



Технології виробництв порошкових, композиційних та нанодисперсних 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>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів / 150 годин: 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних занять, 96 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / 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, mail:aminitsky@gmail.com Лабораторна робота: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович, PhD, асистент Втерковський Михайло Ярославович</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну, студенти набувають навичок, що стосуються типових технологічних процесів виготовлення порошкових та композиційних матеріалів різного функціонального призначення.

Метою викладання навчальної дисципліни є формування фахових компетентностей:

- *Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;*
- *Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства;*
- *Здатність використовувати практичні інженерні навички для вирішення професійних завдань;*

Технології виробництв ПКНМ

- Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану;
- Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів;
- Здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них.

Предметом дисципліни є аналіз та вибір технології виробництва порошкових, композиційних та наноструктурованих матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати розвиток таких **програмних результатів навчання**:

- уміти поєднувати теорію і практику для розв'язання завдань матеріалознавства;
- здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них;
- описувати послідовність підготовки виробів та обчислювати економічну ефективність виробництва матеріалів та виробів з них;
- володіти методами забезпечення та контролю якості матеріалів;
- знання технічних характеристик, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів;
- знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання;
- знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування;
- знання фізико-хімічних основ формування заданої структури консолідованих матеріалів;
- вміння обирати послідовність та параметри технологічних процесів для одержання виробів з дисперсних матеріалів для заданих умов експлуатації.

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

Дисципліна викладається у шостому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Забезпечує отримання теоретичних знань та практичних навичок у виборі технологічного обладнання для отримання порошкових, композиційних та нанодисперсних матеріалів, чим формує набір фахових компетентностей. Для вивчення даної дисципліни потрібні знання з таких дисциплін: «Фізика конденсованого стану матеріалів», «Фізична хімія», «Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані», «Основи металознавства». Результати вивчення дисципліни можуть бути використані для розрахунків та оцінки результатів у курсовому проєкті (міждисциплінарному) «Проєктування виробництв порошкових, композиційних та наноструктурованих матеріалів та виробів», а також у виконанні дипломних проєктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна – «Технології виробництв порошкових, композиційних та нанодисперсних матеріалів» містить один змістовний модуль: «Технології виробництв порошкових, композиційних та нанодисперсних матеріалів».

Розділ 1. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням.

Розділ 2. Спечені матеріали конструкційного призначення.

Розділ 3. Композиційні спечені антифрикційні матеріали.

Розділ 4. Спечені фрикційні матеріали.

Технології виробництв ПКНМ

Розділ 5. Спечені високопористі проникні матеріали.

Розділ 6. Композиційні порошкові матеріали.

Розділ 7. Матеріали з тугоплавких безкисневих сполук.

Розділ 8. Спечені тверді сплави.

Розділ 9. Матеріали електротехнічного призначення.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Степанчук А. М. *Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів [Текст] : навч. посібник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.*

2. Степанчук А. М. *Матеріали для напилювання покриттів [Текст] : навч. посібник / А. М. Степанчук, І. І. Білик – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 236 с.*

3. Куцова В. З. *Наноматеріали та нанотехнології. [Текст] : навч. посібник : у двох частинах / В. З. Куцова, Т. В. Котова, Т. А. Аюпова – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013. – Частина 1. – 103 с.*

4. Писаренко В.Г. *Сучасні технології в машинобудуванні. Інжекційне лиття порошку [Текст] : навч. посібник / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк, Є. Ф. Боковий [и др.] – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 242 с.*

5. *Композитні матеріали [Текст] : навч. посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук [и др.] – Луцьк : Видавець ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.*

Додаткова література

6. Степанчук А. М. *Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук [Текст] : підручник / А. М. Степанчук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2006. – 353 с.*

7. Степанчук А. Н. *Технология порошковой металлургии [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – Киев : Вища школа, 1989. – 415 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. Організація очного/дистанційного навчання. РСО. Історія виникнення та розвиток спечених порошкових, композиційних та наноструктурних матеріалів конструкційного, триботехнічного, електротехнічного та інструментального призначення. Класифікація та узагальнена технологічна схема одержання спечених порошкових та композиційних матеріалів. (мультимедійна презентація; [1], [5]) (2 години)

Лекція 2. Порошкові конструкційні матеріали загального, машинобудівного призначення. Класифікація в залежності від умов експлуатації і ступеню навантаження. Технологія

Технології виробництв ПКНМ

виготовлення важко-навантажених виробів з конструкційних матеріалів на основі заліза різними методами; (мультимедійна презентація; [1], [2], [4], дод. [7],) (2 години)

Лекція 3. Конструкційні матеріали на основі магнію, титану, нержавіючої сталі, тугоплавких металів та особливості технології отримання виробів з них. Конструкційні матеріали на основі титану і його сплавів. Технологічні варіанти виготовлення і застосування. Дисперснозміцнені матеріали на основі алюмінію, вольфраму, нікелю та кобальту. Особливості отримання, складу, властивостей та галузі застосування; (мультимедійна презентація; [2], [3], [4],) (2 години).

Лекція 4. Технології адитивного виробництва, MIM, HIP та інтенсивної пластичної деформації у отриманні конструкційних порошкових та наноструктурних матеріалів з високими фізико-механічними характеристиками; (мультимедійна презентація; [2], [3], [4],) (2 години).

