

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



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВС 04 Тонкі методи дослідження матеріалів

(код і назва навчальної дисципліни)

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

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) **«Композиційні та порошкові матеріали, покриття»**

інститут, факультет та дизайну **фізико-технічний, факультет будівництва, архітектури**

(назва інституту, факультету)

мова навчання **українська**

Робоча програма з дисципліни «Тонкі методи дослідження матеріалів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»
„_08_” __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_” __09____ 2019 року, протокол №1

Завідувач кафедри
фізичного матеріалознавства _____ (Ольшанецький В.Ю.)
“_09_” __09____ 2019 року (підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету будівництва, архітектури та дизайну

Протокол від. “_31_” __10____ 2019__ року № 2_

“_31_” __10____ 2019 року Голова _____ (Савченко В.О.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* кафедри «Композиційні матеріали, хімія та технології»

“_26_” __09____ 2019__ року Керівник групи _____ (Мітяев О.А.)
(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 – 5	Галузь знань: <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і назва)	вибіркова	
Модулів – 1	Спеціальність (освітня програма, спеціалізація) <u>132 Матеріалознавство</u> <u>(«Композиційні та порошкові матеріали, покриття»)</u> (код і найменування)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		5-й	7-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 150		10-й	10-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 60 самостійної роботи студента - 90	Освітній ступінь: магістр	30 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		30 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		90 год.	138 год.
		Індивідуальні завдання: -	
		Вид контролю: залік	

Примітка.

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

для денної форми навчання – 40% до 60%

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 орієнтовки 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:** КЗ.02 вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми; КЗ.03. здатність до проведення досліджень на відповідному рівні; КЗ.04. здатність генерувати нові ідеї та реалізовувати їх у вигляді обґрунтованих інноваційних рішень; КЗ.09 здатність працювати автономно та в команді, у тому числі у складі багатопрофільної групи фахівців.

спеціальні компетентності: КС.01 здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки; КС.02 спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик моделювання, розробки та дослідження матеріалів; КС.03. здатність застосовувати сучасні методи і методики електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу для вирішення задач в галузі матеріалознавства; КС.04 знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації на основі тонких методів дослідження; КС.14 здатність розробляти нові методи і методики електронно-мікроскопічних та рентгеноструктурних досліджень композиційних та порошкових матеріалів і покриттів.

Результати навчання: ПРН.04. Уміти розробляти нові методи і методики тонких досліджень матеріалів на базі знання 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 (вихідні матеріали – технологія виготовлення – структура – властивості); ПРН.07. Використовувати експериментальні методи тонких досліджень матеріалів.

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 текстурogram 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 лауєграмах 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 компонентів 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 ґраткою. Визначення інтенсивності надструктурних ліній і побудова схеми рентгенограми. Розрахунки структурної амплітуди для упорядкованого твердого розчину γ' -фази на основі хімічної сполуки Ni₃(Ti, Al) із ГЦК – ґраткою 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. Експериментальне визначення збільшення (тарування) 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 автоіонного 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		28
Тема 2. Визначення орієнтації монокристалів кубічної сингонії за методом Лауе.	23	4		4		15	16	1		1		22
Тема 3. Вивчення упорядкованих твердих розчинів в	16	4		4		15	12	1		1		18

структурах сплавів.												
Разом за змістовим модулем 1	74	14		14		46	74	3		3		68
Змістовий модуль 2.												
Тема 1. Просвічувальна електронна мікроскопія та її використання для дослідження структури сталей та сплавів.		6		4		12	14	1		1		22
Тема 2. Прилади та використання растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроаналізу в матеріалознавстві.		6		4		16	18	1		1		24
Тема 3. Термоелектронна емісійна мікроскопія (ТЕЕМ) та її використання для дослідження металів.		2		4		8	7	0,5		0,5		12
Тема 4. Автоіонна мікроскопія (АІМ) та її використання в матеріалознавстві.		2		4		8	7	0,5		0,5		12
Разом за змістовим модулем 2	76	16		16		44	76	3		3		70
Усього годин	150	30		30		90	150	6		6		138

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
5	Ознайомлення з устроєм та дослідженням структури металів на растровому електронному мікроскопі в режимах зображення та рентгеноспектрального мікроаналізу.	4
6	Ознайомлення з устроєм та дослідженням структури металів на термоелектронному емісійному мікроскопі.	4
7	Ознайомлення з методом автоіонної мікроскопії та його використанням для дослідження структури металів.	4
	Усього	30

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	9

	кубічною та гексагональною ґратками. Визначення орієнтації монокристала за епіграмами.	
4	Побудова проєкцій 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.	15
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.	6
11	Викласти сутність кількісного рентгеноспектрального мікроаналізу та особливості визначення концентрації легких хімічних елементів в сплавах.	6
12	Області використанні методу термоелектронної емісійної мікроскопії для дослідження металевих систем.	6
13	Дослідження атомної будови металів методом автоіонної мікроскопії; приклади розшифрування отримуваних зображень.	6
	Разом	90

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.

Викривуюються:

- 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 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

11. Методичне забезпечення

Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт і контрольної роботи з дисципліни “Тонкі методи дослідження структури матеріалів ” частина I 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. Кристалографія, 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. Дер-Шварца]. – 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 – 250 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/>