

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

НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
(повне найменування вищого навчального закладу)
Кафедра фізичного матеріалознавства

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Перший проректор
В.Т. Прушківський
09 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тонкі методи дослідження матеріалів

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність (напрямок підготовки) **132 «Матеріалознавство»**

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) **«Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів», «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»**

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

мова навчання українська

Робоча програма з дисципліни «Тонкі методи дослідження матеріалів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма «Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів», «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»

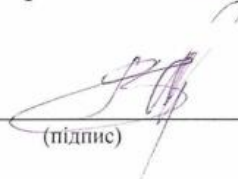
„09” 09, 2019 року – 13 с.

Розробники: Степанова Л.П., к.т.н., доцент; Грабовський В.Я., к.т.н., доцент
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізичного матеріалознавства

Протокол від „09” вересня 2019 року, протокол № 1

Завідувач кафедри
фізичного матеріалознавства


(підпис)

(Ольшанецкий В.Ю.)
(прізвище та ініціали)

„29” 09 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету (інституту) за напрямом підготовки (спеціальністю) 132 «Матеріалознавство»
(код, назва)

Протокол від „17” 09 2019 року № 1

„17” 09 2019 року

Голова


(підпис)

(Климов О.В.)
(прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією _____ ІФ _____ факультету

Протокол від. “___” _____ 20__ року № ___

“___” _____ 20__ року

Голова

(підпис)

(_____)
(прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* _____

“___” _____ 20__ року

Керівник групи

(підпис)

(_____)
(прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

© _____, 2019 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4.5	Галузь знань: <u>13 Механічна інженерія</u>	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 1	Спеціальність <u>132 Матеріалознавство</u> (шифр і назва) Освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів», «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		5-й	7-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____		Семестр	
(назва)			
Загальна кількість годин - 135		10-й	10-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 56 самостійної роботи студента - 79	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		28 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		28 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		79 год.	80 год.
		Індивідуальні завдання:	
-			
Вид контролю: залік			

Примітка.

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

для денної форми навчання – 20% до 80%

для заочної форми навчання – 8% до 92%

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Метою викладення дисципліни є набуття студентами знань та навичок використання сучасних тонких методів дослідження мікроструктури та атомної будови сплавів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів. Поряд із більш глибоким вивченням методу рентгеноструктурного аналізу передбачено опанування методів електронно-мікроскопічного дослідження матеріалів. Вивчення методів супроводжується аналізом результатів конкретних досліджень кристалічної будови та змін, що відбуваються у матеріалах під впливом технологічних обробок.

Завдання: розвинення знань та практичне освоєння наступних методів дослідження металів: побудова полюсних фігур для визначення текстури матеріалів; встановлення орієнтировки монокристалів; аналіз упорядкованих фаз в структурі сплавів; принцип дії та області застосування приладів електронно-мікроскопічного дослідження матеріалів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні засвоїти **загальні компетентності:**

- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні. **К3.03**

фахові компетентності:

- здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем на основі досліджень в рамках спеціалізації **КС.11;**
- здатність планувати і виконувати дослідження, обробляти результати експерименту з використанням сучасних інформаційних технологій, програмного забезпечення, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів. **КС.12;**
- уміння формувати дослідницькі науково-методичні та науково-технічні програми науково-дослідницької організації або її підрозділу. **КС.13;**
- здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується. **КС.14;**
- здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях. **КС.15;**
- здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей. **КС.16.**

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН4 – уміти розробляти нові методи і методики досліджень матеріалів та процесів на базі знання методології наукового дослідження та специфіки проблеми, що вирішується.

ПРН5 - розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються при розв'язанні складних матеріалознавчих задач (хімічний склад – технології термічного оброблення – структура – властивості).

ПРН7 - Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів.

Одержання поглиблених знань, які обумовлюють здатність обирати необхідні методи рентгеноструктурного аналізу при дослідженні тонкої структури. Інфо-

рмацію, отриману із застосуванням методів структурного аналізу, грамотно використовувати при аналізі результатів комплексного дослідження. Спеціальні знання з принципу дії приладів просвічувальної та растрової електронної мікроскопії, термоелектронної емісії та автоіонної мікроскопії; сутності формування зображень на різних приладах; прикладів використання розглянутих методів досліджень для вирішення задач термічної обробки металів. Вміти вибирати оптимальні методи дослідження зв'язків між режимами термічної обробки і структурою матеріалів та комплексом фізико-механічних властивостей; проаналізувати результати експериментальних досліджень структури та властивостей матеріалів і сформулювати висновки для прийняття обґрунтованих рішень.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Тонкі методи дослідження за допомогою рентгенівських променів.

