



# СУЧАСНІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський) Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, 6 (весняний) семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS /120 годин: лекції -36 год, лабораторні заняття - 36 год; самостійна робота студента (СРС) - 48 год</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік/ МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор:</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Тепер для отримання матеріалів і виробів з них з властивостями не характерними для матеріалів, що отримуються традиційними методами литва та подальшої механічної обробки, в тому числі і композиційних, є методи, які базуються на технологічних засадах методів порошкової металургії. Вихідними матеріалами для отримання таких виробів є порошки у різному дисперсному стані, які у подальшому компактуються шляхом їх пресування (формування) для надання виробам необхідної форми і розмірів, а для надання їм необхідних властивостей у подальшому спікаються (термооброблюються). Застосовуючи різні технологічні варіанти і умови пресування та спікання можна отримувати вироби з різними щільністю та структурою і, як наслідок, різними функціональними властивостями залежно від вимог.*

*У свою чергу властивості виробів, що отримуються, залежать від процесів, які лежать в основі пресування та спікання. Це, перш за все, процеси деформації матеріалів під дією зовнішніх навантажень, сил зумовлених наявністю викривлених поверхонь, самочинних*

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

термодинамічних процесів, які сприяють зменшенню зовнішньої та внутрішньої енергії систем і, тим самим, руху їх до рівноваги.

Тому **предметом** вивчення в дисципліні **“Сучасні методи формування композиційних матеріалів”** є явища, що лежать в основі процесів формування порошкових композиційних матеріалів різними методами і, виходячи з цього, параметри процесів, які забезпечують отримання їх з наперед заданими властивостями та структурою.

**Предметом** вивчення є також теоретичні основи вибору методу та технологічних параметрів пресування (формування) вхідних порошків та спікання отриманих з них заготовок з використанням термодинамічних засад та аналітичного опису процесів.

У зв'язку з цим основними завданнями дисципліни **“Сучасні методи формування композиційних матеріалів”** є надання студентам фундаментальних знань, які б допомогли їм встановлювати кінетику процесів та проводити їх аналітичний опис з метою отримання виробів з порошкових композиційних матеріалів з наперед заданими властивостями та структурою на основі розуміння фізико-хімічних явищ, що лежать в основі створення композиційних матеріалів у тому числі з застосуванням методів порошкової металургії.

Розуміння засад, які лежать в основі процесів компактування формування композиційних порошкових матеріалів пресуванням з наступним спіканням базується на фундаментальних законах фізики, механіки, фізичної хімії, фізики конденсованого стану, термодинамічних та кінетичних засадах створення матеріалів.

120 годин обсягу дисципліни **“Основи теорії процесів консолідації порошкових матеріалів”** включають 36 годин лекційних занять, 36 годин лабораторних занять і 48 годин СРС.

**Метою** навчальної дисципліни є поглиблення у студентів таких фахових компетентностей як:

**КС.02 – Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;**

**КС.05 – Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем;**

**КС.06 – Здатність використовувати практичні інженерні навички для вирішення професійних завдань;**

**КС.07– Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;**

**КС.16 – Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану;**

**КС.17 – Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів;**

**КС.18 – Здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них.**

А також:

- Здатність застосовувати професійні знання й уміння на практиці під час отримання композиційних порошкових виробів з використанням порошків металів, сплавів та сполук;
- Здатність вирішувати проблеми в професійній діяльності на основі аналізу та синтезу літературних та довідкових даних відносно розробки процесів компактування порошкових виробів;
- Здатність вибирати оптимальні методи та технологічні режими формування та спікання композиційних порошкових виробів з метою отримання їх з заданими властивостями;

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

- Здатність за відомими методиками з використанням сучасного аналітичного опису проводити розрахунки з метою оптимізації умов формування та спікання порошкових виробів.
- Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку рівня властивостей порошкових виробів після їх пресування і спікання;
- Здатність забезпечувати технологічність виробів і процесів їхнього виготовлення та оброблення, контролювати дотримання технологічної дисципліни під час компактування порошкових виробів;
- Здатність застосовувати методи стандартних випробувань щодо визначення фізичних, хімічних, структурних та технологічних властивостей готових порошкових виробів;
- Здатність обирати з економічної та технологічної точки зору оптимальну технологію для компактування порошкових виробів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання (ПРН)**:

**ПРН.2 – Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;**

**ПРН.5 – Визначати екологічно небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності шляхом попереднього аналізу та корегувати зміст діяльності з метою попередження негативного впливу на навколишнє середовище;**

