



## ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ПОРОШКОВИХ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</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 год: лекцій - 36 год; лабораторних занять – 18 год; самостійна робота студента (СРС) – 66 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: к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович, <a href="mailto:astepanchuk@iff.kpi.ua">astepanchuk@iff.kpi.ua</a>, 067-944-11-60 Лабораторні заняття: ст. викл., Руденький Сергій Олексійович</i>
Розміщення курсу	<i>Campus</i>

#### Програма навчальної дисципліни

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

*Одним з методів одержання матеріалів багатофункціонального призначення з властивостями не притаманними 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. Основними етапами розробки матеріалів та виготовлення виробів з них є отримання вихідних порошків, які у подальшому формуються у вироби заданих розмірів та спікаються при температурах, нижчих за температуру плавлення основного компоненту. Одним із етапів виготовлення таких виробів є отримання порошків металів, сплавів та сполук у різному дисперсному стані. Використовуючи порошки з різними хімічними, фізичними та технологічними властивостями можна у широких межах змінювати умови отримання порошкових виробів з заданими структурою та властивостями і, як наслідок, їх функціональні характеристики. У свою чергу властивості отримуваних порошків залежать від фізико-хімічних процесів, які лежать в основі кожного методу отримання порошків.*

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

Тому **предметом** вивчення в дисципліні “Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів” є явища, що лежать в основі процесів отримання порошків, їх пресування та спікання і, виходячи з цього, параметри процесів, які забезпечують отримання порошкових та композиційних матеріалів з наперед заданими властивостями та структурою.

**Предметом** вивчення є також основні засади вибору методу та технологічних параметрів отримання порошків, їх пресування та спікання, технологічних процесів отримання виробів з порошкових композиційних матеріалів різноманітного призначення: конструкційних, триботехнічних, інструментальних тощо.

У зв'язку з цим **основними завданнями** дисципліни “Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів” є надання студентам знань, які б допомогли їм встановлювати механізми процесів отримання порошків та виробів з них пресуванням з наступним спіканням, застосовувати їх аналітичний опис з метою отримання виробів з заданими властивостями та структурою на основі розуміння фізико-хімічних явищ, що лежать в основі створення матеріалів з застосуванням методів порошкової металургії.

Розуміння засад, які лежать в основі методів отримання порошків металів, сплавів та сполук базується на фундаментальних законах хімії, фізичної хімії, фізики, фізики конденсованого стану, термодинамічних та кінетичних засад створення матеріалів.

120 годин обсягу дисципліни “Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів” включають 36 годин лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 66 годин СРС.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів таких **компетентностей** як :

- здатність вибрати оптимальні вихідні матеріали для отримання порошків металів та сплавів і виготовлення порошкових та композиційних матеріалів (П та КМ) і виробів з них;
- вибрати технологічні процеси та режими виготовлення порошків, пресування та спікання при створенні виробів з П та КМ;
- за відомими методиками, з використанням характеристик матеріалів проводити розрахунки з метою оптимізації умов отримання порошків та виробів з них.
- здатність обирати з економічної та технологічної точки зору оптимальну технологію для отримання порошків металів, сплавів, сполук, їх пресування та спікання під час виготовлення виробів з П та КМ з заданими властивостями.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **результати навчання**:

**знання:**

- класифікації, призначення, основних технологічних прийомів для отримання виробів з порошкових композитів;
- фізико-хімічних, термодинамічних та технологічних основ процесів, що лежать в основі методів отримання порошків та виробів з них;
- методів отримання порошків металів та сплавів, їх пресування та спікання та технологічних процесів отримання виробів з них;
- умов отримання та технологічних режимів отримання порошків металів та сплавів та виробів з них з заданими властивостями;

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

- методів оптимізації умов отримання порошків металів та сплавів, пресування та спікання при виготовленні порошкових виробів;
- методів визначення властивостей порошків металів та сплавів та виробів з них.
- механізмів процесів, що лежать в основі процесів отримання порошкових та композиційних матеріалів;
- методів визначення властивостей виробів з порошкових та композиційних матеріалів.

### уміння:

- вибирати і обґрунтовувати з використанням фундаментальних засад метод виготовлення виробу з порошкового і композиційного матеріалу відповідно до його призначення;
- за відомими методиками, з використанням характеристик матеріалів проводити розрахунки з метою оптимізації умов отримання порошків, пресування і спікання і технології отримання П та КМ; ;
- з використанням аналітичних залежностей визначати умови та технологічні параметри процесів отримання П та КМ; порошків металів та сплавів;
- визначати властивості та структуру П та КМ;
- використовувати знання із технологій виготовлення порошків, їх пресування і спікання для розроблення складових технологічного маршруту виготовлення виробів з П та КМ.

## 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 ступеня.

Вивчення дисципліни базується на вивченні таких дисциплін як "Математика", "Фізика", "Фізична хімія", "Фізика конденсованого стану", "Теоретична та прикладна механіка", "Металознавство".

