



Обладнання для нанотехнологій

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, Міницький Анатолій Вячеславович, mail:aminitsky@gmail.com Практичне заняття: д.т.н., доцент, Міницький 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 принципів роботи та конструкції обладнання для виготовлення наноструктурних матеріалів.

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:

- Принципи проектування нових матеріалів*
- Технічні характеристики, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів*

- Вплив технологічних параметрів методів отримання композитів і покриттів із вихідних порошків 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

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 – «Обладнання для нанотехнологій» містить один змістовний модуль: «Обладнання для нанотехнологій»

Розділ 1. Класифікація обладнання для отримання наноструктурних матеріалів.

Класифікація обладнання для створення наноструктурних матеріалів. Обладнання для хімічних та фізичних методів отримання наноструктурних матеріалів.

Розділ 2. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом газозфазного синтезу.

Основні етапи проходження газозфазного синтезу. Обладнання для газозфазного синтезу (методи фізичного осадження з газової фази та методи хімічного осадження з газової фази).

Розділ 3. Обладнання для отримання наноструктурних матеріалів методом хімічного синтезу.

Обладнання для хімічного синтезу (хімічне диспергування вихідних речовин, хімічна конденсація із рідкої фази). Конструкції та принцип роботи хімічних реакторів.

Розділ 4. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом механосинтезу.

Основні процеси, що відбуваються при механосинтезі. Обладнання для механоактивації та механічного сплавлення. Схеми та конструкції млинів для механосинтезу.

Розділ 5. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу..

Обладнання для ультразвукового диспергування. Установки для сонохімічного синтезу наночастинок (кавітатори та ультразвукові диспергатори).

Розділ 6. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції.

Обладнання для отримання пінографіту та графітової фольги.

Розділ 7. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом контрольованої кристалізації із аморфного стану.

Обладнання для отримання аморфних сплавів (високошвидкісне іонно-плазмове і термічне напилення матеріалу на підкладку, що охолоджується рідким азотом, хімічне або електролітичне осадження іонів металів на підкладку, оплавлення тонких поверхневих шарів лазерним або електронним променем, гартування із рідкого стану(спинінгування)).

Розділ 8. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом компактування.

Обладнання для компактування нанооб'єктів (квазіізостатичне пресування нанопорошків через еластичну оболонку, квазігідростатичне пресування, пресування нанопорошків екструзією, динамічне пресування нанопорошків, вибухове пресування, магнітно-імпульсне пресування, ультразвукового пресування, колекторне пресування нанопорошків).

Розділ 9. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом інтенсивної пластичної деформації.

Технології інтенсивної пластичної деформації. Основні схеми та обладнання для інтенсивної пластичної деформації.

Розділ 10. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом спікання.

Обладнання та принципи роботи установок для спікання наночастинок, включаючи спікання під тиском, мікрохвильове спікання, іскро-плазмове спікання, спікання під одноосьовим тиском.

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 феромагнітних 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. Класифікація обладнання для отримання наноструктурних матеріалів. (мультимедійна презентація; [1])*
- Лекція 2. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом газофазного синтезу. Основні установки для газофазного синтезу. (мультимедійна презентація [1], [4])*
- Лекція 3. Принцип роботи обладнання для газофазного синтезу (методи фізичного осадження з газової фази та методи хімічного осадження з газової фази); (мультимедійна презентація [1], [4])*
- Лекція 4. Класифікація установок для фізичного осадження із газової фази. Основні елементи установок для хімічного осадження із газової фази.; (мультимедійна презентація [1],[4],)*
- Лекція 5. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом хімічного синтезу. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])*
- Лекція 6. Установки для хімічного синтезу (хімічне диспергування вихідних речовин, хімічна конденсація із рідкої фази). Конструкції хімічних реакторів. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])*
- Лекція 7. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом механосинтезу. Установки для механосинтезу (механоактивація та механічне сплавлення). Схеми та конструкції млинів для механосинтезу; мультимедійна презентація [1], [2], дод. [1])*
- Лекція 8. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу. Установки для сонохімічного синтезу наночастинок (кавітатори та ультразвукові диспергатори); (мультимедійна презентація [1], [2])*
- Лекція 9. Проведення тематичної контрольної роботи. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції. Методи та обладнання отримання матрично-пористих нанокомпозитів; (мультимедійна презентація [4], [5])*
- Лекція 10. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом контрольованої кристалізації із аморфного стану. Установки для отримання аморфних сплавів; (мультимедійна презентація [3], [4], дод. [5])*
- Лекція 11. Обладнання для створення магнітного сплаву Finemet; (мультимедійна презентація [3], [4])*
- Лекція 12. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом компактування. Класифікація обладнання для компактування нанооб'єктів; (мультимедійна презентація [5], дод. [2])*
- Лекція 13. Принцип роботи обладнання для компактування наночастинок; (мультимедійна презентація [3], [4])*

Лекція 14. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом інтенсивної пластичної деформації. (мультимедійна презентація [3], дод. [3])

