



Технологія виробництв наноструктурованих 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>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович, mail:aminitsky@gmail.com Лабораторне 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 вивчення технологічних процесів виготовлення наноструктурних матеріалів різного функціонального призначення. Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- Здатність вибирати методи досліджень, розрахунків і конструювання композитів і покриттів із вихідних порошків різного ступеня дисперсності;*
- Здатність розробляти проекти виробничих технологічних процесів виготовлення виробів з сучасних матеріалів традиційними та генеративними методами;*

а також розвиток загальних компетентностей, які полягають у:

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

Предметом дисципліни є аналіз та вибір технології для виробництва наноструктурних матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен знати:

- Типові технології виробництва та обробки матеріалів і виробів з них*

- Принципи проектування нових матеріалів
- Вплив технологічних параметрів методів отримання композитів і покриттів із вихідних порошків різного ступеня дисперсності на експлуатаційні характеристики виробів

Студент повинен уміти:

- Кваліфіковано обрати матеріали для виробів різного призначення на підставі знань впливу на структуру і властивості матеріалів методів модифікації
- Застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів
- Описувати послідовність підготовки виробів та обчислювати економічну ефективність виробництва матеріалів та виробів з них
- Обирати технологію отримання композитів і покриттів із вихідних порошків 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 шостому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів.

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна – «Технологія виробництв наноструктурованих матеріалів» містить один змістовний модуль: «Технологія виробництв наноструктурованих матеріалів»

Розділ 1. Класифікація наноструктурних матеріалів за функціональним призначенням.

Основні підходи для створення наноструктурних матеріалів. Значення наноструктурних матеріалів конструкційного, електротехнічного, триботехнічного, інструментального та спеціального призначення в сучасному виробництві. Тенденції розвитку наноструктурних матеріалів. Класифікація наноструктурних об'єктів за їх функціональним призначенням та методів отримання.

Розділ 2. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом газофазного синтезу.

Закономірності утворення наночастинок методом газофазного синтезу. Основні етапи проходження газофазного синтезу. Методи газофазного синтезу (методи фізичного осадження з газової фази та методи хімічного осадження з газової фази).

Розділ 3. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом хімічного синтезу.

Основні процеси при хімічному синтезі наночастинок. Методи хімічного синтезу (хімічне диспергування вихідних речовин, хімічна конденсація із рідкої фази).

Розділ 4. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом механосинтезу.

Процеси, що відбуваються при механосинтезі. Складові механосинтезу (механоактивація та механічне сплавлення).

Розділ 5. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу.

Ультразвукове диспергування. Умови виникнення кавітації. Залежність порога кавітації від частоти ультразвуку.

Розділ 6. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції.

Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги. Структура інтеркальованого графіту та пінографіту. Основні технології інтеркаляції. Формування властивостей пінографіту. Інтеркальовані наноккомпозити.

Розділ 7. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом контрольованої кристалізації із аморфного стану.

Методи отримання аморфних сплавів. Умови формування аморфного стану. Технологія створення сплаву Finemet. Магнітні властивості сплаву Finemet.

Розділ 8. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом компактування.

Класифікація методів компактування нанооб'єктів. Умови консолідації наночастинок із збереженням наноструктурного стану.

Розділ 9. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом інтенсивної пластичної деформації.

Технології інтенсивної пластичної деформації. Вимоги до методів інтенсивної пластичної деформації. Стадії формування наноструктур при інтенсивній пластичній деформації.

Розділ 10. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом спікання.

Процеси спікання наночастинок, умови спікання нанопорошків. Механізми дифузії при спіканні нанопорошків. Основні методи спікання (контрольоване спікання, спікання під тиском, мікрохвильове спікання, плазмоіскрове спікання, спікання під одноосьовим тиском, високотемпературна газова екструзія).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

- 1. Куцова В.З. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах / В.З. Куцова, Т.В. Котова, Т.А. Аюпова – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.*
- 2. Азаренков Н.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов : Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.А. Азаренков, А.А. Веревкин, Г.П. Ковтун. – Харьков, 2009.*
- 3. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учебное пособие для студ. Высш. учебн. заведений / Р.А.Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.– 192 с.*
- 4. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси. – М. : Бином:Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.*
- 5. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства / А.И. Гусев - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 198 с.*

Додаткова література

- 1. Ковтун Г.П. Наноматериалы: технологии и материаловедение: Обзор. / Г.П. Ковтун, А.А. Веревкин – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 73 с.*
- 2. Рудской А.И. Нанотехнологии в металлургии / А.И. Рудской – СПб.: Наука, 2007. – 186 с.*
- 3. Валиев Р. З. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства : учеб. / Р. З. Валиев, И. В. Александров. М. : Академкнига, 2007. - 398 с.*
- 4. Михайлов М.Д. Химические методы получения наночастиц и наноматериалов / М.Д. Михайлов. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2012. – 259 с.*
- 5. Шевченко А.Б. Нанорозмірні ефекти у ферромагнітних та сегнетоелектричних матеріалах / А.Б. Шевченко, Г.Г. Влайков, М.Ю. Барабаш, А.В. Мініцький. – К.: ІМФ НАНУ, 2014. – 216 с.*