**ПРН.6 – Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів;**

**ПРН.7 – Володіти навичками, які дозволяють продовжувати вчитися і оволодівати сучасними знаннями;**

**ПРН.16 – Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення;**

**ПРН.17 – Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них;**

**ПРН.18 – Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі завдання відповідно доспеціальності; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, охорона навколишнього середовища, економіка, промисловість) обмежень.**

**А також знання:**

- основ організації виробничої і наукової діяльності у галузі отримання порошкових виробів компактування вихідних порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук;
- методик пошуку інформації у традиційному та електронному виді у галузі отримання порошкових виробів компактуванням вихідних порошків металів, сплавів і сполук;
- стандартних методів випробувань та статистичних методів оцінки якості виробів на різних етапах їх отримання компактування порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук;
- характеристик основних і допоміжних матеріалів, що використовуються для компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час технологічних операцій компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- факторів, що впливають на фізико-хімічні процеси, які відбуваються під час компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- методів впливу на структуру і властивості отримуваних виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

- загальних принципів контролю та регулювання технологічних параметрів отримання виробів компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- стандартних методів вимірювання параметрів продукції, обладнання і технологічних процесів по отриманню виробів компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- стандартних методів контролю якості отримуваних виробів;

### уміння:

- застосовувати базові та сучасні знання інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності для досягнення інших результатів освітньої програми;
- кваліфіковано обрати матеріали для виробів різного призначення на підставі знань впливу на структуру і властивості матеріалів методів модифікації;
- обирати та обґрунтовувати методи вирішення поставлених задач стосовно вибору технології та забезпечення умов отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів з заданими властивостями;
- використовувати базові знання з природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук для вирішення практичних задач професійної діяльності під час отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;
- використовувати знання із технологій виготовлення порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;
- використовувати стандартні методи та методики розрахунку при виборі методу компактування порошкових і композиційних матеріалів;
- виконувати інженерні розрахунки, оцінювати кількісні параметри технологічних процесів отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;
- готувати матеріали та приймати участь у проведенні стандартних випробування щодо визначення фізичних, хімічних та механічних властивостей вихідних матеріалів та отриманих порошків, проводити їх оцінку;
- аналізувати основні технології отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук;
- визначати послідовність технологічних операцій для отримання виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів заданої якості;
- використовувати стандартні методи і засоби вимірювання параметрів продукції, обладнання та технологічних процесів під час отримання виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів.

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

Дисципліна викладається у шостому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Вивчення дисципліни базується на знаннях таких дисциплін як *"Вища математика", "Фізика", "Фізика конденсованого стану матеріалів", "Механічні властивості матеріалів", "Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані", "Основи теорії процесів консолідації порошкових та наноструктурованих матеріалів"* тощо.

Знання фізико-хімії явищ і процесів, що вивчаються в дисципліні *"Сучасні методи формування композиційних матеріалів"* дають студенту можливість у подальшому під

час отримання порошкових та композиційних матеріалів створювати їх із заданим комплексом фізико-технічних властивостей, оволодіти спеціальними технологічними прийомами виготовлення виробів компактуванням порошкових композиційних матеріалів. У свою чергу дисципліна є основою для вивчення інших дисциплін під час навчання на етапі підготовки бакалаврів, а також магістрів і докторів філософії.

Набуті під час вивчення дисципліни **“Сучасні методи формування композиційних матеріалів”** компетенції, знання, уміння (ПРН) знаходять широке застосування під час виконання курсових і дипломних робіт, виконанні курсових та дипломних проектів.

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

**Розділ 1.** Отримання вихідних матеріалів для створення композиційних матеріалів

Тема 1.1. Класифікація композиційних матеріалів та галузі їх застосування.

Тема 1.2. Закономірності отримання вихідних матеріалів для виготовлення композиційних матеріалів.

**Розділ 2.** Особливості теорії та технології формування композиційних матеріалів у дисперсному стані.

**Розділ 3.** Особливості теорії та технології спікання заготовок композиційних матеріалів.

**Розділ 4.** Технологія отримання порошкових композиційних матеріалів.

**Розділ 5.** Властивості порошкових композиційних матеріалів та методи їх визначення.

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

#### **4.1. Базова література**

1. Степанчук А. М. Теорія і технологія отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук : підручник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 320 с.
2. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів : навчальний посібник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 320 с.
3. Теорія і технологія пресування та спікання порошкових та композиційних матеріалів: метод. Вказівки до виконання лабор. робіт для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» / А. М. Степанчук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2009. – Ч.1. – 76 с.
4. Степанчук А. М. Технологія порошкової металургії : учебное пособие / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – Киев : ГИИО «Выща школа», 1989. – 415 с.
5. Колосов О. Є. Формування полімерних композиційних матеріалів із застосуванням фізико-хімічної модифікації : у двох частинах / О. Є. Колосов. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2005. – Частина 1. Дослідження передумов направленою здійснення фізико-хімічної модифікації. – 251 с.
6. Степанчук А. М. Матеріали для напилювання покриттів : навч. посіб. / А. М. Степанчук, І. І. Білик. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 320 с.

