

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра Фізичне матеріалознавство
(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор (перший проректор)

Григоруківський В.Г.
2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕТОДИ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ МАТЕРІАЛІВ

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 Матеріалознавство
(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство,
Термічна обробка металів
(назва спеціалізації)

інститут, факультет фізико-технічний, інженерно-фізичний
(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

Робоча програма «Методи структурного аналізу матеріалів» для студентів
(назва навчальної дисципліни)
спеціальності 132 Матеріалознавство, освітня програма
(спеціалізація) Прикладне матеріалознавство, Термічна обробка
металів
(назва спеціалізації)

„09” 09, 2019 року - 13с.

Розробники: канд. техн. наук, доцент Глотка Олександр Анатолійович
канд. техн. наук, доцент Степанова Любов Петрівна
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
фізичного матеріалознавства
Протокол від “19” 09 2019 року № 1

Завідувач кафедри

“09” 09 2019 року
(підпис) (прізвище та ініціали) Димок Олександр В. О.

Схвалено науково-методичною комісією факультету

Протокол від “17” 09 2019 року № 1

“17” 09 2019 року
(Климов О.В.) Голова (підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми*

“ ” 20__ року Керівник групи
(ініціали) (підпис) (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається не випусковою кафедрою

_____, 2019 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (напрямок підготовки), освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів –	Спеціальність <u>132 Матеріалознавство</u> (код і назва) Освітня програма: <u>Термічна обробка металів, Прикладне матеріалознавство</u> (код і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання - відсутнє		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента - 5	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		28 год.	12 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		28 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		124 год.	162 год.
Індивідуальні завдання: курсова робота			
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 52 / 124

для заочної форми навчання – 18 / 162

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення сучасних методів структурного аналізу для дослідження та розробки нових матеріалів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів.

Завдання: набуття і розвинення знань та практичних навичок використання сучасних методів дослідження матеріалів; аналіз результатів конкретних досліджень кристалічної будови та змін, що відбуваються у матеріалах під впливом технологічних обробок.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен оволодіти:

загальні компетентності:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу КЗ.01.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях КЗ.02.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями КЗ.03.

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми КЗ.04.

Здатність приймати обґрунтовані рішення КЗ.05.

Здатність до адаптації та дії в новій ситуації КЗ.06.

Здатність працювати автономно КЗ.10.

Здатність працювати в команді КЗ.11.

Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя КЗ.14.

фахові компетентності:

Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань КС.01.

Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства КС.03.

Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем КС.05.

Здатність використовувати практичні інженерні навички при вирішенні професійних завдань КС.06.

Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства КС.07.

Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем КС.09.

Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань КС.10.

Здатність організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці КС.11.

Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів КС.12.

Очікувані програмні результати навчання:

- ПРН2 Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;
- ПРН5 Визначати екологічно небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності шляхом попереднього аналізу та корегувати зміст діяльності з метою попередження негативного впливу на навколишнє середовище;
- ПРН14 Розуміти будову металів, неметалів, композитів та функціональних матеріалів методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення;
- ПРН15 Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів;
- ПРН20 Уміти обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки; ПРН29 Знання основ стандартизації, сертифікації й акредитації матеріалів та виробів з них.

1. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1.

Тема 1. Вступ. Основи фізики рентгенівських променів .

Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни). Роль дифракційних та електроннооптичних методів дослідження структури у розвитку фізичних основ матеріалознавства. Природа та властивості рентгенівських променів. Устрій та принцип роботи рентгенівської трубки. Рівняння Вульфа-Брега, його фізична суть. Квантова теорія суцільного спектра. Збудження та закономірності характеристичного спектра. Закон Мозлі. Методи монохроматизації.

Тема 2. Теорія дифракція на досконалих кристалах. Основні рівняння дифракції рентгенівських променів.

Дифракція рентгенівських променів, розсіяних атомним рядом, площиною, тривимірною ґраткою. Рівняння дифракції Лауе. Обернена ґратка як

математичний і геометричний образ для опису дифракції. Сфера відбиття Евальда. Узагальнене векторне рівняння дифракції і його графічна інтерпретація. Використання дифракції рентгенівських променів для дослідження матеріалів. Характеристика основних методів (метод Лауе, метод обертання монокристала, метод полікристала).

