



## Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія<sup>1</sup></i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство; 136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство; Металургія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=993b2bb7-baad-4c26-ae8c-c934615cdf85">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=993b2bb7-baad-4c26-ae8c-c934615cdf85</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., доцент, Богомол Ю.І., <a href="mailto:ubohomol@iff.kpi.ua">ubohomol@iff.kpi.ua</a><sup>2</sup> Практичні / Семінарські: д.т.н., доцент, Богомол Ю.І., <a href="mailto:ubohomol@iff.kpi.ua">ubohomol@iff.kpi.ua</a></i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну, здобувачі узагальнюють власні знання з різних дисциплін та набувають навички експериментально визначати, теоретично аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості керамічних композиційних матеріалів, в залежності від їх хімічного складу, природи хімічного зв'язку, атомної та мікроструктури.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- експериментально визначати, теоретично аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості керамічних композиційних матеріалів, в залежності від їх хімічного складу, природи хімічного зв'язку, атомної та мікроструктури, напружено-деформованого стану та оцінювати поведінку матеріалів під дією напружень, при нагріванні та хімічній взаємодії, що дозволить розробляти нові керамічні композиційні матеріали, визначати оптимальні технологічні параметри їх отримання та виготовляти вироби з заданими фізико-механічними характеристиками і створювати нові та вдосконалювати вже існуючі технології виробництва керамічних композиційних матеріалів;

<sup>1</sup>В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

<sup>2</sup>Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

- *проводити контроль якості матеріалів та технологій в області матеріалознавства та металургії;*

*розвиток загальних компетентностей, які полягають у:*

- *здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;*
- *здатності до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;*

*а також розвиток фахових компетентностей, які полягають у:*

- *Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних та міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства;*
- *Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання матеріалознавчих задач;*
- *Здатність аналізувати стан проблеми в галузі матеріалознавства, ідентифікувати шляхи вирішення та синтезувати нове знання на основі власного досвіду розв'язання проблеми;*
- *Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, модернізації, конструювання та створення нових матеріалів, компонентів та процесів;*
- *Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення.*

*Предмет навчальної дисципліни “Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів” – основні закономірності механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів і вплив на неї різних факторів: атомно-кристалічної будови, структури, методу отримання, виду навантаження, навколишнього середовища, тощо.*

*Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен знати:*

- *Логіку та методологію наукового пізнання;*
- *Методику аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації;*
- *Підходи забезпечення оригінальності в розробці та застосуванні ідей в контексті наукового дослідження;*
- *Новітні світові досягнення науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах;*
- *Фізичні, хімічні та математичні принципи матеріалознавства;*
- *Сучасні методи теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів;*
- *Закономірності керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення;*
- *Методологію проведення наукових досліджень з метою створення нових функціональних матеріалів з наперед заданими властивостями;*
- *Сучасні моделі для оцінювання структури та властивостей різного функціонального призначення.*

*Здобувач повинен уміти:*

- *Застосовувати логіку та методологію наукового пізнання;*
- *Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації;*
- *Забезпечувати оригінальні розробки та ідеї в контексті наукового дослідження;*
- *Синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії;*
- *Застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів;*
- *Планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати;*

- Проводити експертизу науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт та проектів в галузі матеріалознавства.

Здобувач повинен набути досвід:

- прогнозування механічних властивостей керамічних композиційних матеріалів на основі знання про їх хімічний склад, природу, структуру, методи отримання та умови експлуатації.
- Оцінювати доцільність їх застосування відповідно до умов експлуатації.

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

Дисципліна викладається в четвертому семестрі підготовки за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей магістерського рівня, зокрема:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- Здатність працювати у міжнародному контексті;
- Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту;
- Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується;
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються;
- Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації;
- Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів;
- Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів;
- Здатність розробляти і вдосконалювати методи і методики матеріалознавчих досліджень;
- Здатність аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів.

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни "Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів":

- фізика,
- хімія,
- фізична хімія,
- Кристалографія, кристалохімія та мінералогія,
- фізика конденсованого стану,
- металознавство,
- механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів,
- фізика міцності і руйнування,
- матеріалознавство композиційних матеріалів,
- матеріалознавство тугоплавких матеріалів,
- інженерне матеріалознавство.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни “Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів” необхідні для поглибленої підготовки, виконання і підготовки до захисту дисертаційної роботи.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Механічні властивості керамічних композиційних матеріалів*

*Вступ. Керамічні композиційні матеріали.*

*Особливості механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів.*

*Методи визначення механічних характеристик керамічних композиційних матеріалів.*

*Особливості високотемпературної механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів.*

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова література**

1. Структура и прочность порошковых материалов / под ред. С. А. Фирстова, М. Шлесара. – К. : Наукова думка, 1993. – 174 с.

2. Андреевский Р. А. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе : справочник / Р. А. Андреевский, И. И. Спивак. – Челябинск : Металлургия, 1989. – 367 с.

3. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов / В. И. Владимиров. – Москва : Металлургия, 1984. – 280 с.

4. Костин П. П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов / П. П. Костин. – Москва : Машиностроение, 1990. – 256 с.

5. Майборода В.С. Механіка руйнування матеріалів. Навчальний посібник / В.С.Майборода, М.М.Бобіна, Н.В.Мініцька. – Київ : Політехніка, 2010. – 150 с.

#### **Додаткова література**

1. Трефилов В. И. Физические основы прочности и пластичности тугоплавких металлов / В.И. Трефилов, Ю. В. Мильман, С. А. Фирстов. – Киев: Наукова думка, 1975. – 315 с.

2. Орован Е. Классическая дислокационная теория хрупкого разрушения / Е. Орован. – М. : Металлургия, 1963. – 170 с.

3. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения / Г. П. Черепанов. – Москва : Наука, 1974. – 640 с.

4. Фомина О. Н. Порошковая металлургия. Энциклопедия международных стандартов / О.Н. Фомина, С. Н. Суворова, Я. М. Турецкий – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 312 с.

5. <https://www.scopus.com/>

6. <https://scholar.google.com/>

7. <https://link.springer.com/>

8. <https://www.sciencedirect.com/>

9. <https://www.wiley.com/en-us>

10. <https://webofknowledge.com/>

Перераховані книги є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань по механічних властивостях керамічних композиційних матеріалів.

## **Навчальний контент**

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

*Зміст лекційних занять*

*Лекція 1. Особливості механічної поведінки керамічних матеріалів. Література: [1]-[3].*

*Лекція 2. Особливості механічної поведінки композиційних матеріалів. Література: [1]-[3].*

*Лекція 3. Методи отримання керамічних композиційних матеріалів. Література: [2], [3].*

*Лекція 4. Особливості механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів. Література: [1], [4], [5].*

Лекція 5. Методи визначення механічних характеристик керамічних композиційних матеріалів. Література: [4], [5].

Лекція 6. Стандартні методи визначення механічних характеристик керамічних композиційних матеріалів. Література: [4], [5].

Лекція 7. Закономірностей механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів в широкому інтервалі температур. Література: [4], [5].

Лекція 8. Особливості високотемпературної механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів. Література: [4], [5].

Лекція 9. Перспективи застосування керамічних композитів матеріалів в якості високотемпературних конструкційних матеріалів.

Основні завдання циклу практичних занять:

- навчитися оцінювати механічні характеристики керамічних композиційних матеріалів;
- навчитися прогнозувати механічні властивості керамічних композиційних матеріалів в залежності від структури та напружено-деформованого стану;
- навчитись застосовувати знання про механізми зміцнення для створення нових матеріалів з підвищеними механічними характеристиками;
- навчитися методам контролю властивостей матеріалів.

Зміст практичних занять

1. Аналіз даних дослідження мікромеханічних характеристик керамічних композиційних матеріалів (8 годин).
2. Аналіз даних дослідження міцності на стиснення керамічних композиційних матеріалів (8 годин).
3. Аналіз даних дослідження міцності на згин керамічних композиційних матеріалів (10 годин).
4. Фрактографічний аналіз керамічних композиційних матеріалів (8 годин).
5. Модульна контрольна робота (2 години).

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 111 годин) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з сучасними тенденціями аналізу механічної поведінки керамічних композиційних матеріалів – в розрахунку 1,5 години на 1 годину лекційного заняття = 27 години;
- підготовці до виконання практичних занять, в тому числі за тематикою виконання дисертаційної роботи – в розрахунку 2 години на 1 годину виконання практичного заняття = 72 години;
- підготовці до МКР (6 годин);
- підготовці до семестрового контролю – 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 практичного 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 практичних 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 методик 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 2 бали, всього 18 балів.
- Тестування на практичних заняттях – максимум 3 бали, всього 51 бал.
- Модульна контрольна робота в вигляді презентації по проведених дослідженнях проводиться на 18-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 31 бал.
- Семестровий контроль: залік.

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

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; завдання включає 2 теоретичні питання зі списку Додатку А; на підготовку 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 недоліками);
- «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)

- У випадку підготовки і подачі здобувачем наукової статті за тематикою дисципліни в науковий журнал та підтвердження прийняття статті до опублікування, останнє може бути зараховане з сумою 80 балів.
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.
- Практичні 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. Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути механічну поведінку керамічних композиційних матеріалів з залежності від природи матеріалу, його напружено-деформованого стану та умов випробувань. Практичні роботи проводяться у такій послідовності, щоб максимально дати студентам базові навички визначення та аналізу основних механічних характеристик керамічних композиційних матеріалів та пояснення механічної поведінки матеріалів різної природи на різних структурних рівнях.*

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцент, д.т.н, доцент, Богомол Ю.І.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 3 від 11 вересня 2020 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О.Патона (протокол № 1 від 23 вересня 2020 р.)

Завдання на семестровий контроль

по курсу: **“Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів”**

Завдання № 1

1. Охарактеризувати пружні характеристики матеріалів.
2. Визначення пружних властивостей матеріалів.

Завдання № 2

1. Охарактеризувати вплив температури на зміну пружних властивостей матеріалів.
2. Вплив факторів, що пов'язані з площинними дефектами на границю текучості.

Завдання № 3

1. Охарактеризувати анізотропію пружних властивостей матеріалів.
2. Вплив температури на границю текучості.

Завдання № 4

1. Коефіцієнт інтенсивності напружень.
2. Описати силовий критерій руйнування.

Завдання № 5

1. Класифікація механізмів руйнування.
2. Тріщиностійкість матеріалу.

Завдання № 6

1. Визначення мікромеханічних характеристик керамічних композиційних матеріалів.
2. Методи визначення тріщиностійкості матеріалів.

Завдання № 7

1. Вплив температури на механічну поведінку матеріалів.
2. Застосування високотемпературних конструкційних матеріалів.

Завдання № 8

1. Вплив температури на механічну поведінку спрямовано закристалізованих евтектичних керамічних матеріалів.



2. Особливості крихкого руйнування у керамічних композиційних матеріалах.

#### Завдання № 9

1. Стандартні методики визначення механічних характеристик керамічних композиційних матеріалів.
2. Вплив концентраторів напружень на механічні характеристики кераміки.

#### Завдання № 10

1. Фрактографічні дослідження поверхні зломів у керамічних композиційних матеріалів.
2. Особливості механічної поведінки композиційних матеріалів.