



Обладнання виробництв порошкової металургії

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізитивна навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>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>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/120 годин: лекції – 36 год; практичні заняття – 18 год; самостійна робота студента (СРС) – 66 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович, e-mail: aminitsky@gmail.com Практичні заняття: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну, студенти отримують знання, що стосуються визначення необхідного технологічного обладнання для виготовлення виробів з порошкових матеріалів різного функціонального призначення.

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- Здатність аналізувати та розробляти основні технології виготовлення порошкових виробів та обирати необхідне обладнання для виготовлення порошкових виробів;*
- Здатність розробляти проекти виробничих технологічних процесів виготовлення виробів з сучасних матеріалів традиційними та генеративними методами;*

а також розвиток загальних компетентностей, які полягають у:

Обладнання виробництв ПМ

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових знань у вирішенні дослідницьких і практичних завдань
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Предметом дисципліни є аналіз технології виробництва порошкових матеріалів та вибір обладнання і розрахунок його кількості для забезпечення необхідної якості деталей отриманих методом порошкової металургії.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен знати:

- Принципи проектування нових матеріалів
- Технічні характеристики, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів
- Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення
- Вплив технологічних параметрів методів отримання композитів і покриттів із вихідних порошоків різного ступеня дисперсності на експлуатаційні характеристики виробів

Студент повинен уміти:

- Застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів
- Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них
- Описувати послідовність підготовки виробів та обчислювати економічну ефективність виробництва матеріалів та виробів з них
- Обирати технологію отримання композитів і покриттів із вихідних порошоків різного ступеня дисперсності в залежності від умов експлуатації виробів

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

Дисципліна викладається в сьомому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів. Для успішного освоєння матеріалу потрібні знання з нормативних дисциплін Основи металознавства, Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані, Теорія та технологія процесів консолідації дисперсних матеріалів, Матеріалознавства тугоплавких матеріалів, а також знання з вибіркової дисципліни Сучасні процеси формування композиційних матеріалів.

Дисципліна забезпечує розширення кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів, чим формує набір загальних компетентностей та інтегральну компетентність. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані у виконанні розрахунків та оцінці результатів в дипломних роботах.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Обладнання виробництв порошкової металургії» містить один змістовний модуль: «Обладнання виробництв порошкової металургії»

Розділ 1. Обладнання для одержання порошоків металів механічними методами

Обладнання для одержання порошоків металів та сплавів розпиленням розплавів повітрям, інертними газами, водою у відкритому чи закритому об'ємі, розпилення електроду, який обертається, грануляція рідких металів.

Обладнання для подрібнення крихких матеріалів та губчатого заліза. Конструкції, принцип роботи цокових, валкових, конусних, молоткових дробарок і вальцових млинів, та

Обладнання виробництв ПМ

розрахунок їх потужності. Обладнання для тонкого розмелювання металів, сплавів, тугоплавких сполук. Конструкції, принцип роботи кульових, вібраційних, планетарних, струминних та колоїдних млинів. Конструкції та принцип роботи атриторів, вихрових млинів, дизентиграторів та ультразвукових диспергаторів.

Розділ 2. Обладнання для одержання порошків металів хімічними методами.

Обладнання для одержання порошків металів та сплавів електролізом водних розчинів та розплавів солей. Особливості конструкції електролізерів для одержання високодисперсних порошків та сплавів тугоплавких металів.

Обладнання для отримання порошків методами відновлення. Принцип роботи плазмохімічних реакторів, реакторів для металотермічного відновлення і розкладення – відновлення хімічних сполук, реактори – автоклави, газофазні реактори (випаровувачі – конденсатори). Реактори для нанесення покриттів на частинки порошку методом вакуумної металізації.

Розділ 3. Обладнання для класифікації, дозування та змішування порошків.

Обладнання для класифікації порошків. Повітряні, гідравлічні, магнітні та електричні сепаратори; барабани та грохоти, що коливаються; вібраційні підвісні та стаціонарні сита однодечні та багатодечні, вібраційні столи. Розрахунки потужності обладнання для класифікації порошків.

Обладнання для дозування порошків. Принцип дії та конструкції дозаторів. Дозатори періодичної (порційні) та безперервної дії. Класифікація дозаторів безперервної дії та розрахунок їх продуктивності.

Обладнання для змішування порошків. Обладнання для приготування сумішей порошків. Класифікація змішувачів. Конструкція та принцип роботи змішувачів: конусних, зі зміщеною віссю, шнекових періодичної та безперервної дії, вібраційних, відцентрових, планетарних шнекових; шнекових двохшарових, пропелерних мішалок для замішування порошків на пластифікаторах. Конструкції та принцип роботи грануляторів порошків: барабанних та конусних. Розрахунки потужності устаткування для приготування сумішей, класифікації порошків та грануляції порошків.