Тема 3. Інтенсивність дифракційних максимумів.

Фактори, що впливають на інтенсивність дифракційних ліній на рентгенограмах. Атомний фактор. Структурна амплітуда та структурний фактор. Фактори повторюваності, кутовий, поляризаційний, поглинання. Загальне рівняння для обчислювання інтенсивності дифракційних ліній. Реєстрація рентгенівських променів і вимір їх інтенсивності.

Змістовний модуль 2.

Тема 1. Методи рентгеноструктурного аналізу

Визначення речовини, типу та розміру кристалічних ґраток. Індексуювання дифракційних ліній. Загальні принципи прецизійного визначення параметрів елементарної комірки. Дослідження діаграм стану. Визначення лінії обмеженої розчинності у двокомпонентних системах. Аналіз твердих розчинів. Дослідження впорядкування в твердих розчинах.

Якісний та кількісний фазовий аналіз. Фактори, що впливають на чутливість аналізу. Вибір умов зйомки і підготовка зразків. Основні методи кількісного фазового аналізу (гомологічних пар, підмішування, незалежного еталону). Визначення кількості залишкового аустеніту в загартованій сталі. Особливості аналізу карбідних та інтерметалідних фаз.

Рентгеноструктурний аналіз перетворень, що відбуваються при гартуванні сталей. Структура мартенситу, аналіз рентгенограм мартенситу. Визначення вмісту вуглецю в мартенситі після гартування. Аналіз процесів відпускання загартованої сталі.

Рентгенівський аналіз зовнішніх макронапружень. Дослідження розмірів субзеренних структурних складових та внутрішніх напружень. Рентгенографічне дослідження структурних змін, що відбуваються при нагріванні деформованого металу. Дослідження кінетики процесу рекристалізації.

Тема 2. Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія.

Методи рентгеноспектрального аналізу (емісійний, флуоресцентний, абсорбційний). Устрій і основні блоки та їх призначення в растровому електронному мікроскопі із мікроаналізатором. Види сигналів, що виникають при взаємодії електронного зонда із поверхнею зразка. Формування і реєстрація характеристичного випромінювання в режимі сканування. Рентгеноспектральний аналіз хімічного складу мікрооб'єктів і поверхневих шарів.

Використання вторинних і розсіяних (відбитих) електронів для дослідження структури. Схема зміни характеру розсіяння електронів в залежності від порядкового номера елемента. Контраст за хімічним складом і топографічний контраст. Електронно-фрактографічний аналіз поверхні зламів.

Тема 3. Електроннооптичні методи дослідження структури матеріалів

Електронна мікроскопія. Устрій і оптична схема просвічувального електронного мікроскопа. Особливості розсіяння електронів речовиною. Порівняльна характеристика дифракції рентгенівських променів та електронів. Дифракція електронів на моно- та полікристалах. Аналіз електронogram, розрахункові формули. Основні напрямки використання дифракції електронів.

Формування зображення в електронному мікроскопі при просвічуванні. Аналіз дислокаційної і субзеренної структури.. Приготування фольг і реплік для дослідження структури.

Рішення практичних задач матеріалознавства при комплексному дослідженні структури матеріалів за допомогою оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції та мікрорентгеноспектрального аналізу.

1. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	Денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Модуль 1													
Змістовий модуль 1. Основи фізики рентгенівських променів. Теорія дифракція на досконалих кристалах.													
Тема 1. Вступ. Основи фізики рентгенівських променів .	12	2		2		8	11	1					10
Тема 2. Теорія дифракція на досконалих кристалах	14	2		4		8	19,5	1		0,5			18
Тема 3. Інтенсивність дифракційних максимумів.	6	2				4	25,5	1		0,5			24
Разом за змістовим модулем 1	32	6		6		20	56	3		1			52
Змістовий модуль 2. Методи структурного аналізу матеріалів													
Тема 1. Методи рентгеноструктурного аналізу	70	8		8		54	70	4		4			62