#### **4.2. Додаткова**

1. Olevsky E.A Field-AssistendSintering. ScienceandApplications / E. A.Olevsky, D. V.Dudina // ChamSwitzerland. – 2018. – 432 s.

2. *Современные композиционные материалы / под редакцией Л. Браутмана и Р. Крока ; перевод с английского. – Москва : Мир, 1970. – 672 с.*
3. *Карпинос Д.М. Новые композиционные материалы / Д. М. Карпинос, Л. И. Тучинский, Л. Р. Вишняков. – Киев : Вища шк., 1977. – 312 с.*
4. *Тучинский Л. И. Композиционные материалы полученные методом пропитки / Л. И. Тучинский. – Москва : Металлургия, 1986. – 208 с.*
5. *Кипарисов С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1980. – 495 с.*
6. *Виноградов Г. А. Теория листовой прокатки металлических порошков и гранул / Г. А. Виноградов, В. П. Каташинский. – Москва : Металлургия, 1979. – 224 с.*
7. *Скороход В. В. Реологические основы теории спекания / В. В. Скороход. – Киев : Наук. думка, 1972. – 149 с.*
8. *Ковальченко М. С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления / М. С. Ковальченко. – Киев : Наук. Думка, 1980. – 240 с.*

Перераховані базові та додаткові джерела є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань та поглибленого вивчення дисципліни.

#### **4.3. Інформаційні ресурси**

1. Кампус НТУУ «КПІ»
2. [comrpaو.kpi.ua](http://comrpaو.kpi.ua)
3. [iff.kpi.ua](http://iff.kpi.ua)
4. [tempus.kpi.ua](http://tempus.kpi.ua)

## **Навчальний контент**

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

#### **5.1. Лекції**

**Заняття 1. Вступ.** Місце дисципліни у структурно-логічній схемі підготовки бакалаврів матеріалознавців згідно освітньої програми. Робоча навчальна програма (Силабус) дисципліни.

*Класифікація композиційних матеріалів за призначенням, складом властивостями.*

**Заняття 2.** *Вимоги до компонентів композиційних матеріалів залежно від призначення. Сумісність компонентів та методи її визначення. Вплив сумісності компонентів КМ на формування їх структури, властивостей і експлуатаційних характеристик. Утворення вторинних структур, вплив їх утворення на характеристики КМ.*

**Заняття 3.** *Вихідні матеріали для отримання композиційних матеріалів. Матеріали матричної фази – метали, сплави, тугоплавкі сполуки, полімерні матеріали. Вимоги до матеріалів матричної фази. Вибір матеріалу залежно від вимог до властивостей композиційного матеріалу. Методи отримання порошків матричної фаз, залежно від вимог (механічні, фізико-хімічні, диспергування розплавів). Вплив фізико-хімічних та технологічних*

*параметрів на формування властивостей порошків згідно вимог, а також до властивостей композиційного матеріалу.*

**Заняття 4.** *Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків. Фізико-хімічні, дифузійні, газофазові, методи порошкової металургії.*

*Фізико-хімічні методи отримання плакованих порошків – електроліз водних розчинів солей металів, автоклавний метод, контактне відновлення.*

*Отримання плакованих порошків для виготовлення композиційних матеріалів дифузійним насиченням з точкових джерел.*

*Закономірності отримання композиційних плакованих порошків карбонільним методом та випаровуванням конденсацією.*

**Заняття 5.** *Отримання композиційних порошків методами порошкової металургії. Закономірності отримання КП плавленням з наступним подрібненням виливків або диспергуванням розплавів сплавів відцентровим розпилюванням або механічним диспергуванням. Вплив швидкості охолодження розплавів та їх кристалізації та умов диспергування на формування структури і фазовий склад КП.*

*Отримання порошків КМ направленою кристалізацією волокон зміцнюючої фази.*

**Заняття 6.** *Отримання КП грануляцією. Переваги гранульованих порошків під час їх використання для отримання КМ, Компакування пресуванням з наступним спіканням суміші вихідних порошків з складових КМ з наступним їх подрібненням. Вплив умов компактування на структуру і фазовий склад КП.*