Розділ 4. Обладнання та оснастка для пресування та формування виробів із порошків.

Класифікація обладнання для пресування та формування виробів із порошків. Конструкції та принцип роботи кривошипних, кривошипно-ексцентрикових, ротаційних механічних пресів. Конструкції та принцип роботи гідравлічних пресів для холодного та гарячого пресування. Розрахунки гідравлічних пресів. Особливості конструкцій гідравлічних пресів для пресування довгомірних заготовок (штабіки із тугоплавких металів) устаткування для гідростатичного холодного та газостатичного гарячого пресування.

Обладнання для формування виробів методом мундштучного пресування, гарячого литва термопластичних шлікерів, інжекційного формування, відцентрового литва термопластичних шлікерів. Прокатні стани та преси для клинового пресування виробів скошеним пуансоном, в розбірних прес-формах. Преси для допресування та калібрування виробів. Принцип роботи пневматичних молотів. Колекторне пресування довго вимірних виробів.

Розділ 5. Обладнання для спікання та термічної обробки виробів та заготовок із порошків.

Обладнання виробництв ПМ

Класифікація пічного обладнання. Печі періодичної дії. Класифікація та конструкції електричних печей для спікання виробів із порошків в газовому середовищі (водень, дисоційований аміак, природний газ парогазової та повітряної конверсії), муфельні та безмуфельні, конвейєрні, з крокуючим подом періодичної дії.

Електричні печі безперервної дії для спікання виробів із порошків в вакуумному середовищі. Конструкції та принципи роботи печей для спікання виробів під тиском (шахтні періодичної дії та безперервної дії). Конструкції ковпакових печей для спікання виробів із порошків та нанесення зносостійких покриттів із тугоплавких сполук на поверхню сталюого та твердосплавного інструментів. Методики розрахунків потужності нагрівачів електричних печей спікання (графітових, металевих, із тугоплавких сполук).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

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

2. Обладнання виробництв порошкових та композиційних матеріалів. Каталог обладнання : метод. вказівки до практ. занять та викон. курсових і дипломних проєктів для студентів спеціальності "Композиційні та порошкові матеріали, покриття" / А. М. Степанчук, М. О. Сисоєв. – Київ : НТУУ "КПІ", 2009. – 99 с.

3. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук : підручник / А. М. Степанчук. – Київ : НТУУ „КПІ”, 2006. – 353 с.

4. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения : справочник / И. М. Федорченко, И. Н. Францевич, И. Д. Радомысельский [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1985. – 624 с.

Додаткова література

1. Рослик І. Г. Основи порошкової металургії : навч. посіб. / Рослик І. Г., Ковзик А.М., Внуков О. О. – Дніпро : НМетАУ, 2019. – Частина 1. Виробництво порошків. – 50 с.

2. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць : навч. посіб. / А. Ф. Будник. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 212с.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, які знаходяться у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського для глибшого опрацювання рекомендованих викладачем розділів, що відповідають тематиці лекцій та/чи практичних занять. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. Рейтингова система оцінювання. Історія виникнення та розвиток спечених порошкових та композиційних матеріалів конструкційного, триботехнічного, електротехнічного та інструментального призначення.

Обладнання виробництв ПМ

Класифікація та узагальнена технологічна схема одержання спечених порошкових та композиційних матеріалів. (мультимедійна презентація; [1], [1])

Лекція 2. Класифікація устаткування для виробництва порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук. Обладнання для виготовлення порошків механічними методами.

Лекція 3. Обладнання для диспергування. Одержання порошків металів та сплавів розпиленням розплавів повітрям, інертними газами, водою у відкритому чи закритому об'ємі Конструкція розпилювачів розплавів. Принцип дії газоструменевих та рідиноструменевих розпилювачів. Принцип дії відцентрових розпилювачів. Основні схеми розпилювання із застосуванням відцентрових сил. Конструкція апаратів для грануляції рідких металів; ([2], дод. [1])

Лекція 4. Обладнання для подрібнення крихких матеріалів та губчатого заліза. Конструкції, принцип роботи цокових, валкових, конусних, молоткових дробарок і вальцових млинів та розрахунок їх потужності. Обладнання для тонкого розмелювання металів, сплавів, тугоплавких сполук. Конструкції, принцип роботи кульових, вібраційних, планетарних, струминних та колоїдних млинів. Конструкції та принцип роботи атриторів, вихрового апарату та ультразвукового диспергатору; ([1], дод. [1])

Лекція 5. Обладнання для отримання порошків фізико-хімічними методами. Обладнання для одержання порошків металів та сплавів електролізом водних розчинів та розплавів солей. Особливості конструкції електролізерів для одержання високодисперсних порошків та сплавів тугоплавких металів; (дод. [2])