Дисципліна "Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів" надає студенту можливість у подальшому під час отримання П та КМ на базі знань фізико-хімії явищ і процесів створювати їх з заданим комплексом фізико-технічних властивостей, оволодіти спеціальними технологічними прийомами.

У свою чергу дисципліна є основою для вивчення таких дисциплін як "Комп'ютерне конструювання металевих виробів (CATIA 5)", "Основи теорії корозії та захисту металів".

Знання отримані під час вивчення дисципліни необхідні у виконанні робіт з металознавства і фізики металів (термічна обробка матеріалів, створення дифузійних покриттів тощо) так, як у цьому випадку мають свої особливості цих процесів під час обробки порошкових та композиційних матеріалів пов'язані з наявністю в них пористості, дрібнозернистої структури і, як наслідок, великої площі міжзеренних контактів. Здатності, знання та уміння набуті під час вивчення дисципліни "Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів" можуть бути використані у виконанні курсових та дипломних робіт і проєктів.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### **Розділ I Вступ**

Тема 1.1. Загальна характеристика порошкової металургії як методу отримання порошкових композиційних матеріалів. Властивості порошоків.

#### **Розділ II Отримання порошоків металів, сплавів та тугоплавких сполук порошоків**

Тема 2.1. Механічні методи одержання порошоків.

Тема 2.2 Фізико-хімічні методи одержання порошоків

Тема 2.3 Газофазні методи одержання порошоків.

Тема 2.4 Одержання порошоків металів та сплавів розпиленням розплавів.

Тема 2.5 Отримання порошоків тугоплавких сполук.

Тема 2.6 Одержання волокон та вусів.

#### **Розділ III Формування порошкових тіл**

Тема 3.1 Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.

Тема 3.2. Варіанти формування.

#### **Розділ IV Спікання**

Тема 4.1 Характеристика процесів, що лежать в основі спікання

Тема 4.2 Спікання під тиском.

Тема 4.3 Спікання багатокомпонентних систем.

#### **Розділ V Технологія порошкових та композиційних матеріалів**

Тема 5.1 Матеріали тріботехнічного призначення

Тема 5.2. Спечені матеріали конструкційного призначення.

Тема 5.3 Спечені матеріали електротехнічного призначення.

Тема 5.4 Інструментальні матеріали, тверді сплави.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### **4.1 Базова література**

1. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошоків металів, сплавів та тугоплавких сполук : підручник / А.М. Степанчук. – Київ : НТУУ“КПІ”, 2007. – 353 с.

2. Степанчук А. Н. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів /А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.

3. Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів : метод. вказівки до викон. лабор. робіт. Ч.1 Отримання порошоків та їх властивості /уклад.: Степанчук А. М. – Київ : НТУУ“КПІ”, 2010. – 72 с.

4. Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів : метод. вказівки до викон. лабор. робіт. Ч.ІІ Пресування, спікання, технологія / уклад.: А. М. Степанчук, А. В. Мініцький. – Київ : НТУУ“КПІ”, 2010. – 112 с.

#### **4.2 Додаткова література**

5. Степанчук А. Н.Технология порошковой металлургии / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко – Киев : Вища школа, 1989. – 415 с.

6. Нечипоренко О. С. Распыленные металлические порошки / О. С.Нечипоренко, Ю. И. Найда, А. Б. Медведовский. – Киев : Наук. думка, 1980. – 238 с.

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

7. Сердюк Г. Г. *Технология порошковой металлургии : учебное пособие : 3 части / Г. Г. Сердюк, Л. И. Свистун. – Краснодар : Изд. ГОУВПО КубГТУ, 2005. – Часть 1. Порошки. – 240 с.*
8. *Процессы изостатического прессования / под ред. П. Дж. Джеймса. – Москва : Металлургия, 1990. – 192 с.*
9. Сердюк Г. Г. *Технология порошковой металлургии : учебное пособие : 3 части / Г. Г. Сердюк, Л. И. Свистун. – Краснодар : Изд. ГО УВПО «КубГТУ», 2005. – Часть 3. Спекание и дополнительная обработка. – 244 с.*
10. Гегузин Я. Е. *Физика спекания / Я. Е. Гегузин. – Москва : Наука, 1967. – 360 с.*
11. Скороход В. В. *Реологические основы теории спекания / В. В. Скороход. – Киев : Наук. думка, 1972. – 149 с.*
12. Скороход В. В. *Физико-металлургические основы спекания порошков / В. В. Скороход, С. М. Солонин. – Москва : Металлургия, 1984. – 159 с.*
13. Ковальченко М. С. *Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления / М. С. Ковальченко. – Киев : Наук. Думка, 1980. – 240 с.*
14. Кислый П. С. *Спекание тугоплавких соединений / П. С. Кислый, М. А. Кузенкова. – Киев : Наук. думка, 1980. – 167 с.*
15. *Порошковая металлургия и напыленные покрытия / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, П. К. Дружинин [и др.]. – Москва : Металлургия, 1987. – 790 с.*

*Перераховані джерела є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань.*

### Навчальний контент

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

##### **5.1. Лекційні заняття**

###### **Розділ I Вступ**

**Заняття 1** – Загальна характеристика порошкової металургії, як метода одержання порошкових та композиційних матеріалів і виробів.

