте кольцевой образец и направление магнитного поля, прикладываемого при продольной термомагнитной обработке.</p> <p>91 Нарисуйте схему термической обработки легированного пермаллоя.</p> <p>92 Почему согласно стандарту отожжённые изделия из пермаллоев «не должны подвергаться в процессе сборки ударам, нагибам, рихтовке, шлифовке, а также чрезмерной затяжке или сдавливаемости обмоткой»?</p> <p>93 Почему время выдержки при отжиге пермаллоев зависит от размеров и массы образца?</p> <p>94 Какие факторы учитывают при выборе скорости нагрева при отжиге пермаллоев?</p> |
|-----|----------------------|--|--|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>95 Почему отжиг пермаллоев в продольном магнитном поле повышает максимальную магнитную проницаемость?</p> <p>96 Почему поле, прикладываемое при термомагнитной обработке, должно быть достаточно большим?</p> <p>97 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев формируется конечная толщина ленты?</p> <p>98 От каких факторов зависит выбираемая скорость изменения температуры при приложении магнитного поля в процессе охлаждения средненикелевого пермаллоя?</p> <p>99 От каких факторов зависит температурный интервал приложения магнитного поля при охлаждении средненикелевого пермаллоя?</p> <p>100 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев максимальной проницаемости.</p> <p>101 Нарисуйте схему зависимости от скорости охлаждения при термомагнитной обработке пермаллоев коэффициента прямоугловности петли гистерезиса.</p> <p>102 Нарисуйте схематично вид петли гистерезиса образца после ТМО для двух случаев: поле при измерениях параллельно (а) и перпендикулярно (б) направлению поля при ТМО.</p> <p>103 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев в сплаве может протекать направленное упорядочение?</p> <p>104 Как направленное упорядочение влияет на магнитные свойства пермаллоев при отжиге без поля и при термомагнитной обработке?</p> <p>105 Почему дальнейшее химическое упорядочение мешает развиваться направленному упорядочению?</p> <p>106 Опишите факторы, которые учитывают при легировании пермаллоев.</p> <p>107 Почему в тройных сплавах Fe-Ni-Mo могут быть получены состояния с практически нулевыми константами магнитокристаллической и магнитоупругой анизотропии одновременно?</p> <p>108 Опишите причины, по которым содержание молибдена в легированном пермаллое ограничено и сверху, и снизу.</p> <p>109 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев происходит очистка сплавов от примесей?</p> <p>110 Нарисуйте схематично на проекции тройной диаграммы состояния Fe-Ni-Mo (в интервале 0-10 % Mo) линии составов сплавов, для которых выполняется условие равенства нулю а) константы магнитокристаллической анизотропии и б) магнитострикции насыщения. Объясните, как подобные данные можно использовать для выбора оптимального содержания молибдена в пермаллое.</p> <p>111 Графически охарактеризуйте распределение направлений намагниченностей доменов магнитомягкого материала без кристаллографической текстуры в состоянии остаточной намагниченности до и после продольной термомагнитной обработки. [Используйте двумерную полярную диаграмму, откладывая векторы намагниченности из одной точки – начала координат].</p> <p>112 Как с помощью теории парного направленного упорядочения атомов объясняют явление наведения магнитной анизотропии при отжиге в магнитном поле?</p> <p>113 Почему химический состав пермаллоев влияет на эффективность термомагнитной обработки?</p> |
|--|--|--|---|

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
|------------|---|-------------------------------------|---|
| P1 | ПР 1 Факторы, влияющие на магнитные свойства магнитомягких материалов | ОПК-4-У2;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Изучение влияния на начальную проницаемость и коэрцитивную силу констант магнитной анизотропии, магнитострикции насыщения, внутренних напряжений, примесей, включений, размера зёрен, магнитной и кристаллографической текстуры |

| | | | |
|-----|---|--|--|
| P2 | ПР 2 Выплавка электротехнического железа в индукционных печах | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Достоинства и недостатки плавки в индукционной печи. Электродинамическое перемешивание расплава. |
| P3 | ПР 3 Рафинирующий отжиг | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Очистка железа от примесей с помощью отжига в атмосфере водорода |
| P4 | ПР 4 Магнитное старение низкоуглеродистой электротехнической стали | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Фазовые превращения, приводящие к изменению со временем магнитных свойств низкоуглеродистой стали. Метод испытаний. |
| P5 | ПР 5 Формирование текстуры с помощью вторичной рекристаллизации. Методы ингибирования | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Аномальный рост зерна и способы управления этим процессом с помощью фаз-ингибиторов для получения ребровой кристаллографической текстуры в электротехнической стали |
| P6 | ПР 6 Технология производства анизотропной электротехнической стали | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Технологии выплавки, прокатки и термической обработки для получения текстуры в анизотропной электротехнической стали |
| P7 | ПР 7 Технология производства изотропной горячекатаной электротехнической стали | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Особенности технологического процесса производства изотропной электротехнической стали |
| P8 | ПР 8 Получение карбонильного и электролитического железа, железа прямого восстановления | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-31 | Методы получения магнитомягкого железа с малым содержанием примесей |
| P9 | ПР 9 Способы выращивания монокристаллов | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Методы получения монокристаллов магнитомягких сплавов |
| P10 | ПР 10 Специальные способы переплава | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Вакуумно-индукционный, вакуумно-дуговой, плазменно-дуговой, электрошлаковый способы переплава. Зонная плавка |
| P11 | ПР 11 Расчет шихты пермаллоя 79НМ | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Методы решения уравнений материального баланса для нахождения массовых долей компонентов шихты с учётом коэффициентов усвоения компонентов при плавке на примере сплава марки 79НМ |
| P12 | ПР 12 Термическая обработка пермаллоев | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-31 | Выбор режима термической обработки нелегированных и легированных пермаллоев |
| P13 | ПР 13 Термоманитная обработка | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;ОПК-4-В1;ПК-4-31 | Отжиг в магнитном поле магнитомягких материалов |
| P14 | ПР 14 Спиннингование расплава для получения аморфных лент | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-31 | Закалка из жидкого состояния методом спиннингования для получения лент аморфных магнитомягких сплавов |