Тема 1. Рентгенографічне дослідження текстури в металах і сплавах. Побудова полюсної фігури для визначення компонент текстури прокатки у сталі 08Ю.

Вступ(предмет, задачі, та зміст дисципліни) Утворення текстур та їх вплив на властивості матеріалу. Класифікація текстур і основні параметри, що характеризують текстуру. Рентгеноструктурний метод дослідження аксіальних текстур. Методика дослідження із використанням фотографічного методу. Вивчення текстур прокатки (обмежених текстур). Метод нахилу і повороту зразка (метод Шульца.)Визначення і аналіз текстури за допомогою полюсних фігур. Методика побудови полюсних фігур для визначення текстур прокатки із використанням безперервної зйомки текстурограм на дифрактометрі. Побудова ліній однакової інтенсивності. Аналіз полюсних фігур за допомогою стандартних стереографічних сіток Закса із набором різних кристалографічних орієнтацій відносно осі проекції. Кількісний аналіз компонент текстури із використанням полюсної густини розподілу інтенсивності рентгенівських променів.

Тема 2. Визначення орієнтації монокристалів кубічної сингонії за методом Лауе.

Вимоги наукових дослідників та виробництва монокристалів щодо точного знання орієнтації кристалографічних площин і напрямків в кристалах. Способи одержання заданих орієнтацій. Використання суцільного спектра при одержанні лауеграм.Хід променів і схема зйомки за методом Лауе. Побудова Евальда для монокристала. Одержання дифракційної картини на відбиття і просвічування (пряма і зворотна зйомки). Метод розрахунків лауеграм і епіграм. Встановлення зв'язку між рефlekсами на лауеграмах і стереографічними проекціями площин. Використання сітки Вульфа. Стандартні сітки Закса. Визначення орієнтації кристалів відносно зовнішніх координатних осей. Знаходження кутів між координатними осями і основними кристалографічними напрямками.

Тема 3. Вивчення упорядкованих твердих розчинів в структурах сплавів.

Поняття упорядкованого твердого розчину на прикладах систем Cu – Zn, Cu – Au, Fe –Al. Зображення упорядкованих твердих розчинів на діаграмах стану. Діаграми стану сталей з упорядкованими твердими розчинами на основі компоне-

нтів А і В. Діаграма стану системи з упорядкованим твердим розчином на основі хімічних сполук (фазові переходи I та II роду). Рентгеноструктурний метод виявлення надструктури в сплавах.

Розрахунки структурної амплітуди для β – фази CuZn із ОЦК граткою. Визначення інтенсивності надструктурних ліній і побудова схеми рентгенограми. Розрахунки структурної амплітуди для упорядкованого твердого розчину γ' -фази на основі хімічної сполуки $Ni_3(Ti, Al)$ із ГЦК –граткою в жароміцних нікелевих сплавах та утворення антифазних границь при переміщенні дислокацій. Вплив упорядкування та утворення антифазних границь на властивості сплавів.

Змістовий модуль 2. Електронно-мікроскопічне дослідження тонкої структури металів.

Тема 1. Просвічувальна електронна мікроскопія та її використання для дослідження структури сталей та сплавів.

Переваги та сутність дослідження мікроструктури в електронному випромінюванні. Принцип дії просвічувального електронного мікроскопа та хід променів в режимі зображення; Особливості роботи просвічувального електронного мікроскопа в режимі мікродифракції. Еспериментальне визначення збільшення (тарировання) та сталої приладу при електронно-мікроскопічному дослідженні. Спосіб розшифрування електроннограми при відомому та невідомому значенні сталої приладу. Призначення та отримання темпольного зображення в електронному мікроскопі. Розгляд прикладів використання просвічувального електронного мікроскопа при вирішенні задач в матеріалознавстві.

Тема 2. Прилади та використання растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроаналізу в матеріалознавстві.

Принцип дії та специфіка призначення растрових електронних мікроскопів (РЕМ). Використання РЕМ для дослідження мікроструктури та зламів сталей та сплавів. Техніка отримання стереопар. Види зламів сталей та сплавів різних рівней легування. Рентгеноспектральний мікроаналіз (РСМА) та області його використання для якісної та кількісної оцінки перерозподілу легувальних елементів в структурних складових. Розгляд прикладів використання РЕМ та РСМА при вирішенні задач в матеріалознавстві.