*Порошкова металургія як наука про процеси одержання, структуру та властивості порошків металів, сплавів, композиційних матеріалів, які виготовляються з використанням методів формування та спікання. Роль порошкової металургії композиційних матеріалів у сучасній техніці і її значення для розвитку промисловості.*

*Історія виникнення та розвитку порошкової металургії. Роль вітчизняних вчених у розвитку порошкової металургії композиційних матеріалів.*

*Технічні та економічні переваги та обмеження використання порошкової металургії.*

*Роль фізико-хімічних явищ у процесах одержання порошків та волокон, пресування виробів з них та їх спікання.*

*Властивості порошків. Хімічні, фізичні та технологічні властивості порошків. Методи визначення та контролю властивостей порошків. Практичне значення визначення та*

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

контролю властивостей порошків. Методики та обладнання для визначення властивостей порошків.

### **Розділ П - Отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук порошків**

#### **Тема 2.1 Механічні методи одержання порошків**

**Заняття 2** – Основи теорії подрібнення. Закони подрібнення. Роль методу одержання порошку механічним подрібненням на формування його властивостей.

Закономірності подрібнення в кульових, вібраційних, атриторних, планетарних, струйних та вихрових млинах.

Обладнання та технологія отримання порошків механічними методами.

#### **Тема 2.2 Фізико-хімічні методи одержання порошків**

**Заняття 3** – Одержання порошків металів та сплавів відновлюванням оксидів та солей металів. Основи термодинаміки відновлювальних процесів. Механізм та кінетика відновлювальних процесів порошкових систем. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків, які одержують відновленням оксидів та солей металів.

Вплив технологічних факторів на параметри відновлення та властивості одержуваних порошків.

Основні промислові методи одержання порошків відновлюванням

**Заняття 4** – **Електрохімічні методи одержання порошків металів.** Одержання порошків металів електролізом водяних розчинів солей металів, розплавів солей металів. Одержання порошків металів автоклавним методом, цементацією та міжкристалітною корозією. Фізико-хімічні основи методів. Вплив різних факторів (щільності струму, концентрації електроліту, часу електролізу, вмісту домішок та інш.) на формування структури та властивостей порошків та техніко-економічні показники процесу.

Технологія та обладнання для отримання порошків електрохімічними методами.

#### **Тема 2.3 Газофазні методи одержання порошків**

**Заняття 5** – Одержання порошків металів дисоціацією карбонілів, випарюванням-конденсацією, відновлюванням в газовій фазі.

Закономірності проходження реакцій у газовій фазі за участю та без участі поверхні. Вплив різних факторів на формування властивостей порошків, що одержують з газової фази карбонільним методом.

Отримання порошків випаровуванням –конденсацією, плазмово-хімічним методом.

#### **Тема 2.4 Одержання порошків металів та сплавів розпиленням розплавів.**

**Заняття 6** – Отримання отримання порошків металів та сплавів розпилюванням розплавів. Розпилення газами та рідиною. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на формування структури та властивостей порошків. Вплив технологічних факторів на формування властивостей порошків.

Технологія та обладнання для отримання порошків розпиленням розплавів.

#### **Тема 2.5 Отримання порошків твердих тугоплавких сполук**

**Заняття 7** – Отримання карбідів та нітрідів перехідних металів. Класифікація методів . Термодинамічні основи процесів отримання карбідів та нітрідів. Технологія і обладнання. Отримання порошків плавлених тугоплавких сполук.

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

*Отримання боридів та силіцидів перехідних металів. Класифікація методів. Термодинамічні особливості та закономірності отримання боридів та силіцидів перехідних металів. Технологія і обладнання.*

*Отримання неметалевих тугоплавких сполук.*

### **Заняття 8 – Модульна контрольна робота**

#### **Розділ III Формування порошкових тіл**

##### **Тема 3.1 Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.**

*Заняття 9 – Закономірності ущільнення пластичних та крихких порошків. Вплив властивостей порошків та їх структури на їх ущільнення. Вплив різних факторів на розподіл щільності у формовках. Боковий тиск, зовнішнє та внутрішнє тертя, сила виштовхування, пружна післядія. Використання мастил при формуванні; їх роль у розподілі щільності та формуванні структури формовок.*

*Аналітичний опис процесу формування.*

***Практика формування.** Підготовка порошків для формування. Відпал, класифікація, розсів. Змішування порошків. Грануляція шихти, визначення наважки, дозування. Варіанти формування. Одно- та двостороннє формування. Формування на механічних та гідравлічних пресах.*

