

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КАФЕДРА ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-
педагогічної роботи ХНУ імені
В.Н. Каразіна

Олександр ГОЛОВКО

2022 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

Механічні властивості металів і сплавів

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий рівень (магістр)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104 фізика та астрономія
(шифр і назва)

освітня програма освітня- професійна - фізика
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)

факультет фізичний

2022/ 2023 ____ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету

“30 серпня 2022 року, протокол №6


РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

канд.фіз.-мат. наук, доцент, доцент Тонкопряд А.Г.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол від “29” серпня 2022 року № 6


Завідувач кафедри фізики твердого тіла


 _____ Золтан ЗИМАН
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____ освітня професійна

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної) програми (керівник проектної групи)


 _____ Золтан ЗИМАН
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від 29 серпня 2022 року

Голова методичної комісії

(підпис)



Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Фізичні основи міцності та пластичності
твердих тіл”

складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр (ОПП)

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 104 фізика та астрономія

спеціалізації

Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам знань про основоположні уявленнями про фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують та обумовлюють характеристики міцності та пластичності металів і сплавів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами механізмів основних механічних властивостей металів та сплавів в залежності від умов навантаження в широкому температурному інтервалі.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
1-й
Лекції
32 год.
Курсові роботи
одна
Контрольні роботи
дві
Самостійна робота
72 год.
Індивідуальні завдання
16

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують механічні властивості металів і сплавів; експериментальні методи та методики для визначення характеристик міцності та пластичності, які визначаються за різних умов випробувань; шляхи підвищення характеристик міцності та пластичності металів та сплавів.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних, отриманих за різних умов механічних випробувань металів і сплавів; встановлення шляхів підвищення характеристик міцності та пластичності функціональних матеріалів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Пластична деформація та руйнування металів і сплавів

Тема 1. Напруження і деформації.

Зміст: Види напружень і деформацій. Пружна деформація. Модулі пружності.

Тема 2. Пластична деформація

Зміст: Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Тема 3. Пластична деформація ковзанням.

Зміст: Пластична деформація ковзанням. Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля. Критична міцність на зсув. Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована. Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.

Тема 4. Деформаційні криві для монокристалів з графентрованою кубічною решіткою.

Зміст: Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з графентрованою кубічною решіткою. Механізм пластичної деформації та механізм деформаційного зміцнення на різних стадіях ковзання.

Тема 5. Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою та з об'ємно-центрованою решіткою.

Зміст: Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою. Ефект Баушингера. Пластична деформація кристалів з об'ємно-центрованою решіткою. Зуб плинності.

Тема 6. Пластична деформація полікристалів. Трансляційна і ротаційна мода пластичної деформації.

Зміст: Основні типи дислокацій в кристалі та способи їх руху в кристалі. Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.

Тема 7. Ротаційна мода пластичної деформації та її механізми.

Зміст: Дислокації Вольтерри. Дисклінації в безперервному пружному середовищі. Дисклінації в кристалічній гратці (повні та часткові), вектор Франка. Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.

Тема 8. Вплив різних зовнішніх факторів на розвиток пластичної деформації.

Зміст: Вплив на пластичну деформацію температури, швидкості деформування, домішок, легування та інших факторів. Надпластичність.

Тема 9. Механічні характеристики металів.

Зміст: Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування: границя пружності, фізична та умовна границя плинності, границя міцності. Залежність границі плинності від розміру зерна. Закон Холла-Петча. Характеристики пластичності.

Тема 10. Руйнування.

Зміст: Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса. Механізми зароджування тріщин. В'язке руйнування та ріст мікронесуцільностей.

Розділ 2 Жароміцність

Тема 11. Жароміцність. Повзучість.

Зміст: Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості. Непружня (оборотня) та логарифмічна повзучість. Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість. Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).

Тема 12. Залежність механізмів деформації від умов деформування.

Зміст: Вплив умов деформування на механізми деформації за умов повзучості. Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.

Тема 13. Тривала міцність.

Зміст: Тривала міцність. Шляхи підвищення характеристик жароміцності.

Тема 14. Втома.

Зміст: Шляхи випробувань на втому. Криві втоми. Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
лекції		С.р.	
1	2	3	4
Розділ 1. Пластична деформація та руйнування металів і сплавів			
Тема 1	5	2	3
Тема 2	5	2	3
Тема 3	5	2	3
Тема 4	5	2	3
Тема 5	5	2	3
Тема 6	10	4	6
Тема 7	10	4	6
Тема 8	5	2	3
Тема 9	5	2	3
Тема 10	5	2	3
Разом за розділом 1	60	24	36
Розділ 2. Жароміцність			
Тема 11	5	2	3
Тема 12	5	2	3
Тема 13	5	2	3
Тема 14	5	2	3
Разом за розділом 2	20	8	12
Усього годин	80	32	48