Тема 2. Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія.	53	8		10		35	34.5	4		0.5		30
Тема 3. Електроннооп- тичні методи дослідження структури матеріалів	25	6		4		15	19.5	1		0.5		18
Разом за змістовим модулем 2	148	22		22		104	124	9		5		110
Усього годин	180	28		28		124	180	12		6		162
ІНДЗ												
Усього годин												

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з устрієм та роботою рентгенівських трубок і установок. Техніка безпеки в рентгенівських лабораторіях.	2
2	Зйомка рентгенограм за методом полікристала. Устрій камер для проведення структурного аналізу.	4
3	Визначення речовини, типу ґратки та розмірів елементарної комірки.	4
4	Побудова ліній обмеженої розчинності у сплавах двокомпонентної системи.	2
5	Кількісний фазовий аналіз. Визначення кількості залишкового аустеніту в сталях після гартування.	4
6	Дослідження впливу легування на кінетику процесів рекристалізації.	4

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
7	Аналіз мікроструктури матеріалів за допомогою растрового електронного мікроскопа з рентгенівським аналізатором.	4
8	Устрій просвічувального електронного мікроскопа. Приготування зразків для електронномікроскопічних досліджень.	2
9	Контрольна робота	2
	Усього	28

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Одиниці виміру довжини хвилі (\AA і кХ). Вплив матеріалу анода на інтенсивність випромінювання. Коефіцієнт корисної дії для суцільного спектра. Залежність потенціалу збудження від матеріалу анода. Режими роботи рентгенівської трубки. Шляхи зменшення фону від суцільного спектра.	6
2	Поглинаюча здатність речовин. Істинне атомне поглинання. Коефіцієнт поглинання для речовини, що складається із різних елементів. Фільтрація R-променів.	6
3	Поляризація розсіяного випромінювання. Поляризаційний множник. Некогерентне розсіяння.	6
4	Устрій рентгенівських трубок із різним фокусом Види охолодження рентгенівських трубок.	4
5	Рентгенівські апарати. Схема подвоєння напруги. Методи реєстрації рентгенівських променів. Іонізаційний метод. Одиниці дози випромінювання. Устрій та принцип роботи сцинтиляційних лічильників. Структурна схема реєструючої системи дифрактометра.	7
6	Фотографічний метод реєстрації рентгенівських променів. Люмінісцентний метод. Люмінофори.	4
7	Обернена ґратка. Сфера відбиття Евальда. Побудова сфер Евальда для суцільного спектра. Дифракційна картина від монокристала. Розташування дифракційних рефлексів по зональним кривим (еліпси, гіперболи, прямі лінії). Розташування дифракційних рефлексів по шаровим лініям. Метод обертання монокристала.	7
8	Обернена ґратка полікристала. Умова Евальда та дифракційна картина від полікристала. Способи виведення вузлів оберненої ґратки на сферу відбиття Евальда.	6
9	Структурна амплітуда та структурний множник. Розрахунки структурного множника для різних типів ґраток (ОЦК, ГЦК, ГЦП, для речовини типу CsCl, NaCl)	6