##### **Тема 3.2. Варіанти формування**

***Заняття 10 – Ізостатичне формування.** Різновиди ізостатичного формування. Закономірності ізостатичного формування, вплив різних факторів на процес формування структури та властивостей виробів. Математичний опис ізостатичного формування. Особливості газостатичного формування.*

***Формування довгомірних виробів.** Формування скошеним пуансоном.*

*Формування прокаткою. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей прокату з порошків. Основні закономірності прокатки порошків.*

***Швидкісне (імпульсне) формування.** Методи імпульсного формування. Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення при імпульсному формуванні. Структура та властивості виробів.*

*Бездеформаційні методи формування. Мундштучне формування та екструзія. Закономірності формування цими методами.*

*Шлікерне литво, литво з термопластичних мас, інжекційне формування. Вплив різних факторів на характер розподілу щільності та формування властивостей виробів.*

*Вібраційне формування. Закономірності вібраційного формування.*

#### **Розділ IV Спікання**

##### **Тема 4.1 Характеристика процесів, що лежать в основі спікання**

*Заняття 11 – Визначення термінів спікання з технологічного та термодинамічного кута зору. Зовнішні ознаки спікання, усадка при спіканні, види усадки.*

*Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатних температурах та при нагріві з точки зору наявності дефектів та дифузійних процесів. Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск.*

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

*Спікання одноконтентних систем як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева самодифузія, перенесення через газову фазу. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки. Вплив структурного та геометричного факторів на процес спікання. Феноменологічний опис процесу спікання.*

***Спікання в реальних умовах.** Вплив різних факторів (температури, часу, властивостей вихідних порошків та формовок, умов спікання та ін.) на кінетику процесів спікання та формування структури та властивостей виробів.*

*Методи інтенсифікації процесів спікання.*

### **Тема 4.2 Спікання під тиском.**

***Заняття 12** – Гаряче пресування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури і властивостей виробів при гарячому пресуванні. Феноменологічний опис процесу гарячого пресування.*

*Гаряче ізостатичне пресування, динамічне гаряче пресування, гаряче кування та штамповка пористих заготовок. Закономірності формування структури та властивостей виробів при використанні цих методів.*

*Технологія та обладнання для спікання гарячим пресуванням.*

## **Розділ V Технологія порошкових та композиційних матеріалів**

### **Тема 5.1 Матеріали триботехнічного призначення**

***Заняття 13** – Композиційні спечені антифрикційні матеріали. Загальні відомості про антифрикційні матеріали і умови їх роботи.*

*Технологія виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів. Особливості підготовки вихідних компонентів. Формування виробів і їх спікання. Додаткова обробка спечених виробів – термічна та хіміко-термічна обробки, гаряче пресування та екструзія.*

*Основні типи композиційних антифрикційних матеріалів та їх властивості. Антифрикційні спечені матеріали на основі металів та їх сплавів (міді, заліза, нікелю, кобальту, легких та тугоплавких металів). Металографітові матеріали. Матеріали на основі тугоплавких сполук, спечених твердих сплавів. Металоскляні матеріали.*

***Заняття 14** – Спечені фрикційні матеріали. Основні типи фрикційних матеріалів.*

*Класифікація фрикційних матеріалів по призначенню.*

*Технологія виробництва фрикційних виробів. Вплив технологічних параметрів виготовлення фрикційних матеріалів на їх властивості.*

### **Тема 5.2 Спечені матеріали конструкційного призначення**

***Заняття 15** – Класифікація, властивості та призначення спечених конструкційних матеріалів. Технологія виготовлення виробів із конструкційних спечених матеріалів пресуванням та спіканням; просочуванням пористого залізного каркасу металами та сплавами; динамічним гарячим пресуванням; гарячою штамповкою; ізостатичним гарячим пресуванням; екструзією.*

*Термічна та хіміко-термічна обробка виробів із спечених конструкційних матеріалів.*

*Конструкційні матеріали спеціального призначення (жароміцні, жаростійкі, корозійностійкі та інші). Технологія одержання спечених жароміцних матеріалів на основі нікелю, кобальту,*



## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

хрому, молібдену та вольфраму. Технологія виготовлення конструкційних матеріалів на основі спечених твердих сплавів, тугоплавких безкисневих сполук та керметів.

### **Тема 5.3 Спечені матеріали електротехнічного призначення**

**Заняття 16 – Спечені контактні матеріали.** Контактні матеріали для розривних та контактів ковзання. Умови роботи контактних матеріалів. Фізикохімічні явища, що супроводжують роботу контактів. Технологічні варіанти виготовлення матеріалів контактів.

**Спечені магнітом'які та магніто-твердих матеріали.** Класифікація, властивості та призначення спечених магнітних матеріалів. Технологія виготовлення магнітних матеріалів.