*Закономірності отримання конгломерованих порошків розпилюванням – сушінням та грануляцією пластифікованих сумішей.*

**Заняття 7.** *Отримання армуючої та дисперснозміцнюючої фази КМ. Волокна та дисперснозміцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей.*

*Характеристика матеріалів, їх застосування залежно від призначення композиційного матеріалу.*

**Заняття 8.** *Закономірності отримання волокон та вусів. Отримання металевих волокон механічним методом, екструзією з розплавів, методом ШЗР. Вплив фізико-хімічних та технологічних параметрів на формування властивостей волокон.*

*Фізико-хімічні та змішані методи отримання волокон. Отримання неметалевих волокон.*

*Отримання волокон та вусів з газової фази.*

**Заняття 9. МКР**

**Заняття 10.** *Отримання волокон методами порошкової металургії. Особливості формування волокон екструзією пластифікованих сумішей порошків зміцнюючої фази. Вплив технологічних параметрів на властивості волокон. Спікання волокон.*

**Заняття 11, 12.** *Формування композиційних матеріалів. Вибір методу формування залежно від призначення та конфігурації виробів. Теорія і технологія формування порошкових композиційних матеріалів статичним пресуванням. Вплив параметрів формування формування на властивості виробів. Аналітичний опис процесів статичного пресування.*

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

*Оптимізація умов пресування для отримання виробів з заданими властивостями. Використання адитивних технологій для формування виробів з композиційних матеріалів.*

**Заняття 13, 14.** *Особливості спікання порошкових композиційних матеріалів. Вибір методу спікання залежно від вимог до властивостей виробів з них. Вільне спікання, спікання під тиском, гаряче пресування.*

*Спікання композиційних матеріалів просочуванням. Особливості просочуванням КМ зміцнених волокнами. Просочення каркасів з зміцнюючої фази розплавом матричної фази. Вплив кінетичних, фізико-хімічних та технологічних параметрів на процеси формування заданих властивостей КМ.*

**Заняття 15.** *Отримання волокнистих порошкових КМ. Особливості отримання волокнистих КМ з використанням металевих волокон, полікристалічних неорганічних волокон, волокон бору, скляних та профільних скляних волокон, вусів. Отримання КМ рідинним войлокуванням, компактуванням.*

*Технологічні варіанти отримання зносостійких, ріботехнічного, електротехнічного, конструкційного призначення.*

**Заняття 16.** *Отримання дисперсно-зміцнених КМ. Методи дисперсного зміцнення. Вихідні матеріали залежно від призначення та умов роботи виробів.*

*Суміщення процесів компактування порошкових КМ з процесами утворення дисперсно-зміцнюючої фази. Вироби типу САП. Внутрішнє окиснення, відновлення.*

*Технологічні варіанти отримання дисперсно-зміцнених КМ багатофункціонального призначення.*

**Заняття 17.** *Полімерні композиційні матеріали. Класифікація композитів. Класифікація композитів за: походженням; природою компонентів; призначенням; природою матриці; структурою; агрегатним станом наповнювача; типом армування одноабо двовимірним наповнювачем; за характером фізичних і хімічних перетворень, які відбуваються в полімерній фазі на стадіях одержання й перероблення: багатошарові, комбіновані, гібридні й поліматричні матеріали. Галузі застосування композитів.*

**Заняття 18.** *Властивості порошкових композиційних матеріалів та методи їх визначення. Мікромеханіка та характер руйнування композиційних матеріалів. Міцність та жорсткість. В'язкопружні композиційні матеріали.*

### **5.2. Лабораторні заняття**

*Основні завдання циклу лабораторних занять наступні:*

- Вивчення закономірностей компактування композиційних порошкових матеріалів.*
- Вивчення аналітичного опису процесів компактування композиційних матеріалів.*
- Вивчення теоретичних та технологічних засад методів отримання порошкових композиційних матеріалів.*



**Перелік лабораторних робіт:**

*Заняття 1. Ознайомлення з правилами техніки безпеки під час проведення лабораторних робіт. Вимоги до протоколів з лабораторних робіт (2 год).*

*Лабораторна робота №1 – Дослідження умов отримання порошків із дисперсно-зміцненою структурою з розплавів (6 год.)*

*Лабораторна робота №2 – Дослідження процесу пресування порошкових композиційних матеріалів. (Дослідження пресованості порошків, визначення зусилля виштовхування та пружної післядії. (6 год.)*