10	Множники інтенсивності. Атомна амплітуда. Температурний множник. Множник Лоренца. Двокристальні спектрометри для дослідження мозаїчної структури. Комбінований кутовий множник Лоренца-Томсона. Фактор повторюваності для різних площин ґраток кубічної та гексагональної сингоній. Фактори поглинання в залежності від форми зразка. Зведена формула для інтегральної інтенсивності дифракційних максимумів.	10
11	Устрій і призначення рентгенівських камер РКД, КРОС та РКСО. Прямі та обернені методи зйомки в камері РКД. Метод полікристала. Вибір випромінювання і режиму зйомки. Монохроматизація випромінювання. Приготування зразків. Розрахунки дебаєграм. Поправка на поглинання у зразках. Розділення α та β ліній.	6
12	Індиціювання дифракційних ліній. Визначення типу ґратки. Прецизійні методи визначення параметрів кристалічної ґратки. Похибки визначення міжплощинних відстаней при використанні фотографічного методу зйомки.	6
13	Визначення кутів дифракції за допомогою дифрактометра. Камери для прецизійного визначення параметрів ґратки. Зменшення похибок із застосуванням експериментальної техніки.	4
14	Методи екстраполяції при визначенні параметрів ґратки (графічна та аналітична). Використання зйомки із еталоном. Вимоги до речовини еталона. Рентгенографічний вимір коефіцієнтів теплового розширення..	6
15	Визначення макронапружень із застосуванням дифрактометра. Фактори, що впливають на появу мікронапружень, та їх вплив ширину дифракційних ліній. Статичні напруження навколо дислокацій і вакансій.	6
16	Визначення розміру кристалітів методом вимірювання поширення дифракційних ліній. Фізичне і геометричне поширення. Розрахунки поправки на дублетність лінії $K_{\alpha 1}$ та $K_{\alpha 2}$ (метод Речингера). Метод підрахунку кількості рефлексів на лініях дебаєграми.	6
17	Рентгеноструктурне дослідження діаграм стану. Діаграма стану сплавів із необмеженою розчинністю компонентів. Наявність в діаграмі стану обмежених твердих розчинів. Визначення лінії обмеженої розчинності. Вивчення діаграм стану із відсутньою розчинністю компонентів в твердому стані. Діаграми стану із присутніми хімічними сполуками. Метод їх ідентифікації. Дослідження фазових границь в потрійних системах.	8
18	Рентгенографічне вивчення стадії відпочинку і полігонізації при нагріванні деформованих металів.	4
19	Дослідження процесу рекристалізації. Використання	7

	фотометода при визначенні початку та кінця первинної рекристалізації. Використання дефокусування для підвищення чутливості виявлення точкових рефлексів від рекристалізованих зародків. Визначення енергії активації рекристалізації.	
20	Використання дифрактометрів для дослідження різних стадій рекристалізації. Порівняльна характеристика у вивченні процесу рекристалізації рентгеноструктурного і металографічного методів.	4
21	Рентгеноструктурний фазовий аналіз. Чутливість проведення якісного фазового аналізу. Фактори що впливають на чутливість методу. Фактори, що сприяють підвищенню чутливості виявлення фаз.	6
22	Кількісний фазовий аналіз. Поглинання у плоскому і циліндричному зразках. Методи кількісного фазового аналізу. Безеталонний метод гомологічних пар. Метод внутрішнього стандарту із підмішуванням еталонної речовини.	6
23	Метод вимірювання масового коефіцієнта поглинання. Метод зовнішнього стандарту із використанням еталону. Можливі похибки кількісного фазового аналізу і шляхи їх зменшення.	4
24	Рентгеноспектральний аналіз для визначення елементів в структурних складових сплавах. Переваги рентгеноспектрального аналізу порівняно із хімічними методами. Чутливість рентгеноспектрального аналізу. Емісійний метод по первинним характеристичним спектрам. Абсорбційний метод по спектрам поглинання. Флюоресцентний метод по вторинним характеристичним спектрам. Чутливість і можливості методів.	8
25	Емісійний метод рентгеноспектрального аналізу. Устрій і принцип роботи растрового електронного мікроскопа (РЕМ). Процеси, що відбуваються при взаємодії електронів із зразком. Устрій детектора електронів.	6
26	Характеристика сигналів від зразка. Картина розсіяння електронів в залежності від речовини і напруги. Перетин розсіяння електронів. Вторинна електронна емісія. Використання вторинних електронів.	4
27	Характеристичне рентгенівське випромінювання. Аналіз спектрів кристал-дифракційним і енергодисперсійним способами. Устрій спектрометра, круг Роуланда. Реєстрація квантів рентгенівського випромінювання. Способи зображення результатів енергодисперсійної реєстрації характеристичного випромінювання.	6
28	Характеристичне рентгенівське випромінювання. Аналіз спектрів кристал-дифракційним і енергодисперсійним	6

