



Основи фрактодіагностики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, 6 семестр (весняний)
Обсяг дисципліни	4 кредити/120 годин: лекції – 36 год; лабораторні заняття – 36 год ; СРС – 48 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік / МКР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф.-м.н. професор Васильєв О.Д., oleksa.vasylyev@gmail.com Лабораторні заняття: д.ф.-м.н. професор Васильєв О.Д., oleksa.vasylyev@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи цю дисципліну, студенти вдосконалюють і узагальнюють свої знання щодо механічної поведінки матеріалів та набувають відповідні навички щодо процесу руйнування матеріалів.

Метою навчальної дисципліни є:

- Формувати у студентів здатності:
 - Усвідомлювати, чим є фрактографія у розумінні процесу руйнування і їхнього обопільного місця в усій ієрархії механічної поведінки матеріалів.
 - Виконувати фрактографічний аналіз матеріалів.
 - Оцінювати тріщиностійкість матеріалів.
 - Усвідомлювати важливість знання будови матеріалів і рівня її структурної і хімічної неоднорідності та оцінювати її вплив на механічну поведінку.
- Розвивати загальні компетентності, які полягають у здатності:
 - вчитися та оволодівати сучасними знаннями;
 - до абстрактного мислення, аналізу та синтезу знань;
 - застосовувати знання у практичних ситуаціях.

а також

- Розвивати фахові компетентності, які полягають у здатності:
 - Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;

- Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності;
- Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань.

Предметом навчальної дисципліни “Основи фрактодіагностики” є:

- Відновлення картини процесу руйнування з встановленням етапів його підготовки та перебігу;
- Встановлення місця започаткування тріщин, етапів їхнього росту до критичного розміру і переходу до катастрофічного завершення усього процесу поділу матеріалу (його зразка) на частини;
- Встановлення мікромеханізмів розвитку тріщини на кожному з його етапів і вздовж власне росту явної тріщини;
- Кількісна оцінка тріщиностійкості матеріалу та впливу на неї умов навантаження;
- Встановлення і оцінка впливу будови матеріалу на його механічні властивості.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен:

- вчитися та оволодівати сучасними знаннями;
- уміти експериментувати та аналізувати дані;
- володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій та професійної діяльності;
- використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів;
- володіти методами забезпечення та контролю якості матеріалів;
- знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.

По завершенні навчання студент має набути досвід досліджувати поверхні зруйнованих зразків як неозброєним оком, так і за допомогою світлового та сканувального електронного мікроскопів, визначати місце започаткування тріщини та мікро- і макромеханізми та етапи її розвитку.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається в шостому семестрі підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни “Основи фрактодіагностики”:

- фізика;
- фізична хімія;
- кристалографія, кристалохімія та мінералогія;
- фізика конденсованого стану;
- матеріалознавство тугоплавких сполук.

Знання, які здобувач отримає під час вивчення дисципліни “Основи фрактодіагностики”, допоможуть у вивченні дисципліни Механічні властивості матеріалів та для підготовки і захисту курсового проєкту та дипломної роботи/проєкту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Матеріали і їхня механічна поведінка.

Тема 1.1. Концепції руйнування.

Тема 1.2. Будова матеріалів і їхні механічні властивості.

Тема 1.3. Крихко-пластичний перехід.

Розділ 2. Фрактографія.

Тема 2.1. Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні. Фрактографія.

Тема 2.2. Сканувальний електронний мікроскоп і фрактографія.

Тема 2.3. Про що може розповісти фрактографія?

Тема 2.4. Механізми руйнування.

Тема 2.5. Механізми руйнування і будова матеріалів.

Тема 2.6. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

Розділ 3. Енергетично-силова концепція зміни механізмів руйнування.

Тема 3.1. Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу.

Тема 3.2. Механізми руйнування вздовж тріщини.

Тема 3.3. Докритичний ріст тріщин.

Тема 3.4. Самоорганізація процесу руйнування.

Розділ 4. Фрактографічні особливості руйнування деяких матеріалів.

Тема 4.1. Монокристали української кам'яної солі.

Тема 4.2. Si_3N_4 кераміка.

Тема 4.3. ZrC кераміка.

Тема 4.4. ZrO_2 кераміка. Крихко-в'язкий перехід.

Тема 4.5. ZrO_2 кераміка. Поліморфні зміни.

Розділ 5. Руйнування пластично-деформованого матеріалу.

Тема 5.1. Фрактографічні особливості деформованих сплавів молібдену та хрому.