*Колоквіум (2 год).*

*Лабораторна робота №3 – Дослідження аналітичного опису процесів пресування композиційних матеріалів (4 год).*

*Лабораторна робота №4 – Дослідження умов отримання композиційних матеріалів просоченням (6 год)*

*Лабораторна робота №5 – Дослідження впливу умов отримання композиційних матеріалів на їх зносостійкість під час сухого тертя. (6 год).*

*Колоквіум (2 год).*

*Залік (2 год).*

**6. Самостійна робота студентів**

*Самостійна робота студентів полягає у вивченні окремих розділів курсу, виконанні домашніх завдань по набуттю навичок з вибору та розрахунків оптимальних технологічних параметрів процесів компактування композиційних порошкових виробів, підготовці до виконання лабораторних робіт та обробці експериментальних даних, одержаних при їх виконанні.*

*Самостійна робота студентів (48 годин) полягає в:*

- самостійному і глибшому вивченні окремих розділів дисципліни - 18 год;*
- підготовці до виконання лабораторних робіт, обробці та обговоренні отриманих результатів під час їх виконання, написання висновків – 20 год;*
- підготовці до виконання модульної/кон трольної роботи – 4 год;*
- підготовці до семестрової атестації – залуку 6 год;*

**Політика та контроль**

**7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Система вимог, які ставляться перед студентом:*

- Тему пропущеного лекційного заняття студент повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту;*
- Пропущену лабораторну роботу студент 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 виконання лабораторних робіт дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних ресурсів, тощо.*

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів у відповідності до вимог.
- Студенту можуть бути нараховані заохочувальні бали за особливі успіхи у навчанні – порівнянні отриманих під час в роботі результатів з результатами теоретичних розрахунків проведених студентом.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект пропущеної лекції має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і захищаються не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення.
- У випадку **дистанційного навчання** значна увага приділяється самостійному освоєнню матеріалу дисципліни. Контроль знань передбачається шляхом виконання тестових завдань після вивчення кожної теми згідно програми. Контроль якості виконання тестових завдань враховується шляхом тестового оцінювання відповідно до рейтингового оцінювання.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи 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)**

#### **8.1. Види контролю**

Поточний контроль:

- Захист звітів з лабораторних робіт.
- Модульна контрольна робота, яка проводиться на 7-10 тижні.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання першого КК студенту необхідно оформити і захистити ЛР №1, №2, №3 щонайменше на 3 бали кожну і отримати не менш ніж 10 балів за МКР (**та позитивних відповідей на не менш ніж 75 % тестових запитань у випадку дистанційного навчання**).

Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №4, №5 щонайменше на 4 бали кожну (**та позитивних відповідей на не менш ніж 75 % тестових запитань у випадку дистанційного навчання**).

Семестровий контроль: **залік**.

#### **8.2. Критерії нарахування балів**

**Захист звітів з лабораторних робіт** максимально складає 45 балів, відповідно:

- виконання і захист однієї роботи з глибоким розкриттям фізико-хімічної сутності процесів, що вивчались – 3–5 балів;
- активне виконання роботи, опанування матеріалу – 2–3 балів;
- виконання завдання лабораторної роботи – 1 бал;

**Модульна контрольна робота** оцінюється максимально у 15 балів, відповідно:

перше запитання – 6–10 балів ;

друге запитання – 3–5 балів.

Умовою допуску до заліку є семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання і захисту всіх лабораторних робіт, МКР та кількості балів за видами:

– Захист звітів з лабораторних робіт не менше 45 балів;

– Модульна контрольна робота не менше 15 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, студент має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з трьох питань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічної години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» РСО (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на запитання залікової контрольної роботи оцінюється за 100-бальною шкалою таким чином:

- перше запитання – 25 – 40 балів;
- друге запитання – 25 – 40 балів;
- третє запитання – 10 – 20 балів;

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», не повна 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)

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

1. Під час вивчення дисципліни бажано використовувати інформаційні ресурси. Так за наведеними нижче посиланнями можна знайти журнали, що відносяться до галузі матеріалознавства.