Лекція 6. Обладнання для отримання порошків методами відновлення. Принцип роботи плазмохімічних реакторів, реакторів для металотермічного відновлення і розкладення – відновлення хімічних сполук, реактори – автоклави, газофазні реактори (випаровувачі – конденсатори). Реактори для нанесення покриттів на частинки порошку методом вакуумної металізації; (дод. [2])

Лекція 7. Обладнання для класифікації порошків: повітряні, гідравлічні сепаратори; барабанні та грохоти, що коливаються; вібраційні підвісні та стаціонарні сита однодечні та багатодечні. Розрахунки потужності обладнання для класифікації порошків. Принцип дії та конструкції дозаторів. Дозатори періодичної (порційні) та безперервної дії. Класифікація дозаторів безперервної дії та розрахунок їх продуктивності; ([2,3], дод. [1])

Лекція 8. Обладнання для приготування сумішей порошків. Класифікація змішувачів. Конструкція та принцип роботи змішувачів: конусних, зі зміщеною віссю, шнекових періодичної та безперервної дії, вібраційних, центробіжних, планетарних шнекових; шнекових двохшарових, пропелерних мішалок для змішування порошків на пластифікаторах. Конструкції та принцип роботи грануляторів порошків: барабанних та конусних; ([4], дод. [1])

*Лекція 9. **Проведення тематичної контрольної роботи 2.** Класифікація обладнання для пресування та формування виробів із порошків. Конструкції та принцип роботи кривошипних, кривошипне - колінних, кривошипно-ексцентрикових, ричажних, ротаційних механічних пресів. Конструкції та принцип роботи гідравлічних пресів для холодного та гарячого пресування. Розрахунки гідравлічних пресів. Особливості конструкцій гідравлічних пресів для пресування довгомірних заготовок (штабіки із тугоплавких металів) устаткування для гідростатичного холодного та газостатичного гарячого пресування); ([2], дод. [1])*

Лекція 10. Продовження. Класифікація обладнання для пресування та формування виробів із порошків. Конструкції та принцип роботи кривошипних, кривошипне - колінних, кривошипно-ексцентрикових, ричажних, ротаційних механічних пресів. Конструкції та принцип роботи гідравлічних пресів для холодного та гарячого пресування. Розрахунки гідравлічних пресів. Особливості конструкцій гідравлічних пресів для пресування довгомірних заготовок (штабіки із тугоплавких металів) устаткування для гідростатичного холодного та газостатичного гарячого пресування); ([1], дод. [1])

Обладнання виробництв ПМ

Лекція 11. Обладнання для формування виробів методом мундштучного пресування, гарячого литва термопластичних шлікерів, інжекційного формування, центробіжного литва термопластичних шлікерів. Прокатні стани та преси для клинового пресування виробів скошеним пуансоном, в розбірних пресформах з боковим зажимом. Преси для допресування та калібрування виробів. Методика розрахунків та особливості технології виготовлення оснастки для пресування та формування виробів; ([1])

Лекція 12. Класифікація пічного обладнання. Печі періодичної та безперервної дії. Класифікація та конструкції електричних печей для спікання виробів із порошків в газовому середовищі (водень, дисоційований аміак, природний газ парогазової та повітряної конверсії), муфельні та безмуфельні, конвейєрні, з крокуючим подом безперервної та періодичної дії; (дод. [6], дод. [1], [3])

Лекція 13. Електричні печі безперервної та періодичної дії для спікання виробів із порошків в вакуумному середовищі. Конструкції та принципи роботи печей для спікання виробів під тиском (шахтні періодичної дії та безперервної дії); (дод. [2])

Лекція 14. Конструкції ковпакових печей для спікання виробів із порошків Конструкція печей для спікання порошкових фрикційних дисків під тиском; (дод. [1])

Лекція 15. Конструкції вакуумних печей безперервної дії для спікання виробів (з графітовими та металевими нагрівниками). Методики розрахунків потужності нагрівників електричних печей спікання (графітових, металевих, із тугоплавких сполук); (дод. [1, 2])

Лекція 16. **Проведення тематичної контрольної роботи 2.** Класифікація обладнання для одержання захисних газових середовищ. Конструкції та принцип роботи установок для одержання захисних середовищ із природного газу методом повітряної та парогазової конвесії та дисоціації аміаку; (дод. [1], [3])

Лекція 17. Сушили періодичної та безперервної дії. Принцип дії та конструкція поличної вакуумної сушили, сушили з псевдозрідженим шаром, розпилювальних сушил; (дод. [2])

Лекція 18. **Залік.**

Перелік тем практичних занять

1. Розрахунок добової продуктивності виробництва порошкових виробів (2 години)
2. Розрахунок матеріального балансу при виробництві порошкових виробів(2 години)
3. Розрахунок дозаторів та змішувачів суміші порошків (2 години)
4. Розрахунок продуктивності щоккових та молоткових дробарок (2 години)
5. Розрахунок продуктивності млинів (2 години)
6. Розрахунок продуктивності пресового обладнання (2 години)
7. Розрахунок продуктивності пічного обладнання (2 годин)
8. Розрахунок продуктивності обладнання для калібрування виробів (2 години)
9. Розрахунок допоміжного обладнання (2 години)

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 66 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем – 30 години;
- підготовці до виконання практичних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – 18 годин;
- підготовка до тематичних контрольних робіт – 12 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку 6 годин.