### **Тема 5.4 Тугоплавкі безкисневі сполуки та матеріали за їх участю**

**Заняття 17 – Класифікація, властивості та призначення тугоплавких сполук.** Технологія виготовлення деталей із тугоплавких сполук: пресуванням та спіканням; гарячим пресуванням; ізостатичним гарячим пресуванням. Закономірності процесів та технологія. Технологія та обладнання отримання виробів з твердих тугоплавких сполук гарячим литвом термопластичних шлікерів та спіканням, інжекційним пресуванням.

**Заняття 18 – Спечені тверді сплави та надтверді матеріали.** Спечені тверді сплави. Класифікація спечених твердих сплавів. Спечені тверді сплави на основі карбідів вольфраму, карбідів титану та хрому, карбонітриду титану, боридів титану, хрому. Технологія та обладнання отримання виробів з твердих сплавів.

Технологічні варіанти одержання виробів із твердих сплавів та надтвердих матеріалів.

Технологічні варіанти одержання виробів із твердих сплавів та надтвердих матеріалів.

## **5.2 Лабораторні заняття**

Основні завдання циклу лабораторних занять наступні:

- Вивчення властивостей порошоків. Ознайомлення з методикою визначення властивостей порошоків та набуття практичних навичок при їх визначенні.
- Вивчення методів одержання порошоків. Ознайомлення з теоретичними, технологічними основами методів одержання порошоків та обладнання. Набуття практичних навичок.
- Вивчення закономірностей ущільнення порошоків різними методами.
- Ознайомлення з обладнанням та набуття практичних навичок формування порошоків виробів.
- Вивчення закономірностей процесів спікання порошоків виробів.
- Ознайомлення з обладнанням та набуття практичних навичок спікання порошоків виробів.
- Вивчення закономірностей процесів отримання порошоків виробів.
- Ознайомлення з обладнанням та набуття практичних навичок пресування та спікання порошоків виробів.

### **Перелік лабораторних робіт**

Лабораторна робота №1. Визначення фізичних та технологічних властивостей порошоків (2 год.)

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

*Лабораторна робота №2. Дослідження процесу одержання порошків металів та сплавів механічним подрібненням у млинах (кульовому вібраційному, планетарному) (4 год.)*

*Лабораторна робота №3. Дослідження умов одержання порошків металів та сплавів відновленням оксидів та солей металів (2 год.)*

*Лабораторна робота №5. Дослідження процесу пресування порошкових матеріалів (2 год.)*

*Лабораторна робота №6. Вивчення процесу формування структури та властивостей порошкових виробів при спіканні у твердій фазі та у присутності рідкої фази (2 год.)*

*Лабораторна робота №7. Вивчення закономірностей отримання порошкових виробів (конструкційних, тріботехнічних, інструментальних) та вивчення їх властивостей (4 год.)*

**Залік (2 год).**

### 6. Самостійна робота студентів

*Самостійна робота студентів полягає у вивченні окремих розділів дисципліни, виконанні домашніх завдань по набуттю навичок з вибору та розрахунків оптимальних технологічних параметрів процесів отримання порошків, їх формування та спікання, підготовці до виконання лабораторних робіт та обробці (обговорення) експериментальних даних, отриманих під час їх виконання.*

*Самостійна робота студентів (загальним об'ємом 66 годин) полягає в:*

- *самостійному і глибшому вивченні окремих розділів дисципліни (34 год);*
- *підготовці до виконання лабораторних робіт, обробці та обговоренні отриманих результатів, написання висновків (18 год);*
- *підготовці до модульної контрольної роботи (8 год) (Додаток А);*
- *підготовці до семестрової атестації – заліку (6 год) (Додаток Б).*

## 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.*
  - *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*

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і захищаються не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

▪ 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 8 тижні.

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

**Семестровий контроль:** залік

#### 8.2. Критерії нарахування балів

**Поточний контроль.**

За семестр з дисципліни студент може максимально отримати 100 балів.

Виконання і захист звітів з **лабораторних робіт** максимально складає 72 бали, відповідно:

- Виконання і захист однієї роботи з глибоким розкриттям фізико-хімічної сутності процесів, що вивчались – 10–12 балів;
- Активне виконання роботи, опанування матеріалу – 7–9 балів;
- Виконання завдання лабораторної роботи – 3–6 балів;
- Підготовлено протокол лабораторної роботи, але роботу не виконано – 0–2 балів.

Штрафні бали нараховуються за несвоєчасне виконання та захист звітів з лабораторних робіт – 4 бали.

**Модульна контрольна робота** оцінюється максимально у 28 балів, відповідно:

- Повна відповідь – 19–28 балів;
- Не повна відповідь – 10–18 балів;
- Робота має значну кількість грубих помилок – 1-9
- Незадовільна відповідь – 0 балів.

**Календарний контроль**

Позитивним вважається оцінка яка складає 50% від максимальної.

Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №1, №2, №3 та МКР.

Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №4–№6.