- *Ceramics International* видавництво [Pergamon Press Ltd. \(United Kingdom\)](#)
- *Journal of Alloys and Compounds*, издательство [Elsevier BV \(Netherlands\)](#) Нідерланди
- *Materials Today: Proceedings* <http://www.materialstoday.com/proceedings>
- *Journal of Materials Research and Technology* [//www.journals.elsevier.com/journal-of-materials-research-and-technology/editorial-board](http://www.journals.elsevier.com/journal-of-materials-research-and-technology/editorial-board)
- *Surface and Coatings Technology* [//www.journals.elsevier.com/surface-and-coatings-technology](http://www.journals.elsevier.com/surface-and-coatings-technology)
- *Materials Characterization* [//www.journals.elsevier.com/materials-characterization](http://www.journals.elsevier.com/materials-characterization)
- *Computational Materials Science* [//www.journals.elsevier.com/computational-materials-science](http://www.journals.elsevier.com/computational-materials-science)
- *Materials Science and Engineering* [//www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-a](http://www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-a)
- *Applied Surface Science* [//www.journals.elsevier.com/applied-surface-science](http://www.journals.elsevier.com/applied-surface-science)
- *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* [//www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refractory-metals-and-hard-materials](http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refractory-metals-and-hard-materials)
- *Journal of Solid State Chemistry* [//www.journals.elsevier.com/journal-of-solid-state-chemistry](http://www.journals.elsevier.com/journal-of-solid-state-chemistry)

2. Питань модульної контрольної роботи, рейтингової оцінки результатів навчання наведену у Додатках.

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

#### **Складено:**

проф. каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к. т. н., проф.,  
Степанчук Анатолій Миколайович  
проф. , зав кафедри ВТМ та ПМ , д.т.н., проф. Богомол Юрій Іванович

#### **Ухвалено:**

Кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
(протокол №21 від 8 липня 2022 р.)

#### **Погоджено:**

Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона  
(протокол №10/22 від 10 липня 2022 р.)

## Приклади запитань та завдань до модульної контрольної роботи

### Перелік запитань

1. Класифікація композиційних матеріалів за призначенням, складом властивостями.
2. Вимоги до компонентів композиційних матеріалів залежно від призначення.
3. Сумісність компонентів та методи її визначення. Вплив сумісності компонентів КМ на формування їх структури, властивостей і експлуатаційних характеристик.
4. Утворення вторинних структур, вплив їх утворення на характеристики композиційних матеріалів.
5. Вихідні матеріали для отримання композиційних матеріалів. Матеріали матричної фази – метали, сплави, тугоплавкі сполуки, полімерні матеріали. Вимоги до матеріалів матричної фази. Вибір матеріалу залежно від вимог до властивостей композиційного матеріалу.
6. Методи отримання порошків матричної фази, залежно від вимог (механічні, фізико-хімічні, диспергування розплавів).
7. Вплив фізико-хімічних та технологічних параметрів на формування властивостей порошків згідно вимог, а також до властивостей композиційного матеріалу.
8. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків фізико-хімічними методами.
9. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків дифузійними та газофазними методами.
10. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків методами порошкової металургії.
11. Фізико-хімічні методи отримання плакованих порошків – електроліз водних розчинів солей металів, автоклавний метод, контактне відновлення.
12. Отримання плакованих порошків для виготовлення композиційних матеріалів дифузійним насиченням з точкових джерел.
13. Закономірності отримання композиційних плакованих порошків карбонільним методом та випаровуванням конденсацією.
14. Закономірності отримання КП плавленням з наступним подрібненням виливків або диспергуванням розплавів сплавів відцентровим розпилюванням або механічним диспергуванням.
15. Вплив швидкості охолодження розплавів та їх кристалізації та умов диспергування на формування структури і фазовий склад КП.
16. Отримання порошків КМ направленою кристалізацією волокон зміцнюючої фази.
17. Отримання КП грануляцією. Переваги гранульованих порошків під час їх використання для отримання КМ. Компактування пресуванням з наступним спіканням суміші вихідних порошків з складових КМ з наступним їх подрібненням. Вплив умов компактування на структуру і фазовий склад КП.

18. Закономірності отримання конгломерованих порошків розпилюванням – сушінням та грануляцією пластифікованих сумішей.

19. Отримання армуючої та дисперсно-міцнюючої фази КМ. Волокна та дисперсноміцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей .

20. Характеристика матеріалів, їх застосування для виготовлення композиційних матеріалів залежно від їх призначення.

21. Закономірності отримання волокон та вусів. Отримання металевих волокон механічним методом.

22. Закономірності отримання волокон та вусів. Отримання волокон екструзією з розплавів, методом ШЗР.

23. Вплив фізико-хімічних та технологічних параметрів на формування властивостей волокон.

24. Фізико-хімічні та змішані методи отримання волокон.

25. Отримання неметалевих волокон. Отримання волокон та вусів з газової фази.

26. Закономірності отримання волокон методами порошкової металургії.