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. Основні підходи для створення наноструктурних матеріалів. Значення наноструктурних матеріалів конструкційного, електротехнічного, триботехнічного, інструментального та спеціального призначення в сучасному виробництві. (мультимедійна презентація; [1])

Лекція 2. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом газофазного синтезу. Закономірності утворення наночастинок методом газофазного синтезу. Основні етапи проходження газофазного синтезу. (мультимедійна презентація [1], [4])

Лекція 3. Методи газофазного синтезу (методи фізичного осадження з газової фази та методи хімічного осадження з газової фази); (мультимедійна презентація [1], [4])

Лекція 4. Процеси хімічного осадження із газової фази. Основні етапи осадження із газової фази.; (мультимедійна презентація [1],[4],)

Лекція 5. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом хімічного синтезу. Основні процеси при хімічному синтезі наночастинок. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])

Лекція 6. Методи хімічного синтезу (хімічне диспергування вихідних речовин, хімічна конденсація із рідкої фази). (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])

Лекція 7. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом механосинтезу. Процеси, що відбуваються при механосинтезі. Складові механосинтезу (механоактивація та механічне сплавлення). Закономірності формування наноструктури при розмелі (залежність рівня внутрішніх напружень від температури плавлення матеріалу, залежність мінімального розміру зерен від температури плавлення матеріалу); мультимедійна презентація [1], [2], дод. [1])

Лекція 8. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу. Ультразвукове диспергування. Умови виникнення кавітації. Залежність порога кавітації від частоти ультразвуку. Ефект порушення симетричності колапсу кавітаційної бульбашки поблизу кордону розділу фаз рідина - тверде тіло; (мультимедійна презентація [1], [2])

Лекція 9. Проведення тематичної контрольної роботи. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції. Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги. Структура інтеркальованого графіту та пінографіту. Основні технології інтеркаляції. Інтеркальовані наноконполіти; (мультимедійна презентація [4], [5])

Лекція 10. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом контрольованої кристалізації із аморфного стану. Методи отримання аморфних сплавів; (мультимедійна презентація [3], [4], дод. [5])

Лекція 11. Методи підвищення аморфізації (здатність до склоутворення). Умови аморфізації. Технологія та обладнання створення магнітного сплаву Finemet. Магнітні властивості сплаву Finemet.; (мультимедійна презентація [3], [4])

Лекція 12. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом компактування. Класифікація методів компактування нанооб'єктів; (мультимедійна презентація [5], дод. [2])

Лекція 13. Вплив розміру частинок на процес ущільнення нанопорошків. Вплив агломерування порошку на ущільнення; (мультимедійна презентація [3], [4])

Лекція 14. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом інтенсивної пластичної деформації. Технології інтенсивної пластичної деформації; (мультимедійна презентація [3], дод. [3])

Лекція 15. Вимоги до методів інтенсивної пластичної деформації. Стадії формування наноструктур при інтенсивній пластичній деформації. Розподілення напружень при інтенсивній пластичній деформації. Механічні властивості наноструктурних матеріалів після інтенсивної пластичної деформації.; (мультимедійна презентація [3] дод. [3])

Лекція 16. Технологія отримання наноструктурних матеріалів методом спікання. Особливості процесів консолідації наночастинок; (мультимедійна презентація [1])

Лекція 17. Умови спікання нанопорошків та формування наноструктури матеріалу. Механізми дифузії при спіканні нанопорошків; (мультимедійна презентація [1], [5], дод. [1])

Лекція 18. Проведення тематичної контрольної роботи. Основні методи спікання (контрольоване спікання, спікання під тиском, мікрохвильове спікання, плазмоіскрове спікання, спікання під одноосьовим тиском, високотемпературна газова екструзія).; (мультимедійна презентація [1], [5], дод. [1])

Перелік тем лабораторних занять

- 1. Вивчення властивостей наноструктурних матеріалів отриманих методом інтенсивної пластичної деформації (4 години)*
- 2. Дослідження напружено-деформованого стану матеріалів після інтенсивної пластичної деформації (4 години)*
- 3. Вивчення процесу отримання наноструктурних матеріалів методом фізичної конденсації (4 години)*
- 4. Вивчення процесу магнетронного розпилення на постійному струмі (4 години)*
- 5. Дослідження структури наноструктурних матеріалів отриманих методом фізичної конденсації (4 години)*
- 6. Вивчення процесу отримання наноструктурних керамічних матеріалів методом електророзрядного спікання (4 години)*
- 7. Дослідження діелектричної проникності наноструктурних матеріалів (4 години)*

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 56 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих експериментальних методів отримання конструкційних, інструментальних та електротехнічних наноструктурних матеріалів (20 годин);*
- підготовці до виконання лабораторних занять аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1 година на 1 годину виконання практичних занять (18 годин)*
- підготовка до тематичних контрольних робіт (12 годин)*
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Завдання пропущеного практичного заняття 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 практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.*
- Результати виконаних практичних та лабораторних занять оформлюються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами,*

графіками, копіями екрану – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної чи змішаної форми навчання звіт оформлюється засобами googledocs, після чого надається доступ для редагування для викладача. За звичайної аудиторної форми навчання звіт виконується в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.

- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Звіти з практичних занять виконуються і подаються на перевірку 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)

Поточний контроль:

- Захист звітів з лабораторних всього максимально 70 балів, відповідно:
 - Лабораторна робота 1 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 2 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 3 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 4 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 5 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 6 максимум 10 бали
 - Лабораторна робота 7 максимум 10 бали
 -
- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді контрольної роботи з двох питань на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожну роботу 15 балів (8 балів – перше питання та 7 балів – друге питання), всього складає 30 балів за семестр.

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

Семестровий контроль: залік.

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

- Тематичні контрольні роботи не менше 18 балів
- Захист звітів з лабораторних робіт не менше 42 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» РСО (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 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)

- Рекомендовано застосовувати результати навчання під час виконання дипломних проєктів (робіт), пов'язаних із розробкою технологічних схем для отримання наноструктурних виробів.
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

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

Ухвалено:

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

(протокол № від вересня 2021 р.)

Погоджено:

Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона

(протокол № від вересня 2021 р.)

ДОДАТОК А
Завдання на семестровий контроль
з дисципліни «Технологія виробництва наноструктурованих матеріалів»

1. *Технології отримання нанооб'єктів за принципом “знизу – вверху”*
2. *Технології отримання нанооб'єктів за принципом “зверху – вниз”*
3. *Технології отримання наночастинок*
4. *Технології отримання наноплівки*
5. *Технології отримання об'ємних наноматеріалів*
6. *Технології газофазного синтезу. Основні етапи проходження ГФС.*
7. *Закономірності утворення наночастинок методом газофазного синтезу.*
8. *Методи фізичного осадження із газової фази*
9. *Класифікація установок для фізичного осадження із газової фази*
10. *Суть процесів хімічного осадження із газової фази*
11. *Вихідні речовини для хімічного осадження із газової фази. Способи активації хімічних реакцій*
12. *Основні етапи процесів хімічного осадження із газової фази.*
13. *Основні елементи установок для хімічного осадження із газової фази.*
14. *Основні методи для хімічного осадження із газової фази.*
15. *Типи реакторів для хімічного осадження із газової фази.*
16. *Метод плазмохімічного осадження.*
17. *Основні методи та процеси при хімічному синтезі наночастинок.*
18. *Хімічне диспергування вихідних речовин.*
19. *Особливості технології термолізу.*
20. *Термічне розкладання полімерних елементо- і металоорганічних прекурсорів (піроліз).*
21. *Хімічна конденсація із рідкої фази.*
22. *Гідрохімічне осадження осаджувачем.*
23. *Способи проходження реакцій при хімічному осадженні.*
24. *Хімічне осадження реакціями в рідкій фазі.*
25. *Золь – гель технологія. Основні стадії золь - гель технології.*
26. *Процеси при механосинтезі отримання нанопорошків.*
27. *Види розмелу. Переваги при механосинтезі.*
28. *Отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу.*
29. *Суть процесу ультразвукового диспергування.*
30. *Основні фази та параметри кавітації, умови виникнення.*
31. *Обладнання, що застосовується для кавітації при отриманні наночастинок.*
32. *Отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції.*
33. *Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги.*
34. *Умови процесу інтеркаляції.*
35. *Основні технології інтеркаляції.*
36. *Методи отримання матрично-пористих нанокомпозитів.*
37. *Методи отримання аморфних сплавів.*
38. *Методи підвищення аморфізації.*
39. *Отримання аморфних металів. Умови аморфізації.*
40. *Отримання аморфного стану з твердого кристалічного.*

41. Способи компактування нанопорошків.
42. Статичне пресування нанопорошків.
43. Гаряче пресування нанопорошків.
44. Ізостатичне пресування нанопорошків.
45. Динамічне пресування нанопорошків.
46. Технологія магнітно-імпульсного пресування.
47. Технологія ультразвукового пресування нанопорошків.
48. Колекторне пресування нанопорошків.
49. Пресування нанокристалічних матеріалів методом Глейтера.
50. Технології інтенсивної пластичної деформації.
51. Вимоги до методів інтенсивної пластичної деформації.
52. Переваги та недоліки технологій інтенсивної пластичної деформації.