



Процеси та обладнання нанотехнологій

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)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>7 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / 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:aminitzky@gmail.com Лабораторне / 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 технологічних процесів виготовлення наноструктурних матеріалів різного функціонального призначення з вивченням конструкцій технологічного обладнання.

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 обладнання 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
- 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:

- 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
- 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 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 сьомому 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 – «Процеси та обладнання нанотехнологій» містить один змістовний модуль: «Процеси та обладнання нанотехнологій»

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. Процеси та обладнання 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. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом хімічного синтезу.

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

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

Процеси, що відбуваються при механосинтезі. Складові механосинтезу (механоактивація та механічне сплавлення). Схеми та конструкції млинів для механосинтезу.

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

Ультразвукове диспергування. Умови виникнення кавітації. Залежність порога кавітації від частоти ультразвуку. Установки для сонохімічного синтезу наночастинок (кавітатори та ультразвукові диспергатори).

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

Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги. Структура інтеркальованого графіту та пінографіту. Основні технології інтеркаляції. Формування властивостей пінографіту. Інтеркальовані нанокompозити. Методи отримання матрично-пористих нанокompозитів.

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

Методи отримання аморфних сплавів (високошвидкісне іонно-плазмове і термічне наплення 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)). Технологія створення сплаву Finemet. Магнітні властивості сплаву Finemet.

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

Класифікація методів 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. Вимоги до методів інтенсивної пластичної деформації. Стадії формування наноструктур при інтенсивній пластичній деформації. Основні схеми та обладнання для інтенсивної пластичної деформації.

Розділ 10. Процеси та обладнання 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. Вережкин, 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. 3. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства : учеб. / Р. 3. 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. Основні підходи для створення наноструктурних матеріалів. Значення наноструктурних матеріалів конструкційного, електротехнічного, триботехнічного, інструментального та спеціального призначення в сучасному виробництві. (мультимедійна презентація; [1])

Лекція 2. Процеси та обладнання 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. Класифікація установок для фізичного осадження із газової фази. Процеси хімічного 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. 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). Конструкції хімічних реакторів. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])

Лекція 7. Процеси та обладнання отримання наноструктурних матеріалів методом механосинтезу. Процеси, що відбуваються при механосинтезі. Складові механосинтезу (механоактивація та механічне сплавлення). Схеми та конструкції млинів для механосинтезу. 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. Процеси та обладнання 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. 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. Основні стадії отримання пінографіту та графітової фольги. Структура інтеркальованого графіту та пінографіту. Основні технології інтеркаляції. Інтеркальовані наноккомпозити. Методи та обладнання отримання матрично-пористих наноккомпозитів; (мультимедійна презентація [4], [5])

Лекція 10. Процеси та обладнання 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. Процеси та обладнання 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. Процеси та обладнання 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. 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. 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 практичних занять

1. Розрахунок добової продуктивності виробництва наноструктурних виробів (2 години)
2. Розрахунок матеріального балансу при виробництві наноструктурних виробів (2 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 (2 години)
7. Розрахунок продуктивності обладнання для інтенсивної пластичної деформації (2)
8. Розрахунок продуктивності обладнання для іскро-плазмового-спікання (2 години)
9. Розрахунок допоміжного обладнання (2 години)

Перелік тем лабораторних занять

1. Вивчення властивостей наноструктурних матеріалів отриманих методом інтенсивної пластичної деформації (4 години)

2. Вивчення процесу отримання наноструктурних матеріалів методом фізичної конденсації (4 години)
3. Дослідження структури наноструктурних матеріалів отриманих методом фізичної конденсації (2 години)
4. Вивчення процесу отримання наноструктурних керамічних матеріалів методом електророзрядного спікання (4 години)
5. Дослідження діелектричної проникності наноструктурних матеріалів (4 години)

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 138 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 (60 годин);
- підготовці до виконання практичних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1 година на 1 годину виконання практичних занять (18 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 – екзамену (30 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

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- *Захист звітів з практичних всього максимально 20 балів, відповідно:*
 - *Практика 1* *максимум 2 бали*
 - *Практика 2* *максимум 2 бали*
 - *Практика 3* *максимум 2 бали*
 - *Практика 4* *максимум 2 бали*
 - *Практика 5* *максимум 2 бали*
 - *Практика 6* *максимум 2 бали*
 - *Практика 7* *максимум 2 бали*
 - *Практика 8* *максимум 3 бали*
 - *Практика 9* *максимум 3 бали*

- *Захист звітів з лабораторних всього максимально 20 балів, відповідно:*
 - *Лабораторна робота 1* *максимум 4 бали*
 - *Лабораторна робота 2* *максимум 4 бали*
 - *Лабораторна робота 3* *максимум 4 бали*
 - *Лабораторна робота 4* *максимум 4 бали*
 - *Лабораторна робота 5* *максимум 4 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 5 балів (2 бали – перше питання та 3 бали – друге питання), всього складає 10 балів за семестр.*

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 і №3, лабораторних робіт №1, №2 і №3 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №4, №5, №6 і №7, лабораторних робіт №4, №5 і №6 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів за умови виконання усіх практичних та лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- *Тематичні контрольні роботи не менше 6 балів*
- *Захист звітів з практичних не менше 12 балів*
- *Захист звітів з лабораторних робіт не менше 12 балів*

Бали за екзамен нараховуються за оцінювання 3-х питань, відповідно:

- *Питання 1- 15 балів*
- *Питання 2- 15 балів*
- *Питання 3- 20 бали*

На екзамені студент може отримати максимальну кількість балів - 50 за 100-бальною шкалою, відповідно:

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 10-7 балів, за неповну відповідь на 7-5 балів, за неправильне використання термінів на 3 бали.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (табл.).

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 «Процеси та обладнання нанотехнологій»

1. *Основні методи отримання нанооб'єктів за принципом “знизу – вверху”*
2. *Основні методи отримання нанооб'єктів за принципом “зверху – вниз”*
3. *Основні методи отримання наночастинок*
4. *Основні методи отримання наноплівки*
5. *Основні методи отримання об'ємних наноматеріалів*
6. *Суть методу 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.