**Семестровий контроль**

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

Умовою допуску до семестрового контролю – заліку – є семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та МКР із таким розподілом кількості балів за видами робіт:

- Захист звітів з лабораторних робіт не менше 43 балів;
- Модульна контрольна робота не менше 17 балів.

У випадку незгоди із семестровим рейтингом, або якщо здобувач виконав умови допуску, але не отримав необхідну кількість балів, то він має право здавати залікову контрольну роботу, проте при цьому його семестровий рейтинг анулюється.

Залікова контрольна робота проводиться на останньому в семестрі занятті у вигляді усного опитування. ЗКР включає 2 теоретичних питання з тем лекцій, на підготовку відповідей виділяється 1 академічна година. Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою.

Заохочувальні бали надаються додатково за участь у конференціях з тематики дисципліни – 4-6 балів.

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою:

- «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.

Перерахунок рейтингових балів здійснюється за таблицею.

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

За умови отримання незадовільної оцінки студент вважається як такий, що має заборгованість і може її перездавати під час додатковій сесії.

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

*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)

– *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)

– *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. Питання до мадульної контрольної роботи наведені у Додатка А.

3. Питання до семестрового контролю наведено у Додотку Б.

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

#### **Складено:**

проф. каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії,  
к. т. н., проф., Степанчук Анатолій Миколайович

#### **Ухвалено:**

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
(протокол №17 від 26 червня 2024 р.)

#### **Погоджено:**

Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання  
ім. Є. О. Патона (протокол №12/24 від 28 червня 2024 р.)

**Перелік питань до модульної контрольної роботи**

1. Характеристика методів отримання порошків металів та сплавів високого ступеня чистоти.
2. Текучість порошків. Методи визначення. Залежність текучості порошків від різних факторів та методу отримання.
3. Сутність методу отримання порошків електролізом водних розчинів солей.
4. Щільність порошків. Методи визначення щільності порошків. Залежність щільності порошків від методу їх отримання.
5. Дати характеристику методам отримання порошків високого ступеня дисперсності (з розміром частинок меншим за 30 мкм).
6. Насипна щільність порошків. Щільність та об'єм утряски порошків. Методи їх визначення. Практичне значення визначення насипної щільності, щільності та об'єму утряски порошків.
7. Закони та закономірності отримання порошків механічними методами.
8. Розмір частинок та фракційний склад порошків. Методи визначення розміру частинок залежно від їх розміру.
9. Сутність процесів отримання порошків з газової фази.
10. Форма частинок порошків. Методи визначення форми. Залежність форми частинок порошків від методу їх отримання. Вплив форми частинок порошків на інші їх властивості.
11. Дати характеристику електрохімічним методам отримання порошків.
12. Твердість порошків. Методи визначення твердості. Залежність твердості порошків від методу їх отримання.
13. Сутність методів отримання порошків зі сферичною формою частинок.
14. Взаємозв'язок між технологічними та фізичними властивостями порошків.
15. Загальна характеристика отримання порошків механічними методами. Способи подрібнення.
16. Хімічні властивості порошків.
17. Сутність методів отримання порошків металотермічним відновленням.
18. Насипна щільності порошків. Її залежність від їх фізичних властивостей. Методи визначення насипної щільності порошків. Навести приклади методів отримання порошків з малою насипною щільністю.
19. Методи отримання порошків металів та сплавів з розміром частинок меншим за 10-20 мкм.
20. Розкрити сутність процесів, які сприяють інтенсифікації процесів розмелювання матеріалів у присутності рідин або поверхнево-активних речовин.
21. Дати характеристику методам отримання порошків сплавів, які складаються з елементів з малою спорідненістю до кисню. Розкрити сутність процесів сплавоутворення.
22. Твердість порошків. Її залежність від різних чинників. Методи визначення твердості.
23. Дати характеристику кальційгідридному методу отримання порошків сплавів.
24. Розмір частинок та фракційний склад порошків. Методи визначення.
25. Дати характеристику методів отримання порошків безкисневих тугоплавких сполук (карбідів, боридів, нітридів) синтезом з елементів.