### **Приклади завдань до МКР**

#### **№1**

1. Закономірності отримання волокон методами порошкової металургії.
2. Класифікація композиційних матеріалів за призначенням, складом властивостями.

#### **№2**

1. Вимоги до компонентів композиційних матеріалів залежно від призначення.
2. Отримання армуючої та дисперсно -міцнюючої фази КМ. Волокна та дисперсноміцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей .

#### **№3**

1. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків фізико-хімічними методами.
2. Отримання армуючої та дисперсно -міцнюючої фази КМ. Волокна та дисперсноміцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей .

### Приклади запитань до залікової контрольної роботи

1. Класифікація композиційних матеріалів за призначенням, складом властивостями.
2. Вимоги до компонентів композиційних матеріалів залежно від призначення.
3. Сумісність компонентів та методи її визначення. Вплив сумісності компонентів КМ на формування їх структури, властивостей і експлуатаційних характеристик.
4. Утворення вторинних структур, вплив їх утворення на характеристики композиційних матеріалів.
5. Вихідні матеріали для отримання композиційних матеріалів. Матеріали матричної фази – метали, сплави, тугоплавкі сполуки, полімерні матеріали. Вимоги до матеріалів матричної фази. Вибір матеріалу залежно від вимог до властивостей композиційного матеріалу.
6. Методи отримання порошків матричної фази, залежно від вимог (механічні, фізико-хімічні, диспергування розплавів).
7. Вплив фізико-хімічних та технологічних параметрів на формування властивостей порошків згідно вимог, а також до властивостей композиційного матеріалу.
8. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків фізико-хімічними методами.
9. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків дифузійними та газофазними методами.
10. Отримання композиційних порошків (КП) для виготовлення композиційних матеріалів. Загальна характеристика методів отримання композиційних порошків методами порошкової металургії.
11. Фізико-хімічні методи отримання плакованих порошків – електроліз водних розчинів солей металів, автоклавний метод, контактне відновлення.
12. Отримання плакованих порошків для виготовлення композиційних матеріалів дифузійним насиченням з точкових джерел.
13. Закономірності отримання композиційних плакованих порошків карбонільним методом та випаровуванням конденсацією.
14. Закономірності отримання КП плавленням з наступним подрібненням виливків або диспергуванням розплавів сплавів відцентровим розпилюванням або механічним диспергуванням.
15. Вплив швидкості охолодження розплавів та їх кристалізації та умов диспергування на формування структури і фазовий склад КП.
16. Отримання порошків КМ направленою кристалізацією волокон зміцнюючої фази.
17. Отримання КП грануляцією. Переваги гранульованих порошків під час їх використання для отримання КМ. Компактування пресуванням з наступним спіканням суміші вихідних порошків з складових КМ з наступним їх подрібненням. Вплив умов компактування на структуру і фазовий склад КП.
18. Закономірності отримання конгломерованих порошків розпилюванням – сушінням та грануляцією пластифікованих сумішей.

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

19. Отримання армуючої та дисперсно-міцнюючої фази КМ. Волокна та дисперсно-міцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей .

20. Характеристика матеріалів, їх застосування для виготовлення композиційних матеріалів залежно від їх призначення.

21. Закономірності отримання волокон та вусів. Отримання металевих волокон механічним методом.

22. Закономірності отримання волокон та вусів. Отримання волокон екструзією з розплавів, методом ШЗР.

23. Вплив фізико-хімічних та технологічних параметрів на формування властивостей волокон.

24. Фізико-хімічні та змішані методи отримання волокон.

25. Отримання неметалевих волокон. Отримання волокон та вусів з газової фази.

26. Закономірності отримання волокон методами порошкової металургії.

27. Особливості формування волокон екструзією пластифікованих сумішей порошків зміцнюючої фази . Вплив технологічних параметрів на властивості волокон. Спікання волокон.

28. Формування композиційних матеріалів. Вибір методу формування залежно від призначення та конфігурації виробів. Теорія і технологія формування порошкових композиційних матеріалів статичним пресуванням. Вплив параметрів формування на властивості виробів з композиційних матеріалів

29. Аналітичний опис процесів статичного пресування композиційних матеріалів. Оптимізація умов пресування для отримання виробів з заданими властивостями.

30. Використання адитивних технологій для формування виробів з композиційних матеріалів.

31. Особливості спікання порошкових композиційних матеріалів. Вибір методу спікання залежно від вимог до властивостей виробів з них.

32. Вільне спікання, спікання під тиском, гаряче пресування виробів з композиційних матеріалів.