	способами. Устрій спектрометра, круг Роуланда. Реєстрація квантів рентгенівського випромінювання. Способи зображення результатів енергодисперсійної реєстрації характеристичного випромінювання.	
29	Фрактографічний аналіз зламів. Механізм руйнування шляхом сколювання та злиття мікропорожнин. Крихкий, в'язкий та злами змішаного типу. Вид зламу при втомному руйнуванні.	7
30	Термінологія для опису фрактограм: відкол, фасетка,сходінка, квазівідкол, струменкевий візерунок, втомні борозенки.Поняття глибини різкості і розрізнявальна здатність РЕМа.	6
31	Устрій та принцип роботи просвічувального електронного мікроскопа. Дифракційна картина електронів від моно- та полікристалів. Аналіз електроннограм, розрахункові формули. Можливості електронного мікроскопа в режимі мікродифракції електронів. Дослідження сузеренної структури при просвічуванні фольг. Визначення густини дислокацій. Порівняльна характеристика можливостей оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції електронів та мікрорентгеноспектрального аналізу.	8
32	Дослідження сузеренної структури при просвічуванні фольг. Визначення густини дислокацій. Порівняльна характеристика можливостей оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції електронів та мікрорентгеноспектрального аналізу.	6
	Разом	124

9. Індивідуальні завдання

Тематика курсових робіт

1. Визначення характеристик дислокаційної структури з використанням електронномікроскопічного методу дослідження.
2. Визначення природи фаз пластинчатої та кубічної форми в жароміцному нікелевому сплаві за допомогою електронномікроскопічних досліджень.
3. Визначення ступеня тетрагональності та кількості вуглецю в сталі У10 після гартування з використанням рентгеноструктурного аналізу.
4. Дослідження текстури холоднокатаного листа феритної сталі 08Х18Т1 з використанням рентгеноструктурного іонізаційного методу.
5. Дослідження фазового складу титанових сплавів ВТ3-1 та ВТ5 із використанням рентгеноструктурного методу.
6. Дослідження кількості α - та β - фаз в структурі титанового сплаву ВТ20 з використанням рентгеноструктурного методу.
7. Визначення орієнтації монокристалів кремнію за допомогою методу Лауе.

8. Визначення структурних характеристик частинок γ' - фази в жароміцному нікелевому сплаві за даними електронномікроскопічних досліджень.
9. Дослідження карбідної фази в сталі Р9К10 із використанням растрового електронного мікроскопа.
10. Дослідження карбідної фази в сталі Р9 із використанням растрового електронного мікроскопа.
11. Визначення енергії активації первинної рекристалізації для нікелевого сплаву.
12. Приготування та визначення товщини металічної фольги для електронномікроскопічного дослідження структури при використанні режиму на просвічування.
13. Дослідження мікроструктури чистого заліза із добавками ітрію за допомогою растрового електронного мікроскопа.
14. Аналіз зламів жароміцного нікелевого сплаву із використанням растрової електронної мікроскопії.
15. Дослідження фазового складу титанового сплаву ОТ4-1 з використанням рентгеноструктурного методу.
16. Визначення природи частинок вторинної фази в структурі сплаву заліза із добавками ітрію за допомогою растрового електронного мікроскопа із рентгенівським мікроаналізатором.
17. Визначення параметра елементарної коміркісплавів алюмінієвої бронзи із використанням еталона по рентгенограмі, одержаній у камері КРОС.
18. Дослідження фазового складу поверхневого шару лопаток із титанового сплаву ВТ8 із покриттям нітрідом титану.
19. Визначення фазового складу покриття одержаного детонаційним методом із порошку ПКХН-15.
20. Визначення фазового складу покриття одержаного детонаційним методом із порошку сплаву Х20Н80.
21. Дослідження продуктів корозії після випробувань на корозійну стійкість нікелевого сплаву із використанням рентгеноструктурного аналізу.
22. Визначення природи вторинної фази в структурі сплаву Х20Н80 із 3.3% Zr за допомогою растрового електронного мікроскопа із рентгенівським мікроаналізатором.
23. Аналіз мікроструктури сплаву Х20Н80 із 4.5%Zr з використанням рентгеноструктурного фазового аналізу.

10. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);

- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, аудиторна контрольна робота, тестування.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен, курсова)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2	T3	T1	T2	T3		
20	40	40	50	30	20		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни “Методиструктурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл. О.А. Глотка, Л.П. Степанова.-Запоріжжя ЗНТУ, 2018.-89с.

2. Методичні вказівки та завдання до лабораторних і контрольних робіт та курсової роботи з дисципліни “Методи структурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл.: В. Ю. Ольшанецький, Л.П. Степанова, О.А. Глотка - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 86 с.