Тема 3. Термоелектронна емісійна мікроскопія (ТЕЕМ) та її використання для дослідження металів.

Області використання та сутність методу ТЕЕМ. Устрій та принцип дії термоелектронного мікроскопу; електронно-оптична система, отримання та реєстрація зображення. Особливості приготування зразків та використання процесу активації. Утворення контрасту термоелектронних емісійних зображень для виявлення орієнтації кристалів, структури фаз, топографії поверхні, неметалевих включень. Вплив активатора на контраст зображення. Спостереження зростання зерен методом ТЕЕМ. Використання ТЕЕМ для досліджень ізотермічного перетворення аустеніту (перлітного та бейнітного). Спостереження процесу деформації та руйнування металів за допомогою ТЕЕМ. Перспективи використання методу ТЕЕМ для дослідження металів в майбутньому.

Тема 4. Автоіонна мікроскопія (АІМ) та її використання в матеріалознавстві.

Задачі, що вирішуються методом АІМ. Конструкція та принцип дії авто іонного проектора; сутність автоіонізації. Особливості випаровування полем. Взаємодія молекул газу з поверхнею емітера. Фактором, що обумовлюють роздільну здатність іонного проектора. Основи інтерпретації іонних зображень; точкові та лінійні дефекти кристалічної ґратки; особливості контрасту та виявлення дефектів пакування в різних типах ґраток (ГЦК, ОЦК, ГПУ). Аналіз будови границь зерен та міжфазних границь за допомогою метода АІМ; структура малокутових, двійникових та довільних границь. Використання АІМ для дослідження мікроструктури стопів: процесів упорядкування, утворення сегрегацій, виділення вторинних фаз. Приклади застосування методу АІМ в матеріалознавстві.

4. 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. Тонкі методи дослідження за допомогою рентгенівських променів												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1. Рентгенографічне дослідження текстури в металах і сплавах. Побудова полюсної фігури для визначення компонент текстури прокатки в сталі 08Ю.	28	6		6		16	18	1		1		16
Тема 2. Визначення орієнтації монокристалів кубічної сингонії за методом Лауе.	23	4		4		15	16	1		1		14
Тема 3. Вивчення упорядкованих твердих розчинів в структурах сплавів.	16	4		4		8	12	1		1		10
Разом за змістовим	67	14		14		39	46	3		3		40

модулем 1												
Змістовий модуль 2.												
Тема 1. Просвічувальна електронна мікроскопія та її використання для дослідження структури сталей та сплавів.		4		6		12	14	1		1		12
Тема 2. Прилади та використання растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроаналізу в матеріалознавстві.		6		4		16	18	1		1		16
Тема 3. Термоелектронна емісійна мікроскопія (ТЕЕМ) та її використання для дослідження металів.		2		2		6	7	0,5		0,5		6
Тема 4. Автоіонна мікроскопія (АІМ) та її використання в матеріалознавстві.		2		2		6	7	0,5		0,5		6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разом за змістовим модулем 2	68	14		14		40	46	3		3		40
Усього годин	135	28		28		79	92	6		6		80

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова полюсної фігури для визначення компонент текстури прокатки у сталі 08Ю.	6
2	Визначення орієнтації монокристалів кубічної сингонії за методом Лауе.	4
3	Вивчення упорядкованих твердих розчинів в структурах сплавів. Дослідження процесів утворення упорядкованих фаз в системі Cu-Au і в жароміцному сплаві на нікелевій основі.	4
4	Ознайомлення з устроєм та експлуатацією просвічувального електронного мікроскопу.	4

	Ознайомлення з устроєм та дослідженням структури металів на растровому електронному мікроскопі в режимах зображення та рентгеноспектрального мікроаналізу	4
5	Ознайомлення з устроєм та дослідженням структури металів на термоелектронному емісійному мікроскопі.	4
6	Ознайомлення з методом автоіонної мікроскопії та його використанням для дослідження структури металів.	2
	Усього	28