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

26. Пікнометрична щільність порошків. Її залежність від різних чинників. Методи визначення щільності.
27. Дати загальну характеристику методам отримання порошків тугоплавких сполук.
28. Хімічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників.
29. Дати характеристику методам отримання волокон екструзією з розплавів.
30. Технологічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників. Методи визначення.
31. Розкрити сутність методу отримання порошків металів відновленням їх оксидів вуглецем.
32. Насипна щільності порошків. Її залежність від різних чинників. Практичне значення визначення насипної щільності порошків.
33. Дати характеристику методам отримання порошків литих тугоплавких сполук. Розкрити сутність процесів отримання порошків литих тугоплавких карбідів плавкою за допомогою витратних електродів під тиском газу в робочій камері.
34. Технологічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників. Методи визначення технологічних властивостей.
35. Отримання порошків карбонільним методом. Вплив різних чинників на формування властивостей порошків.
36. Текучість порошків. Її залежність від різних чинників.
37. Хлоридний метод отримання порошків металів.
38. Форма частинок порошків. Її залежність від різних чинників. Визначення форми частинок порошків.
39. Отримання порошків металів комбінованим відновленням їх оксидів.
40. Форма частинок порошків. Методи визначення. Розкрити закономірності
41. Характеристика методів отримання порошків металів та сплавів високого ступеня чистоти.
42. Текучість порошків. Методи визначення. Залежність текучості порошків від різних факторів та методу отримання.
43. Сутність методу отримання порошків електролізом водних розчинів солей.
44. Щільність порошків. Методи визначення щільності порошків.
45. Залежність щільності порошків від методу їх отримання.
46. Дати характеристику методам отримання порошків високого ступеня дисперсності (з розміром частинок меншим за 30 мкм).
47. Насипна щільність порошків. Щільність та об'єм утряски порошків. Методи їх визначення. Практичне значення визначення насипної щільності, щільності та об'єму утряски порошків.
48. Закони та закономірності отримання порошків механічними методами.
49. Розмір частинок та фракційний склад порошків. Методи визначення розміру частинок залежно від їх розміру.
50. Сутність процесів отримання порошків з газової фази.
51. Форма частинок порошків. Методи визначення форми. Залежність форми частинок порошків від методу їх отримання. Вплив форми частинок порошків на інші їх властивості.

Питань для семестрового контролю

1. Сутність методу отримання порошків електролізом водних розчинів солей.
2. Щільність порошків. Методи визначення щільності порошків. Залежність щільності порошків від методу їх отримання.
3. Закономірності ущільнення порошків з пластичних матеріалів.
4. Капілярний тиск. Значення капілярного тиску при спіканні.
5. Конструкційні матеріали. Їх характеристика та технологія отримання.
6. Дати характеристику методам отримання порошків високого ступеня дисперсності (з розміром частинок меншим за 30 мкм).
7. Насипна щільність порошків. Щільність та об'єм утряски порошків. Методи їх визначення. Практичне значення визначення насипної щільності, щільності та об'єму утряски порошків.
8. Закономірності ущільнення порошків з крихких матеріалів.
9. Усадка при спіканні. Її різновиди.
10. Фрикційні матеріали. Їх характеристика та технологія отримання.
11. Закони та закономірності отримання порошків механічними методами.
12. Розмір частинок та фракційний склад порошків. Методи визначення розміру частинок залежно від їх розміру.
13. Підготовка порошків до пресування.
14. Закономірності спікання багатокомпонентних систем.
15. Сутність процесів самозмащування антифрикційних порошкових матеріалів.
16. Сутність процесів отримання порошків з газової фази.
17. Форма частинок порошків. Методи визначення форми. Залежність форми частинок порошків від методу їх отримання. Вплив форми частинок порошків на інші їх властивості.
18. Сутність гідростатичного пресування.
19. Явище росту виробів (від'ємна усадка) при спіканні багатокомпонентних систем.
20. Характеристика компонентів, які входять до складу фрикційних порошкових матеріалів.
21. Дати характеристику електрохімічним методам отримання порошків.
22. Твердість порошків. Методи визначення твердості. Залежність твердості порошків від методу їх отримання.
23. Сутність методу пресування порошкових прокаткою.
24. Характеристика механізмів спікання порошкових виробів у присутності рідкої фази.
25. Технологія виготовлення тяжко навантажених конструкційних порошкових виробів.
26. Сутність методів отримання порошків зі сферичною формою частинок.
27. Взаємозв'язок між технологічними та фізичними властивостями порошків.
28. Формування виробів екструзією (мундштучним пресуванням).
29. Спікання просочуванням.
30. Загальна технологічна схема отримання виробів методом порошкової металургії.
31. Загальна характеристика отримання порошків механічними методами. Способи подрібнення.
32. Хімічні властивості порошків.
33. Сутність методу формування шлікерним литвом.
34. Спікання гарячим пресуванням.



## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

35. Тверді сплави. Їх характеристика.
36. Сутність методів отримання порошків металотермічним відновленням.
37. Насипна щільності порошків. Її залежність від їх фізичних властивостей. Методи визначення насипної щільності порошків. Навести приклади методів отримання порошків з малою насипною щільністю.
38. Сутність вібраційного методу формування порошкових виробів.
39. Сутність спікання порошкових виробів за механізмом в'язкої течії.
40. Розвернута технологічна схема отримання порошкових виробів.
41. Методи отримання порошків металів та сплавів з розміром частинок меншим за 10-20 мкм.
42. Розкрити сутність процесів, які сприяють інтенсифікації процесів розмелювання матеріалів у присутності рідин або поверхнево-активних речовин.
43. Явище пружної післядії при пресуванні порошкових виробів. Його сутність.
44. Різновиди спікання порошкових виробів.
45. Сутність самозмащування порошкових антифрикційних виробів.
46. Дати характеристику методам отримання порошків сплавів, які складаються з елементів з малою спорідненістю до кисню. Розкрити сутність процесів сплавоутворення.
47. Твердість порошків. Її залежність від різних чинників. Методи визначення твердості.
48. Сутність високошвидкісних (імпульсних) методів формування порошкових виробів.
49. Закономірності спікання багатокомпонентних систем.
50. Класифікація твердих сплавів. Загальна технологічна схема їх виготовлення.
51. Дати характеристику кальційгідридному методу отримання порошків сплавів.
52. Розмір частинок та фракційний склад порошків. Методи визначення.
53. Сутність явища контактного плавління при високошвидкісному (імпульсному) пресуванні.
54. Сутність механізму об'ємної самодифузії, який супроводжує процес спікання.
55. Класифікація виробів, що отримують методами порошкової металургії.
56. Дати характеристику методів отримання порошків безкисневих тугоплавких сполук (карбідів, боридів, нітридів) синтезом з елементів.
57. Пікнометрична щільність порошків. Її залежність від різних чинників. Методи визначення щільності.
58. Сутність статичного пресування.
59. Поверхневий натяг (поверхнева енергія). Його роль при спіканні порошкових виробів.
60. Загальна технологічна схема отримання тяжконавантажених конструкційних порошкових виробів.
61. Дати загальну характеристику методам отримання порошків тугоплавких сполук.
62. Хімічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників.
63. Загальна характеристика ізостатичних методів формування порошкових виробів.
64. Дія механізмів поверхневої дифузії та перенесення через газову фазу при спіканні порошкових виробів.
65. Високопористі порошкові вироби. Загальна технологічна схема їх виготовлення.
66. Дати характеристику методам отримання волокон екструзією з розплавів.
67. Технологічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників. Методи визначення.
68. Аналітичний опис процесу пресування за М.Ю.Бальшиним. Визначення сталих рівняння.
69. Дія механізму пластичної течії при спіканні порошкових виробів.

## Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів

70. Порошкові фільтри. Загальна технологічна схема їх виготовлення.
71. Розкрити сутність методу отримання порошків металів відновленням їх оксидів вуглецем.
72. Насипна щільності порошків. Її залежність від різних чинників. Практичне значення визначення насипної щільності порошків.
73. Аналітичний опис процесу пресування за допомогою рівняння Куніна та Юрченка. Визначення сталих рівняння.
74. Основні механізми спікання порошкових виробів у твердій фазі.
75. Характеристика матеріалів, які використовуються як мастила при виготовленні антифрикційних порошкових матеріалів.
76. Дати характеристику методам отримання порошків литих тугоплавких сполук. Розкрити сутність процесів отримання порошків литих тугоплавких карбідів плавкою за допомогою витратних електродів під тиском газу в робочій камері.
77. Технологічні властивості порошків. Їх залежність від різних чинників. Методи визначення технологічних властивостей.
78. Аналітичний опис процесів пресування порошкових виробів за допомогою рівняння Г.М.Ждановича. Визначення сталих рівняння.
79. Причини збільшення розмірів (від'ємної усадки) порошкових виробів при їх спіканні.
80. Склад порошкових фрикційних матеріалів. Характеристика компонентів, які збільшують коефіцієнт тертя.
81. Отримання порошків карбонільним методом. Вплив різних чинників на формування властивостей порошків.
82. Текучість порошків. Її залежність від різних чинників.
83. Методи формування порошкових виробів великої довжини.
84. Визначення терміну спікання з термодинамічної та технологічної точки зору.
85. Явище самозмащування порошкових антифрикційних матеріалів. Його сутність.
86. Хлоридний метод отримання порошків металів.
87. Форма частинок порошків. Її залежність від різних чинників. Визначення форми частинок порошків.
88. Рівняння пресування за М. Ю. Бальшиним. Його характеристика та визначення сталих.
89. Різновиди спікання порошкових виробів.
90. Загальна технологічна схема виготовлення порошкових виробів з тугоплавких матеріалів.
91. Отримання порошків металів комбінованим відновленням їх оксидів.
92. Форма частинок порошків. Методи визначення. Розкрити закономірності утворення форми частинок порошків при отриманні їх диспергуванням розплавів.
93. Рівняння пресування за Кініном та Юрченко. Його характеристика та визначення сталих.
94. Спікання композицій з обмеженою розчинністю.
95. Характеристика твердих сплавів.
96. Сутність процесів отримання порошків з газової фази.
97. Форма частинок порошків. Методи визначення форми. Залежність форми частинок порошків від методу їх отримання. Вплив форми частинок порошків на інші їх властивості.
98. Сутність гідростатичного пресування.
99. Явище росту виробів (від'ємна усадка) при спіканні багатокomпонентних систем.