14. Рекомендована література **Базова**

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с. [ISBN 966-06-0247-2](#)

2. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст]: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»] / В. В. Попович, А. І. Кондир, Е. І. Плешаков та ін. — Львів: Світ, 2009. — 551 с. — [ISBN 978-966-603-401-7](#)

3. Матеріалознавство [Текст]: підручник / [Дяченко С. С., Дощечкіна І. В., Мовлян А. О., Плешаков Е. І.]; ред. С. С. Дяченко; Харківський нац. автомобільно-дорожній ун-т. — Х.: ХНАДУ, 2007. — 440 с. — [ISBN 978-966-303-133-0](#)

4. Уманский Я. С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник [для студ. высш. учеб. заведений] / Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. И. - М. Металлургия, 1982. - 631 с.

5. Русаков А. А. Рентгенография металлов: учебник для вузов / Русаков А. А. - М. Атомиздат, 1977. - 490 с.

6. Горелик С. С. Рентгенографический и электроннооптический анализ: практическое руководство [учебное пособие для вузов] / Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. - М. Металлургия, 1970. - 366 с.

7. Приборы и методы физического металловедения [вып. 2] / [под ред. Ф. Вейнбеога, пер. сангл. подред. Ф. Вейнберга]. - М.: Мир, 1974. - 363 с.

8. Вегман Е. Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография: [учебное пособие для вузов] / Руфанов Ю. Г., Федорченко Н. Н. - М. Металлургия, 1990. - 262 с.

Допоміжна

1. Практическая растровая электронная микроскопия / [под ред.

Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица, перевод сангл. Петров В. И.] - М. Мир, 1978. - 655 с.

2. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии / [пер. нем. Розенфельда А. М., Спасского А. Н., под ред. д-ра физ.-мат. Наук Рожанского В. Н.] - М. Мир, 1972. - 284 с.

3. Фрактография атлас фрактограмм: справочник / [пер. сангл. Е. А. Шура, подред. М. Л. Бернштейна]. - М.: Металлургия, 1982. - 489 с.

4. Лейзеганг З. Электронная микроскопия / Лейзеганг З. [пер. нем. Г. В. Дершварца]. - М.: Издательство иностранной литературы, 1960. - 240 с.

5. Масленков С. Б. Применение микрорентгеноспектрального анализа / Масленков С. Б. - М.: Металлургия, 1968. - 110 с.

б. Энгель

Л.Растроваяэлектроннаямикроскопия.Разрушение:справочник/Энгель
Л.Г.[перснем.Б.Е.Левин].–М.: Металлургия,1986.–231 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.femto.com.ua>
2. <http://referat.ukraine-ru.net>
3. <http://www.femto.com.ua>
4. <http://dic.academic.ru/>
5. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
6. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

МЕТОДИ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ МАТЕРІАЛІВ

Тип: нормативна

Курс (рік навчання): 3(3)

Семестр: 5

Кредити: 5

Викладач: Глотка Олександр Анатолійович, канд. техн. наук, доцент

Степанова Любов Петрівна канд. техн. наук, доцент

Розподіл годин: загальна кількість 180 годин (28 лекцій, 28 лабораторних занять, 124 годин самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи, курсова робота.

Метою курсу вивчення сучасних методів структурного аналізу для дослідження та розробки нових матеріалів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів

Вміст курсу: набуття і розвинення знань та практичних навичок використання сучасних методів дослідження матеріалів; аналіз результатів конкретних досліджень кристалічної будови та змін, що відбуваються у матеріалах під впливом технологічних обробок

Структура курсу:

Змістовний модуль 1. Основи фізики рентгенівських променів. Теорія дифракція на досконалих кристалах.

Вступ. (предмет, задачі та зміст дисципліни). Роль дифракційних та електроннооптичних методів дослідження структури у розвитку фізичних основ матеріалознавства. Природа та властивості рентгенівських променів. Устрій та принцип роботи рентгенівської трубки. Рівняння Вульфа-Брега, його фізична суть. Квантова теорія суцільного спектра. Збудження та закономірності характеристичного спектра. Закон Мозлі. Методи монохроматизації.