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз текстур в металах і сплавах. Поняття структурної і кристалографічної текстури. Кути розсіяння текстури. Зв'язок між текстурою і властивостями. Аксіальна необмежена текстура, вісь текстури. Стереографічні проекції нормалей до певних визначених площин $\{hkl\}$.	8
2	Побудова полюсних фігур. Спіральна і кільцева аксіальні текстури. Обмежені текстури прокатки. Поняття компоненти текстури. Схема зйомки методом нахилу зразка. Побудова полюсних фігур прокатки по текстурограмі, одержаної із використанням дифрактометра. Аналіз полюсних фігур і визначення компонент текстури прокатки.	8
3	Устрій і призначення рентгенівської камери РКСО. Визначення орієнтації монокристалів за методом Лауе. Зйомка лауеграм та епіграм в камері РКСО. Побудова стандартних стереографічних проекцій для монокристалів із кубічною та гексагональною ґратками. Визначення орієнтації монокристала за епіграмами.	9
4	Побудова проекцій для рефлексів. Знаходження осей зони. Визначення індексів дифракційних рефлексів. Встановлення симетрії в монокристалі.	6
5	Діаграми стану з упорядкованими твердими розчинами на основі компонентів та хімічних сполук. Поняття структурної амплітуди, фактори, що впливають на її значення. Формула для розрахунків структурного фактора. Розрахунки структурної амплітуди для ОЦК и ГЦК ґраток.	8
6	Методики приготування реплік та металевих фольг для електронно-мікроскопічного дослідження матеріалів	6
7	Викласти літературні дані використання вуглецевих реплік та металевих фольг при дослідженні тонкої структури сплавів з дисперсійним твердінням.	6

8	Використання електроннографічного методу дослідження багатофазних сталей та сплавів.	4
9	Фактори, що забезпечують підвищені значення якості зображення, роздільної здатності та глибини фокусної відстані в растровому електронному мікроскопі; особливості зображення в поглинених електронах.	4
10	Навести приклади з науково-технічної літератури дослідження зламів для встановлення механізму руйнування виробів зі сталей та сплавів.	4
11	Викласти сутність кількісного рентгеноспектрального мікроаналізу та особливості визначення концентрації легких хімічних елементів в сплавах.	4
12	Області використання методу термоелектронної емісійної мікроскопії для дослідження металевих систем.	4
13	Дослідження атомної будови металів методом автоіонної мікроскопії; приклади розшифрування отримуваних зображень.	4
	Разом	79

7. Методи навчання

В процесі вивчення дисципліни використовується розвинена система навчання:

- 1. По основним розділам дисципліни читаються лекції, котрі мають нахил на розгляд певної проблеми та активний пошук шляхів її вирішення.
- 2. Ґрунтовне засвоєння базових розділів здійснюється на лабораторних роботах при виконанні практичної частини та захисті лабораторної роботи в цілому.
- 3. Двічі на семестр проводяться рубіжні контролі, які безумовно сприяють навчанню.

Використовуються:

- 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.

8. Очікувані результати навчання з дисципліни

Інформацію, отриману із застосуванням методів структурного аналізу та електронної мікроскопії, грамотно використовувати при аналізі результатів комплексного дослідження.

9. Методи контролю

Здійснюється контроль навчання при активній роботі студентів на лекціях, виконанні та захисті лабораторних робіт, контролі та здачі заліку.

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

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

10. Засоби оцінювання

При рубіжному контролі та заліку враховуються усі види робіт, які виконуються студентами:

- відвідування лекцій та активна участь при вирішенні проблем;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- результати письмових відповідей на поставлені питання при рубіжних контролях;
- результати письмових відповідей при проведенні заліку.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий тест (залік)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				100	100
T1	T2	T3, T4	T1	T2	T3	T4		
30	40	30	30	30	20	20		

T1, T2, T3, T4 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

			складання
1-34	Ф	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Методичне забезпечення

Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт і контрольної роботи з дисципліни “Тонкі методи дослідження структури матеріалів ” частина І для студентів спеціальностей «Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів», «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» денної і заочної форми навчання / Укл. Л.П. Степанова. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2018. - 30 с.

12.Рекомендована література

Базова

1. 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.
2. Русаков А.А. Рентгенография металлов: учебник для вузов /Русаков А.А. – М. Атомиздат, 1977. - 490 с.
3. 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..
4. Вегман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография : [учебное пособие для вузов] / Вегман Е.Ф ., Руфанов Ю.Г., Федорченко Н.Н. - М. Металлургия, 1990. - 262 с
- 5 Приборы и методы физического металловедения [вып. 2] /[под ред. Ф. Вейнбеога, пер. с англ. под ред. Ф. Вейнберга]. – М.: Мир, 1974. – 363 с.
6. 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.
7. Хирш.П., Хови А., Николсон Р. И др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. / [пер. с англ., под ред. Утевского Л.М.] –М.: Мир, 1968. – 574 с.
8. Практическая растровая электронная микроскопия / [под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица, перевод с англ.]. - М. Мир, 1978. - 655 с.
9. Автоионная микроскопия / [под ред. Дж. Рена и С. Ранганатана, пер. с англ.]. М.: Мир, 1971. – 270 с.
10. Узлов К.І. Кристаллографія, кристалохімія та мінералогія. Частина II: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 52 с.