Обладнання виробництв ПМ

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №1, №2, №3 і №4 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №5 і №6 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх практичних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Тематичні контрольні роботи не менше 16 балів
- Захист звітів з практичних робіт не менше 44 балів

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

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

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

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 2 бали.

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)

- Питання до тематичних контрольних робіт та залікової контрольної роботи знаходяться у Додатку.
- Рекомендовано застосовувати результати навчання під час виконання дипломних проєктів (робіт), пов'язаних із розробкою технологічних схем для отримання порошкових виробів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Обладнання виробництв ПМ

Складено: доцент каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.т.н., доцент,
Мініцький Анатолій Вячеславович

Ухвалено: кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії
(протокол № 21 від 08 липня 2022 р.).

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

Питання для тематичних контрольних робіт та залікової контрольної роботи з дисципліни «Обладнання виробництв порошкової металургії»

1. Класифікація основного та допоміжного устаткування для виготовлення виробів методом порошкової металургії.
2. Обладнання для виготовлення порошків механічними методами.
3. Обладнання для диспергування. Суть процесу диспергування.
4. Конструкція розпилювачів розплавів.
5. Принцип дії газоструменевих та рідиноструменевих розпилювачів.
6. Основні схеми розпилювання із застосуванням відцентрових сил.
7. Конструкція обладнання для грануляції рідких металів.
8. Класифікація обладнання для подрібнення матеріалів.
9. Конструкція та принцип роботи щоккових дробарок.
10. Конструкція та принцип роботи валкових та конусних дробарок.
11. Конструкція та принцип роботи молоткових дробарок і вальцових млинів.
12. Конструкція та принцип роботи кульових млинів, основні параметри.
13. Конструкція та принцип роботи вібраційних млинів.
14. Конструкція та принцип роботи планетарних млинів.
15. Конструкція та принцип роботи атриторів.
16. Конструкція та принцип роботи струминних та вихрових млинів.
17. Конструкція та принцип роботи колоїдних млинів.
18. Конструкція та принцип роботи ультразвукового диспергатору.
19. Обладнання для одержання порошків металів та сплавів електролізом водних розчинів.
20. Конструкція та принцип роботи електролізерів з катодом, що обертається.
21. Електролізери для електролізу розплавів.
22. Установка для вакуум-термічного очищення катодних осадів.
23. Конструкція та принцип роботи плазмохімічних реакторів.
24. Конструкція та принцип роботи реакторів для метало термічного відновлення.
25. Конструкція та принцип роботи реакторів розкладення – відновлення хімічних сполук.
26. Конструкція та принцип роботи реакторів – автоклавів.
27. Конструкція та принцип роботи газофазних реакторів.
28. Конструкція та принцип роботи реакторів для нанесення покриттів на частинки порошку методом вакуумної металізації.
29. Обладнання для механічної класифікації порошків (сита і вібросепаратори).
30. Конструкції та принцип роботи грохотів.
31. Конструкція та принцип роботи вібраційних столів.
32. Конструкції та принцип роботи пневматичних сепараторів.
33. Конструкція та принцип роботи гідравлічних сепараторів.
34. Конструкція та принцип роботи електричних сепараторів.
35. Конструкція та принцип роботи магнітних сепараторів.
36. Конструкція та застосування барабанних змішувачів періодичної дії.
37. Конструкція та застосування шнекових змішувачів періодичної дії.
38. Конструкція та застосування відцентрових змішувачів періодичної дії.
39. Конструкція та застосування вібраційного змішувача безперервної дії.
40. Конструкція та застосування магнітно-механічного змішувача безперервної дії.
41. Конструкція та принцип роботи сушил періодичної дії.
42. Конструкція та принцип роботи сушил безперервної дії.

Обладнання виробництв ПМ

- 43. Конструкція та принцип роботи дистиляторів.*
- 44. Класифікація та принцип роботи дозаторів.*
- 45. Класифікація пресового обладнання.*
- 46. Конструкція та принцип роботи механічних кривошипних та кривошипних-колінчастих пресів.*
- 47. Конструкція та принцип роботи кулачкових та фрикційних гвинтових пресів.*
- 48. Принцип роботи гідравлічних пресів.*
- 49. Класифікація пічного обладнання.*
- 50. Основні характеристики пічного обладнання.*