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Сучасні експериментальні методи дослідження трансляційної моди пластичної деформації, обумовленої рухом дислокацій	16
2	Сучасні експериментальні методи дослідження ротаційної моди пластичної деформації, обумовленої рухом дисклінацій	16
3	Методика дослідження орієнтаційних та субструктурних змін в процесі деформування на основі дифракції світла на квазіперіодичній структури зразка.	16
4.	Межі зерен в полікристалах і їх вплив на механічні властивості металів	10
5.	Способи руху гвинтових та крайових дислокацій в кристалах, площини ковзання, вектор і контур Бюргерса.	8
	Разом	72

5. Індивідуальні завдання

№ з/п	Зміст індивідуальних завдань	Кількість годин
1	Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.	6
2	Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.	6
3	Шляхи підвищення характеристик жароміцності	4
	Разом	16

6. Методи контролю

3.1. Поточний контроль. Перевірка контрольних робіт, курсових робіт

7. Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль в формі заліку з виконанням залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання		Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Залікова робота	Сума балів
Поточний контроль					
Розділ 1 Т1 –Т10	Розділ 2 Т11- Т14				
10	10	10	10	60	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої	для дворівневої шкали
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовіль	не зараховано

14. Рекомендована література

Базова література

1. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетика. – 415 с.
2. Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник/ В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.
3. Якименко Ю. Фізичне матеріалознавство. Ч. 1. Основні напрямки матеріалознавства/ Ю.І. Якименко Ю.М., А. С. Воронов, Ю.М. Поплавко, – К. Політехнік, 2011. – 300 с.
4. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Механічна стабільність матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпро: НметАУ, 2021. – 109 с.

інформаційні ресурси

23. **Електронний підручник.** Defects in Crystals. Prof. Dr. Helmut F?ll. [University of Kiel; Faculty of Engineering](http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/def_en/index.html)

http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/def_en/index.html

24. **Учебное пособие** В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко Физика твердого тела для инженеров <http://dssp.petrus.ru/p/tutorial/ftt/>

25. An introduction to crystal physics. Description of the physical properties of crystals. Ervin Hartmann. <http://www.iucr.org/education/pamphlets/18>

<http://www.iucr.org/education/pamphlets/18/full-text>

http://www.iucr.org/_data/assets/pdf_file/0003/14790/18.pdf

26. Rotation matrices and translation vectors in crystallography S. Hovm?lle

1. ИТАННЯ ДЛЯ СЕМЕСТРОВОГО ЗАЛКОВОГО КОНТРОЛЮ

Види напружень і деформацій.

Пружня деформація. Модулі пружності.

Пластична деформація . Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Пластична деформація ковзанням Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля.

Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована. Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.

Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гцк - решіткою. Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою. Ефект

Баушингера

Стадійність деформаційних кривих для полікристалів кристалів.

Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування.

Залежність границі плинності від розміру зерна. Закон Холла-Петча.

Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.

Ротаційна мода пластичної деформації та її механізми.

Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.

Руйнування. Типи руйнування.

Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса. Механізми зароджування тріщин. В'язке руйнування та ріст мікронесуцільностей при руйнуванні.

Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості. Непружня (оборотня) та

логарифмічна повзучість. Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість. Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).

Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.

Тривала міцність.

Втома. Випробування на втому. Криві втоми. Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.

ТЕМИ ДЛЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

1. Експериментальні методи дослідження трансляційної моди пластичної деформації, обумовленої рухом дислокацій.

2. Роль дислокацій в розвитку трансляційної моди пластичної деформації.

3. Дисклінації в кристалічній ґратці (повні та часткові), вектор Франка. Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.
4. Методика дослідження орієнтаційних та субструктурних змін в процесі деформування.
5. Високотемпературна повзучість та надпластичність. Механізми повзучості та надпластичності.
6. Лазерна методика для вивчення кінетики розвитку трансляційної моди пластичної деформації.
7. Шляхи підвищення міцності функціональних матеріалів.

ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

- Пружня деформація. Модулі пружності.
- Пластична деформація. Основні механізми пластичної деформації.
- Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.
- Пластична деформація ковзанням. Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля.
- Критична міцність на зсув.
- Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована.
- Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.
- Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою.
- Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою.
- Ефект Баушингера
- Стадійність деформаційних кривих для кристалів з об'ємно-центрованою решіткою. Зуб плинності.
- Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування: границя пружності, фізична та умовна границя плинності, границя міцності.
- Залежність границі плинності від розміру зерна. Закон Холла-Петча.
- Трансляційна і ротаційна мода пластичної деформації.
- Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.
- Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.
- Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса.
- Механізми зароджування тріщин.
- В'язке руйнування та ріст мікронесуцільностей при руйнуванні.
- Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості.
- Непружня (оборотня) та логарифмічна повзучість.
- Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість.
- Дифузійна повзучість (повзучість Набарро-Херрінга та повзучість Кобле).
- Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.
- Тривала міцність.
- Шляхи підвищення характеристик жароміцності.
- Втома. Шляхи випробувань на втому. Криві втоми.
- Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.
- Надпластичність.