Допоміжна

1. Фрактография и атлас фрактограмм: справочник / [пер. с англ. Е. А. Шура, под ред. М.Л. Бернштейна]. – М.: Металлургия, 1982. – 489 с.
2. Лейзеганг З. Электронная микроскопия / Лейзеганг З. [пер с нем. Г.В. Дершварца]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 240 с.

3. Масленков С.Б. Применение микрорентгеноспектрального анализа / Масленков С.Б. – М.: Металлургия, 1968. – 110 с.
4. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник/ Энгель Л., Клингеле Г. [пер с нем. Б.Е. Левин]. – М.: Металлургия, 1986. – 231 с.
5. Металознавство: підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко [та ін.]; - 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2002. – 384 с.
6. Основи кристалографії: навчальний посібник/ Укл.: І.М. Фодчук, О.О. Ткач. – Чернівці: ЧНУ, 2007 - с.

13. Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3421.html
4. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
5. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153635/>

СИЛЛАБУС ТОНКІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Тип: вибіркова

Курс (рік навчання): 1(1)

Семестр: 2

Кредити: 4.5

Викладач: Грабовський Володимир Якович, канд. техн. наук, доцент;
Степанова Любов Петрівна, канд. техн. наук, доцент

Розподіл годин: загальна кількість 135 годин (28 лекцій, 28 лабораторних занять, 79 годин самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи, індивідуальні завдання.

Метою курсу є набуття студентами знань та навичок використання сучасних тонких методів дослідження мікроструктури та атомної будови сплавів, а також вирішення питань контролю якості матеріалів. Поряд із більш глибоким вивченням методу рентгеноструктурного аналізу передбачено опанування методів електронно-мікроскопічного дослідження матеріалів. Вивчення методів супроводжується аналізом результатів конкретних досліджень кристалічної будови та змін, що відбуваються у матеріалах під впливом технологічних обробок.

Вміст курсу: наступні методи дослідження металів: побудова полюсних фігур для визначення текстури матеріалів; встановлення орієнтировки монокристалів; аналіз упорядкованих фаз в структурі сплавів; принцип дії та області застосування приладів електронно-мікроскопічного дослідження матеріалів.

Структура курсу:

1. Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).
2. Класифікація текстур, основні параметри, що характеризують текстуру та рентгеноструктурний метод дослідження аксіальних текстур.
3. Вивчення текстур прокатки (обмежених текстур) та визначення і аналіз текстури за допомогою полюсних фігур.
4. Кількісний аналіз компонент текстури із використанням полюсної густини розподілу інтенсивності рентгенівських променів.
5. Вимоги наукових дослідників та виробництва монокристалів щодо точного знання орієнтації кристалографічних площин і напрямків в кристалах та способи одержання заданих орієнтацій.
6. Визначення орієнтації кристалів відносно зовнішніх координатних осей та знаходження кутів між координатними осями і основними кристалографічними напрямками.

7. Рентгеноструктурний метод вивчення упорядкованих твердих розчинів в структурах сплавів.

8. Просвічувальна електронна мікроскопія та її використання для дослідження тонкої структури сталей та сплавів.

9. Спосіб розшифрування електронограм при відомому та невідомому значенні сталої приладу.

10. Прилади та використання растрової електронної мікроскопії в матеріалознавстві.

11. Рентгеноспектральний мікроаналіз та його використання для якісної та кількісної оцінки перерозподілу легувальних елементів в структурних складових

12. Термоелектронна емісійна мікроскопія для дослідження структури фаз, спостереження зростання зерен, процесу деформації та руйнування металів.

13. Конструкція і принцип дії авто іонного проектора та задачі, що вирішуються методом автоіонної мікроскопії (точкові та лінійні дефекти кристалічної ґратки, будова границь зерен, дефекти пакування в різних типах ґраток, процеси упорядкування та утворення сегрегацій в сплавах).

Курс складається з 4.5 кредитів. Паралельно з лекційним курсом студенти матимуть лабораторні заняття, кожне з яких буде присвячено засвоєнню теоретичного матеріалу та набуттю навичок в опануванні тих чи інших методів дослідження та розв'язання індивідуальних завдань.