Лекція 15. Принцип роботи установок для інтенсивної пластичної деформації (гвинтова екструзія, пресування крученням, рівно канальне кутове пресування); (мультимедійна презентація [3] дод. [3])

Лекція 16. Основні схеми та обладнання для інтенсивної пластичної деформації; (мультимедійна презентація дод. [3])

Лекція 17. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом спікання. Процеси спікання наночастинок, умови спікання нанопорошків. Обладнання для спікання нанооб'єктів; (мультимедійна презентація [1], [5], дод. [1])

Лекція 18. Проведення тематичної контрольної роботи. Принцип роботи обладнання для 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 практичних занять

- 1. Розрахунок добової продуктивності виробництва наноструктурних виробів (4 години)*
- 2. Розрахунок матеріального балансу при виробництві наноструктурних виробів(4 години)*
- 3. Розрахунок продуктивності планетарних млинів (2 години)*
- 4. Розрахунок продуктивності колоїдних млинів (2 години)*
- 5. Розрахунок продуктивності установки для осадження наночастинок із газової фази (2 години)*
- 6. Розрахунок продуктивності пресового обладнання (4 години)*
- 7. Розрахунок продуктивності обладнання для інтенсивної пластичної деформації (4 години)*
- 8. Розрахунок продуктивності обладнання для іскро-плазмового-спікання (4 години)*
- 9. Розрахунок допоміжного обладнання (2 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 розрахунків продуктивності обладнання для отримання виробів із наноструктурних матеріалів (20 годин);*
- підготовці до виконання практичних 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 практичних всього максимально 72 балів, відповідно:
 - Практика 1 максимум 8 бали
 - Практика 2 максимум 8 бали
 - Практика 3 максимум 8 бали
 - Практика 4 максимум 8 бали
 - Практика 5 максимум 8 бали
 - Практика 6 максимум 8 бали
 - Практика 7 максимум 8 бали
 - Практика 8 максимум 8 бали
 - Практика 9 максимум 8 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 14 балів (7 балів – перше питання та 7 балів – друге питання), всього складає 28 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 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 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 принципів 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 «Обладнання для нанотехнологій»

1. *Класифікація обладнання для отримання наноструктурних матеріалів*
2. *Обладнання для отримання нанооб'єктів*
3. *Обладнання для отримання наночастинок*
4. *Обладнання для отримання наноплівки*
5. *Обладнання для отримання об'ємних наноматеріалів*
6. *Обладнання для газофазного синтезу.*
7. *Процеси фізичного осадження із газової фази*
8. *Класифікація установок для фізичного осадження із газової фази*
9. *Суть процесів хімічного осадження із газової фази*
10. *Вихідні речовини для хімічного осадження із газової фази. Основні етапи процесів хімічного осадження із газової фази.*
11. *Основні елементи установок для хімічного осадження із газової фази.*
12. *Основні методи для хімічного осадження із газової фази.*
13. *Типи реакторів для хімічного осадження із газової фази.*
14. *Метод плазмохімічного осадження.*
15. *Основні методи та процеси при хімічному синтезі наночастинок.*
16. *Установки для хімічного диспергування вихідних речовин.*
17. *Обладнання для хімічної конденсації із рідкої фази.*
18. *Обладнання для гідрохімічного осадження осаджувачем.*
19. *Обладнання для хімічного осадження реакціями в рідкій фазі.*
20. *Обладнання для золь – гель технології.*
21. *Обладнання для механосинтезу отримання нанопорошків.*
22. *Види розмелу. Переваги при механосинтезі.*
23. *Отримання наноструктурних матеріалів методом сонохімічного синтезу.*
24. *Суть процесу ультразвукового диспергування.*
25. *Основні фази та параметри кавітації, умови виникнення.*
26. *Обладнання, що застосовується для кавітації при отриманні наночастинок.*
27. *Отримання наноструктурних матеріалів методом інтеркаляції.*
28. *Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги.*
29. *Основні технології інтеркаляції.*
30. *Методи отримання матрично-пористих наноконструктивів.*
31. *Обладнання для отримання аморфних сплавів.*
32. *Методи підвищення аморфізації.*
33. *Обладнання для отримання аморфних металів. Умови аморфізації.*
34. *Отримання аморфного стану з твердого кристалічного.*
35. *Обладнання для компактування нанопорошків.*
36. *Обладнання для статичного пресування нанопорошків.*
37. *Обладнання для гарячого пресування нанопорошків.*
38. *Обладнання для ізостатичного пресування нанопорошків.*
39. *Обладнання для динамічного пресування нанопорошків.*
40. *Обладнання для магнітно-імпульсного пресування.*

41. *Обладнання для ультразвукового пресування нанопорошків.*
42. *Обладнання для колекторного пресування нанопорошків.*
43. *Обладнання для пресування нанокристалічних матеріалів методом Глейтера.*
44. *Обладнання для технології інтенсивної пластичної деформації.*
45. *Переваги та недоліки обладнання для технологій інтенсивної пластичної деформації.*