Основні рівняння дифракції рентгенівських променів.

Дифракція рентгенівських променів, розсіяних атомним рядом, площиною, тривимірною ґраткою. Рівняння дифракції Лауе. Обернена ґратка як математичний і геометричний образ для опису дифракції. Сфера відбиття Евальда. Узагальнене векторне рівняння дифракції і його графічна інтерпретація. Використання дифракції рентгенівських променів для дослідження матеріалів. Характеристика основних методів (метод Лауе, метод обертання монокристала, метод полікрystalа).

Інтенсивність дифракційних максимумів.

Фактори, що впливають на інтенсивність дифракційних ліній на рентгенограмах. Атомний фактор. Структурна амплітуда та структурний фактор. Фактори

повторюваності, кутовий, поляризаційний, поглинання. Загальне рівняння для обчислювання інтенсивності дифракційних ліній. Реєстрація рентгенівських променів і вимір їх інтенсивності.

Змістовний модуль 2. Методи структурного аналізу матеріалів

Методи рентгеноструктурного аналізу

Визначення речовини, типу та розміру кристалічних ґраток. Індексуювання дифракційних ліній. Загальні принципи прецизійного визначення параметрів елементарної комірки. Дослідження діаграм стану. Визначення лінії обмеженої розчинності у двокомпонентних системах. Аналіз твердих розчинів. Дослідження впорядкування в твердих розчинах.

Якісний та кількісний фазовий аналіз. Фактори, що впливають на чутливість аналізу. Вибір умов зйомки і підготовка зразків. Основні методи кількісного фазового аналізу (гомологічних пар, підмішування, незалежного еталону). Визначення кількості залишкового аустеніту в загартованій сталі. Особливості аналізу карбідних та інтерметалідних фаз.

Рентгеноструктурний аналіз перетворень, що відбуваються при гартуванні сталей. Структура мартенситу, аналіз рентгенограм мартенситу. Визначення вмісту вуглецю в мартенситі після гартування. Аналіз процесів відпускання загартованої сталі.

Рентгенівський аналіз зовнішніх макронапружень. Дослідження розмірів субзеренних структурних складових та внутрішніх напружень. Рентгенографічне дослідження структурних змін, що відбуваються при нагріванні деформованого металу. Дослідження кінетики процесу рекристалізації.

Рентгеноспектральний аналіз і растрова електронна мікроскопія.

Методи рентгеноспектрального аналізу (емісійний, флуоресцентний, абсорбційний). Устрій і основні блоки та їх призначення в растровому електронному мікроскопі із мікроаналізатором. Види сигналів, що виникають при взаємодії електронного зонда із поверхнею зразка. Формування і реєстрація характеристичного випромінювання в режимі сканування. Рентгеноспектральний аналіз хімічного складу мікрооб'ємів і поверхневих шарів. Використання вторинних і розсіяних (відбитих) електронів для дослідження структури. Схема зміни характеру розсіяння електронів в залежності від порядкового номера елемента. Контраст за хімічним складом і топографічний контраст. Електронно-фрактографічний аналіз поверхні зламів.

Електроннооптичні методи дослідження структури матеріалів

Електронна мікроскопія. Устрій і оптична схема просвічувального електронного мікроскопа. Особливості розсіяння електронів речовиною. Порівняльна характеристика дифракції рентгенівських променів та електронів. Дифракція електронів на моно- та полікристалах. Аналіз електроннограм, розрахункові формули. Основні напрямки використання дифракції електронів.

Формування зображення в електронному мікроскопі при просвічуванні. Аналіз дислокаційної і субзеренної структури.. Приготування фольг і реплік для дослідження структури.

Рішення практичних задач матеріалознавства при комплексному дослідженні структури матеріалів за допомогою оптичної і електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, мікродифракції та мікрорентгеноспектрального аналізу.

Курс буде складатися з 5 кредитів, паралельно з лекційним курсом студенти матимуть лабораторні заняття та виконувати курсову роботу. Кожне з яких буде присвячено засвоєнню теоретичного матеріалу та набуттю практичних навичок.