Результати навчання:

загальні компетентності:

- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні. **К3.03**

фахові компетентності:

- здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем на основі досліджень в рамках спеціалізації **КС.11**;
- здатність планувати і виконувати дослідження, обробляти результати експерименту з використанням сучасних інформаційних технологій, програмного забезпечення, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів. **КС.12**;
- уміння формувати дослідницькі науково-методичні та науково-технічні програми науково-дослідницької організації або її підрозділу. **КС.13**;
- здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується. **КС.14**;
- здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях. **КС.15**;
- здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей. **КС.16**.

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН4 – уміти розробляти нові методи і методики досліджень матеріалів та процесів на базі знання методології наукового дослідження та специфіки проблеми, що вирішується.

ПРН5 - розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються при розв'язанні складних матеріалознавчих задач (хімічний склад – технології термічного оброблення – структура – властивості).

ПРН7 - Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів.

Одержання поглиблених знань, які обумовлюють здатність обирати необхідні методи рентгеноструктурного аналізу при дослідженні тонкої структури. Інформацію, отриману із застосуванням методів структурного аналізу, грамотно використовувати при аналізі результатів комплексного дослідження. Спеціальні знання з принципу дії приладів просвічувальної та растрової електронної мікроскопії, термоелектронної емісії та автоіонної мікроскопії; сутності формування зображень на різних приладах; прикладів використання розглянутих методів досліджень для вирішення задач термічної обробки металів. Вміти вибирати оптимальні методи дослідження зв'язків між режимами термічної обробки і структурою матеріалів та комплексом фізико-механічних властивостей; проаналізувати результати експериментальних досліджень структури та властивостей матеріалів і сформулювати висновки для прийняття обґрунтованих рішень.

Студенти отримують всебічні знання з даної теми, матимуть змогу аналізувати вхідні дані для дослідження, пропонувати раціональні рішення з урахування підвищення структурних характеристик матеріалів, досягнення певної економічної ефективності.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни складається залік. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти методів дослідження, вибір приладів та обладнання з урахуванням завдань. При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності.

У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх частин індивідуального завдання може здійснюватись контроль навчання при активній роботі студентів на лекціях, виконанні та захисті лабораторних робіт, контролі та здачі заліку.

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

Для кінцевого контролю використовується наступна схема оцінювання розподілу балів (за засвоєння тем курсу) з отриманням підсумкової середньозваженої оцінки:

Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				Підсумкова середньозважена оцінка
T1	T2	T3,T4	T1	T2	T3	T4	
30	40	30	30	30	20	20	100

У разі невідвідування занять з 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. Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт і контрольної роботи з дисципліни “Тонкі методи дослідження структури матеріалів ” частина І для студентів спеціальностей «Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів», «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» денної і заочної форми навчання / Укл. Л.П. Степанова. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2018. - 30 с.

2. 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.

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

4. 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.

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

5 Приборы и методы физического металловедения [вып. 2] / [под ред. Ф. Вейнбеога, пер. с англ. под ред. Ф. Вейнберга]. – М.: Мир, 1974. – 363 с.

6. 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.

7. Хирш.П., Хови А., Николсон Р. И др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. / [пер. с англ., под ред. Утевского Л.М.] –М.: Мир, 1968. – 574 с.

8. Практическая растровая электронная микроскопия / [под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица, перевод с англ.]. - М. Мир, 1978. - 655 с.

9. Автоионная микроскопия / [под ред. Дж. Рена и С. Ранганатана, пер. с англ.]. М.: Мир, 1971. – 270 с.

10. Узлов К.І. Кристаллографія, кристалохімія та мінералогія. Частина II: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 52 с.

11 . Фрактография и атлас фрактограмм: справочник / [пер. с англ. Е. А. Шура, под ред. М.Л. Бернштейна]. – М.: Металлургия, 1982. – 489 с.

12. Лейзеганг З. Электронная микроскопия / Лейзеганг З. [пер с нем. Г.В. Дер-Шварца]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 240 с.

13. Масленков С.Б. Применение микрорентгеноспектрального анализа / Масленков С.Б. – М.: Металлургия, 1968. – 110 с.

14. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник/ Энгель Л., Клингеле Г. [пер с нем. Б.Е. Левин]. – М.: Металлургия, 1986. – 231 с.

15. Металознавство: підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко [та ін.]; - 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2002. – 384 с.

16. Основи кристалографії: навчальний посібник/ Укл.: І.М. Фодчук, О.О. Ткач. – Чернівці: ЧНУ, 2007 - с.

Інформаційні ресурси:

6. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
7. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
8. http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3421.html
9. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
10. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153635/>