| | | | |
|--|--|--|---|
| P15 | ПР 15 Термическая обработка аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов | ОПК-4-У1;ОПК-4-У2;ОПК-4-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Параметры термической обработки аморфных магнитомягких сплавов для получения состояния с оптимальными магнитными свойствами. Кристаллизационный отжиг для получения аморфно-нанокристаллического состояния сплавов файнмет. |
| 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.) | | | |
| По дисциплине предусмотрен зачет. | | | |
| 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР) | | | |
| По дисциплине предусмотрен зачет. Зачет ставится при условии выполнения трех контрольных работ (на оценку "удовлетворительно" или выше). | | | |

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|-----------------------------|--|------------------|-----------------------|
| Л1.1 | Мишин Д. Д. | Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов | Библиотека МИСиС | М.: Высш. шк., 1991 |
| Л1.2 | Кекало И. Б., Самарин Б. А. | Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов' | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1989 |
| Л1.3 | Кекало И. Б. | Аморфные магнитные материалы: Разд.: Получение, процессы аморфизации, атомное строение, свойства: Курс лекций для студ. направл. 651800 и 654100 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|--|------------------------|------------------------|
| Л2.1 | Перминов А. С., Шуваева Е. А., Введенский В. Ю., Лилеев А. С. | Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация' | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006 |
| Л2.2 | Кекало И. Б., Введенский В. Ю., Нуждин Г. А., Кекало И. Б. | Микрокристаллические магнитно-мягкие материалы: Курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999 |
| Л2.3 | Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С. | Новые материалы | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2002 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|--------------------------|
| Л3.1 | Стародубцев Ю. Н. | Магнитомягкие материалы: энциклопедический словарь-справочник: словарь | Электронная библиотека | Москва: Техносфера, 2011 |
| Л3.2 | Явойский В. И., Кряковский Ю. В., Григорьев В. П., др., Явойский В. И. | Металлургия стали: Учебник для вузов по спец. 'Металлургия черных металлов' | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1983 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|-----------------------|
| ЛЗ.3 | Перминов А. С., Введенский В. Ю., Лилеев А. С. | Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация' | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006 |
| ЛЗ.4 | Новиков И. И. | Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1986 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|--|---|
| Э1 | Савченко А.Г. Магнитно-мягкие сплавы. // Машиностроение. Энциклопедия. Т. 11-2. - М.: Машиностроение, 2001. - С. 371-390. Эл. ресурс: https://mash-xxl.info/info/703890/ Дата обращения: 12.05.2020. | https://mash-xxl.info/info/703890/ |
| Э2 | ГОСТ 19693-74 Материалы магнитные. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 34 с. http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=165732 Эл. ресурс: Дата обращения 12.05.2020. | http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=165732 |
| Э3 | ГОСТ 10994-74 Сплавы прецизионные. Марки (с Изменениями N 1-5). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. Эл. ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200009057 Дата обращения 12.05.2020 | http://docs.cntd.ru/document/1200009057 |
| Э4 | ГОСТ 21427.1-83 Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия (с Изменениями N 1-5). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200009103 Дата обращения: 12.05.2020. | http://docs.cntd.ru/document/1200009103 |
| Э5 | ГОСТ 33212-2014 Прокат тонколистовой холоднокатаный из электротехнической изотропной стали. Технические условия. Эл. ресурс: https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014 Дата обращения: 12.05.2020. | https://allgosts.ru/77/140/gost_33212-2014 |
| Э6 | ГОСТ 12119.0-98 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Общие требования. - М.: Изд-во стандартов, 2003. Эл. ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200004949/ Дата обращения: 12.05.2020. | http://docs.cntd.ru/document/1200004949/ |
| Э7 | ГОСТ 21427.2-83 Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия (с Изменениями N 1-5, с Поправкой). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200009104 Дата обращения: 12.05.2020. | http://docs.cntd.ru/document/1200009104 |
| Э8 | ГОСТ 3836-83 СТАЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ НЕЛЕГИРОВАННАЯ ТОНКОЛИСТОВАЯ И ЛЕНТЫ. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. Эл. ресурс: http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83 . Дата обращения: 12.05.2020. | http://docs.cntd.ru/document/gost-3836-83 |

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|--------------------------|
| П.1 | ESET NOD32 Antivirus |
| П.2 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.3 | Microsoft Office |
| П.4 | LMS Canvas |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|------|---|
| И.1 | Учебно-методическое сопровождение практики по решению заведующего кафедрой может быть реализовано с применением LMS Canvas. |
| И.2 | Полнотекстовые российские научные журналы и статьи: |
| И.3 | — Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/ |
| И.4 | — Полнотекстовые деловые публикации информгентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news |
| И.5 | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС): |
| И.6 | — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com |
| И.7 | — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/ |
| И.8 | — наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com |
| И.9 | — научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/ |
| И.10 | Справочно-правовая система Консультант плюс http://www.consultant.ru/ |
| И.11 | Справочно-правовая система http://www.garant.ru |

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Б-429 | Учебная аудитория | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели |
| Б-416 | Учебная аудитория | проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Б-429 | Учебная аудитория | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение проводится в один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- индивидуального опроса студентов при проведении практических занятий (часть проводится в форме семинаров),
- трёх письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных работ.

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.