Результати навчання: Демонструвати володіння логікою та методологію наукового пізнання; знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми; володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності; Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі; Визначати екологічно небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності шляхом попереднього аналізу та корегувати зміст діяльності з метою попередження негативного впливу на навколишнє середовище; Знати вимоги галузевих нормативних документів; Володіти навичками, які дозволяють продовжувати вчитися і оволодівати сучасними знаннями; Уміти застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі; Уміти експериментувати та аналізувати дані; Описувати будову металів, неметалів, композитів та функціональних матеріалів методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення; Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів; Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення; Демонструвати обізнаність та практичні навички в галузі технологічного забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них; Уміти обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки; Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування; Знання основ стандартизації, сертифікації й акредитації матеріалів та виробів з них.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти технологій, вибору обладнання з урахуванням типу і масштабів виробництва.

При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності.

У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх лабораторних робіт може бути використана наступна схема оцінювання (за засвоєння тем курсу):

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен, курсова)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2	T3	T1	T2	T3		
20	40	40	50	30	20		

У разі невідвідування певних тем та несвоєчасного виконання розділів оцінка може знижуватись шляхом віднімання певної кількості балів у відповідності до вищевказаної таблиці. Зниження оцінки може бути скомпенсоване шляхом відпрацювання пропущених занять та виконання додаткових завдань.

Академічна доброчесність: студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при розв'язанні індивідуальних завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

Література:

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с. [ISBN 966-06-0247-2](#)
2. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст]: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»] / В. В. Попович, А. І. Кондир, Е. І. Плешаков та ін. — Львів: Світ, 2009. — 551 с. — [ISBN 978-966-603-401-7](#)

3. Матеріалознавство [Текст]: підручник / [Дяченко С. С., Дощечкіна І. В., Мовлян А. О., Плешаков Е. І.] ; ред. С. С. Дяченко ; Харківський нац. автомобільно-дорожній ун-т. — Х. : ХНАДУ, 2007. — 440 с. — [ISBN 978-966-303-133-0](#)
3. Уманский Я.С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник [для студ. высш. учеб. заведений] / Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.И. - М. Металлургия, 1982. - 631 с.
4. Русаков А.А. Рентгенография металлов: учебник для вузов /Русаков А.А. - М. Атомиздат, 1977. - 490 с.
5. Горелик С.С. Рентгенографический и электроннооптический анализ: практическое руководство [учебное пособие для вузов] /Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. - М. Металлургия, 1970.- 366 с.
6. Приборы и методы физического металловедения [вып. 2] /[под ред. Ф. Вейнбеога, пер. с англ. под ред. Ф. Вейнберга]. – М.: Мир, 1974. – 363 с.
7. Вегман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография : [учебное пособие для вузов] / Руфанов Ю.Г., Федорченко Н.Н. - М. Металлургия, 1990. - 262 с.
8. Практическая растровая электронная микроскопия / [под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица, перевод с англ. Петров В.И.]. - М. Мир, 1978. - 655 с.
9. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии / [пер с нем. Розенфельда А.М., Спасского А.Н., под ред. д-ра физ.-мат. Наук Рожанского В.Н.] - М. Мир, 1972. - 284 с.
10. Фрактография и атлас фрактограмм : справочник / [пер. с англ. Е. А. Шура, под ред. М.Л. Бернштейна]. – М.: Металлургия, 1982. – 489 с.
11. Лейзеганг З. Электронная микроскопия / Лейзеганг З. [пер с нем. Г.В. Дер-Шварца]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 240 с.
12. Масленков С.Б. Применение микрорентгеноспектрального анализа / Масленков С.Б. – М.: Металлургия, 1968. – 110 с.
13. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник / Энгель Л. Г. [пер с нем. Б.Е. Левин]. – М.: Металлургия, 1986. – 231 с.
14. Конспект лекцій з дисципліни “Методи структурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл. О.А. Глотка, Л.П. Степанова. - Запоріжжя ЗНТУ, 2018. - 89 с.
15. Методичні вказівки та завдання до лабораторних і контрольних робіт та курсової роботи з дисципліни “Методи структурного аналізу матеріалів” для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” денної і заочної форми навчання / Укл.: В. Ю. Ольшанецький, Л.П. Степанова, О.А. Глотка - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 86 с.