33. Спікання композиційних матеріалів просочуванням. Особливості просочуванням КМ зміцнених волокнами. Просочення каркасів з зміцнюючої фази розплавом матричної фази.

34. Вплив кінетичних, фізико-хімічних та технологічних параметрів на процеси формування заданих властивостей КМ під час отримання їх просоченням..

35. Отримання волокнистих порошкових КМ. Особливості отримання волокнистих КМ з використанням металевих волокон.

36. Отримання волокнистих порошкових КМ з використанням полікристалічних неорганічних волокон, волокон бору, скляних та профільних скляних волокон, вусів.

37. Отримання КМ рідинним войлокуванням, компактуванням.

38. Технологія отримання зносостійких, ріботехнічного , електротехнічного, конструкційного призначення,

39. Отримання дисперсно-зміцнених КМ. Методи дисперсного зміцнення. Вихідні матеріали залежно від призначення та умов роботи виробів.

40. Суміщення процесів компактування порошкових КМ з процесами утворення дисперсно-зміцнюючої фази. Вироби типу САП. Внутрішнє окиснення, відновлення.

41. Технологічні варіанти отримання дисперсно-зміцнених КМ багатофункціонального призначення.



42. Полімерні композиційні матеріали. Класифікація композитів. Класифікація композитів за походженням; природою компонентів; призначенням; природою матриці; структурою; агрегатним станом наповнювача; типом армування одноабо двовимірним наповнювачем.

43. Класифікація композитів за характером фізичних і хімічних перетворень, які відбуваються в полімерній фазі на стадіях одержання й перероблення: Багатошарові, комбіновані, гібридні й поліматричні матеріали.

44. Галузі застосування полімерних композитів. Технологічні варіанти їх виготовлення.

45. Властивості порошкових композиційних матеріалів та методи їх визначення.

46. Мікромеханіка та характер руйнування композиційних матеріалів. Міцність та жорсткість. В'язкопружні композиційні матеріали.

### **Приклад завдання до залікової контрольної роботи**

№

1. Вимоги до компонентів композиційних матеріалів залежно від призначення.
2. Отримання армуючої та дисперсно-міцнюючої фази КМ. Волокна та дисперсно-міцнююча фаза. Вимоги до матеріалів у відношенні сумісності і взаємодії з матричною фазою. Вимоги до механічних властивостей.
3. Полімерні композиційні матеріали. Класифікація композитів. Класифікація композитів за походженням; природою компонентів; призначенням; природою матриці; структурою; агрегатним станом наповнювача; типом армування одноабо двовимірним наповнювачем.

## **Приклади тестових завдань**

**для контролю вивчення дисципліни**

### **Сучасні методи формування композиційних матеріалів**

**Термін виконання:**

**Відповіді надсилати :**

**проф. Степанчук Анатолій Миколайович,**

**e-mail. : anstepanchuk6@gmail.com**

**Тест №1**

**Якими методами можна отримати металеві волокна.**

/варіанти відповіді/

- А. Куванням.
- Б. Прокаткою.
- В. Екструзією.

**Відповідь:**

**Тест №2**

**За якими параметрами відбувається контроль пластифікованих сумішей під час отримання волокон екструзією ?**

/варіанти відповіді/

- А. Пластична вязкість.
- Б. Пластична міцність.
- В. Характер кривих витікання. Агрегативна міцність.

**Відповідь:**

**Тест №3**

**За якою формулою можна визначити критичну частку волокон в КМ для забезпечення ефекту зміцнення?**

/варіанти відповіді/

- А.  $V_K = \frac{\sigma_M^{P_{M\phi}}}{\sigma_\phi^{P_M}}$
- Б.  $\sigma_K = \sigma_M^P (1 - V_M)$
- В.  $V_{кр} = \frac{\sigma_M^P - \sigma_M}{\sigma_B^P + \sigma_M}$

**Відповідь:**

**Тест №4**

**Що таке сумісність матеріалів складових композиційних матеріалів?**

## Сучасні методи формування композиційних матеріалів

/варіанти відповіді/

1. Наявність взаємодії між ними.
2. Відсутність взаємодії між ними.
3. Наявність обмеженої розчинності одна в одній.
- 4.

**Відповідь:**

### Тест №5

**За яких умов отримують плаковані порошки карбонільним методом?**

/варіанти відповіді/

- А. За температури в камері розкладання карбонілу 340 °С і тиску 25 МПа.
- Б. За температури в камері розкладання карбонілу 240 °С і тиску 0,1 МПа.
- В. За температури в камері розкладання карбонілу 240 °С і тиску 2,5 МПа.

**Відповідь:**