Тема 5.2. Важливість сегрегацій домішків на внутрішніх межах поділу.

Розділ 6. Застосування фрактографії для опрацювання технологій.

Тема 6.1. Фрактографія і спікання порошків двоокису цирконію для паливних комірок.

Тема 6.2. Фрактографія і титанові *in situ* композити з високими питомими властивостями.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Фізичні основи руйнування матеріалів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» / В. С. Майборода, Н. В. Мініцька ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 13,1 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – Назва з екрана. – Режим доступу : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1981>.
2. Куцова В. З. Експертиза матеріалів та металів [Електронний ресурс] : навч. посіб. / В. З. Куцова, Н. М. Федоркова. – Електронні текстові дані. – Дніпропетровськ : НметАУ, 2015. – 51 с. – Режим доступу : https://nmetau.edu.ua/file/kutsova_fedorkova_ekspertiza_materialov_metallov_ucheb_posobie_2015.pdf.
3. Методичні вказівки з дисципліни «Матеріалознавство» до виконання лабораторного практикуму з розділу «Макроскопічний та мікроскопічний методи дослідження матеріалів» для студентів усіх форм навчання [Електронний ресурс] / ДВНЗ УДХТУ ; уклад.: В. В. Трофименко, О. П. Клименко, В. І. Овчаренко. – Електронні текстові дані – Дніпропетровськ :

ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 43 с. – Режим доступу : <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/08/b4be807c7ee8455b5451fbbc403824ec.pdf>.

4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Макроскопічне дослідження поверхні зломів деталей машин» з дисципліни «Технологія зміцнення поверхонь» для студентів напряму підготовки 6.050504 – Зварювання / уклад. Т. Ф. Архіпова. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 25 с. – Режим доступу : <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8436/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%96%D0%B2%D0%BA%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D0%9B%D0%A0%D0%B7%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%86%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%B8%D0%A2%D0%97%D0%9F.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Додаткова література:

5. *Механіка руйнування та міцність матеріалів : довідковий посібник : Том 1-11 / під загальною редакцією В. В. Панасюка. – Львів : Спослом, 2009. – 304 с.*
6. Романів О.М., Зима Ю.В., Карпенко Г.В. Електронна фрактографія зміцнених сталей, "Наукова Думка", 1974.
7. Васильєв О. Д. Мікромеханізми руйнування та тріщиностійкість матеріалів при крихко-пластичному переході. Рукопис. Автореферат докторської дисертації, ІПМ НАНУ, Київ, 1999.
8. Васильєв О. Д. Ще один критерій руйнування? Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій. Вип.2. Том1. Механіка і механізми процесів руйнування матеріалів. Під ред. В.В. Панасюка, Львів, Каменярь, 1999, с. 150-155. Васильєв А.Д. Разрушение поликристаллических металлов // Деформационное упрочнение и разрушение поликристаллических металлов. - Под ред. Трефилова В.И. – Издание измененное и дополненное. – Киев : Наукова Думка. - 1989. - С. 202-235.

Перелічені книжки і тексти є у вільному доступі та можуть бути використані для отримання базових знань щодо механічних властивостей матеріалів.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Зміст лекційних занять

Лекція 1. Матеріали і їхня механічна поведінка.

Концепції руйнування. Будова матеріалів і їхні механічні властивості. Крихко-пластичний перехід.

Література: [1, 2]

Лекція 2. Продовження. Матеріали і їхня механічна поведінка.

Концепції руйнування. Будова матеріалів і їхні механічні властивості. Крихко-пластичний перехід.

Література: [1, 2]

Лекція 3. Фрактографія.

Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні. Фрактографія. Сканувальний електронний мікроскоп і фрактографія. Про що може розповісти фрактографія? Механізми руйнування. Механізми руйнування і будова матеріалів. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

Література: [1, 2]

Лекція 4. Продовження. Фрактографія.

Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні. Фрактографія. Сканувальний електронний мікроскоп і фрактографія. Про що може розповісти фрактографія? Механізми руйнування. Механізми руйнування і будова матеріалів. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

Література: [1, 2]

Лекція 5. Енергетично-силова концепція зміни механізмів руйнування.

Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу. Механізми руйнування вздовж тріщини. Докритичний ріст тріщин. Самоорганізація процесу руйнування.

Література: [1-3]

Лекція 6. Продовження. Енергетично-силова концепція зміни механізмів руйнування.

Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу. Механізми руйнування вздовж тріщини. Докритичний ріст тріщин. Самоорганізація процесу руйнування.

Література: [1-3]

Лекція 7. Механічна поведінка, фрактографія і концепції руйнування матеріалів.

Лекція 8. Продовження. Механічна поведінка, фрактографія і концепції руйнування матеріалів.

Лекція 9. Фрактографічні особливості руйнування деяких матеріалів.

Монокристали української кам'яної солі. Si_3N_4 кераміка. ZrC кераміка. ZrO_2 кераміка. Крихко-в'язкий перехід. ZrO_2 кераміка. Поліморфні зміни.

Література: [2]

Лекція 10. Продовження. Фрактографічні особливості руйнування деяких матеріалів.

Монокристали української кам'яної солі. Si_3N_4 кераміка. ZrC кераміка. ZrO_2 кераміка. Крихко-в'язкий перехід. ZrO_2 кераміка. Поліморфні зміни.

Література: [2]

Лекція 11. Руйнування пластично-деформованого матеріалу.

Фрактографічні особливості деформованих сплавів молібдену та хрому. Важливість сегрегацій домішків на внутрішніх межах поділу.

Література: [2]

Лекція 12. Продовження. Руйнування пластично-деформованого матеріалу.

Фрактографічні особливості деформованих сплавів молібдену та хрому. Важливість сегрегацій домішків на внутрішніх межах поділу.

Література: [2]

Лекція 13-17. Застосування фрактографії для опрацювання технологій.

Фрактографія і спікання порошків двоокису цирконію для паливних комірок. Фрактографія і титанові *insitu* композити з високими питомими властивостями.

Лекція 18. Модульна контрольна робота.

Основні завдання циклу лабораторних занять:

Набути навички дослідження поверхонь (зламів) зруйнованих зразків як неозброєним оком, так і за допомогою світлового та сканувального електронного мікроскопів, визначати місце започаткування тріщини та мікро- і макромеханізми і етапи її розвитку.

Заняття 1. Вступ. Організація навчального процесу в очному і дистанційному режимах.

Рейтингова система оцінювання.

Заняття 2-5. Лабораторна робота 1. Механізми руйнування і умови навантаження матеріалів.

Заняття 6-9. Лабораторна робота 2. Механізми руйнування вздовж тріщини.

Заняття 10,11. Лабораторна робота 3. Фрактографія спечених порошків двоокису цирконію для паливних комірок.

*Заняття 12-16. Лабораторна робота 4. Фрактографія титанових *insitu* композитів з високими питомими властивостями.*

Заняття 17. Колоквіум.

Заняття 9. Залік.

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 48 години) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з вітчизняними і міжнародними проєктними програмами – 12 години;
- підготовці до виконання лабораторних занять – 24 годин;
- МКР – 6 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку – 6 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Завдання пропущеного лабораторного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час лабораторних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання опрацьованих методів дослідження для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 3 бали, всього 27 балів.
- Тестування на лабораторних заняттях – максимум 5 балів, всього 40 балів.
- Модульна контрольна робота у вигляді захисту проєкту проводиться 18-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 33 бали.
- Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (1-й – максимум 32 бали, 2-й – максимум 24 бали) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати 50 % максимальної оцінки за лабораторну роботу №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати 50 % максимальної оцінки за №2 і №3 лабораторні роботи.
- Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право здавати залікову контрольну роботу, проте при цьому його рейтинг анулюється.

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді усного опитування і завдання включає 1 теоретичне питання зі списку Додатку А, на підготовку якого виділяється 1 академічна година. Відповідь на питання оцінюється за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".
- Перелік питань, які виносяться на МКР і семестровий контроль знаходяться в Додатку А і Б.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» при ІМЗ ім. Є.О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено д.ф.-м.н, професор Васильєв О. Д.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 9 від 14 лютого 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 6/25 від 19 лютого 2025 р.)

Перелік питань модульної контрольної роботи:

- Концепції руйнування.
- Крихко-пластичний перехід.
- Тріщина, її параметри і вигляд її поверхні.
- Фрактографія.
- Про що може розповісти фрактографія?
- Механізми руйнування.
- Механізми руйнування і будова матеріалів.
- Механізми руйнування і температура навантаження матеріалу.
- Механізми руйнування вздовж тріщини.
- Докритичний ріст тріщин.
- Самоорганізація процесу руйнування.

Перелік питань на залік

Студенти готують доповідь на самостійно обрану ними тему за Змістом навчальної дисципліни.