Лекція 5. Класифікація антифрикційних порошкових матеріалів за складом і за призначенням. Матеріали на основі міді, їх складу, фізико-механічні та експлуатаційні властивості. Методи отримання, структура, фізико-механічні та триботехнічні властивості антифрикційних матеріалів на основі заліза, залізо-графіту і залізо-мідь – графіту. Легуючі та антифрикційні добавки для підвищення триботехнічних властивостей порошкових матеріалів. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [7]) (2 години)

Лекція 6. Технологія виготовлення і властивості антифрикційних матеріалів на підкладках, металополімерних, металоскляних, метлографітових спечених матеріалів та матеріалів на основі тугоплавких металів і сполук. Особливості виготовлення, складу і властивості основних типів спечених антифрикційних матеріалів на основі нікелю, кобальту, алюмінію та матеріалів для торцевих, радіальних ущільнень та поршневих кілець. Матеріали спеціального призначення для роботи в присутності рідкого мастила та без нього, в вакуумі, при підвищених температурах, при високих швидкостях ковзання, в корозійних середовищах (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [7]) (2 години)

Лекція 7. Загальні уявлення фрикційні матеріали. Основи процесів тертя та зношування фрикційних матеріалів. Типи гальмівних та передаючих пристроїв. Класифікація порошкових фрикційних матеріалів за призначенням; (мультимедійна презентація; [3], [4]) Проведення тематичної контрольної роботи. Проведення тематичної контрольної роботи. (2 години)

Лекція 8. **Тематична контрольна робота 1 (1 година)**. Матеріали для роботи в умовах сухого тертя. Технологія виробництва фрикційних виробів. Вплив технологічних параметрів виготовлення на властивості фрикційних матеріалів; (мультимедійна презентація; [3], [4]) (1 година)

Лекція 9. Технологія отримання порошкових високопористих матеріалів. Залежність проникності пористих фільтрів від способу виготовлення. Варіанти формування та їх вплив на властивості проникних порошкових матеріалів; (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [6]) (2 години)

Лекція 10. Технологія виготовлення проникних матеріалів із сферичних і несферичних порошків. Варіанти застосування порошкових проникних матеріалів у авіа- та машинобудуванні; (мультимедійна презентація; [3], [4]). Проведення тематичної контрольної роботи. (2 години)

Лекція 11. Класифікація, методи отримання, властивості і призначення композиційних матеріалів. Технологія виготовлення волокнистих композиційних матеріалів. Технологія виготовлення дисперсно-зміцнених композиційних матеріалів; (мультимедійна презентація; [4], дод. [7]). (2 години)

Лекція 12. Класифікація, властивості та призначення тугоплавких сполук. Технологія одержання карбідів титану, хрому, карбонітриду титану, нітриду бору, кремнію та титану; ([3], [4]) (мультимедійна презентація; 2 години)

Технології виробництв ПКНМ

Лекція 13. Методи виготовлення виробів із тугоплавких сполук ізостатичним гарячим пресуванням, литвом термопластичних лікерів та ізостатичним формуванням; (мультимедійна презентація; [3], [4]) (2 години)

Лекція 14. Тверді сплави на основі моно карбиду вольфраму, класифікація, основні елементи технології виготовлення та призначення. Безвольфрамові тверді сплави на основі карбідів титану, хрому, карбонітриду титану та термооброблювані тверді сплави зі сталевими зв'язками. Тверді сплави із субмікронним зерном. Мінералокерамічні тверді сплави та оксикарбідна і нітрид на кераміка. Технологічні варіанти отримання твердих сплавів, властивості та основні галузі застосування; (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [7]) (2 години)

Лекція 15. Фізико-хімічні основи отримання порошків алмазу, алмазоподібних модифікацій нітриду бору та полікристалічних надтвердих матеріалів на їх основі. Надтверді матеріали із кубічного та вюрцитоподібного нітриду бору. Технологія виробництва надтвердих матеріалів; (мультимедійна презентація; [3], [4]) (2 години)

Лекція 16. **Тематичної контрольна робота 2. (1 година).** Класифікація матеріалів електротехнічного призначення. Технологія виготовлення, склад, властивості та галузі застосування спечених електроконтактних матеріалів. Склад та технологія виготовлення контактів ковзання та високострумєневих контактів; (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [6]) (2 години)

Лекція 17. Порошкові магнітно-м'які матеріали, методи отримання, склади, властивості та галузі застосування. Наноструктурні магнітно-м'які матеріали. Магнітодіелектрики, магнітно-м'які ферити, їх отримання, класифікація та властивості. (2 години).

Лекція 18. Магнітно-тверді порошкові матеріали, технологічні схеми одержання, основні типи, властивості та галузі застосування. Наноструктурні магнітно-тверді матеріали. Магнітно-тверді ферити, їх типи, склади, властивості та галузі застосування; (мультимедійна презентація; [2], [3], дод. [7]). (2 години)

Перелік тем лабораторних занять скоротити до 18 годин

Заняття 1. **Лабораторна робота 1.** Одержання та вивчення властивостей конструкційних спечених матеріалів (2 години)

Заняття 2. **Лабораторна робота 2.** Одержання та вивчення властивостей антифрикційних матеріалів (2 години)

Заняття 3. **Лабораторна робота 3.** Одержання та вивчення властивостей фрикційних матеріалів (2 години)

Заняття 4-5. **Лабораторна робота 4.** Одержання та вивчення властивостей пористих фільтрів (4 години)

Заняття 5-7. **Лабораторна робота 5.** Дослідження впливу технологічних параметрів на структуру та властивості спечених твердих сплавів (4 години)

Заняття 8-9. **Лабораторна робота 6.** Одержання та вивчення властивостей електричних контактів (4 години)

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих експериментальних методів отримання конструкційних, триботехнічних, інструментальних та електротехнічних матеріалів (42 годин);

- підготовці до виконання лабораторних занять аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1 годин на 1 годину виконання лабораторних робіт (18 годин)
- підготовка до тематичних контрольних робіт (6 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 лабораторного 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 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 отриманих знань 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 30 балів, відповідно:
 - Лабораторна робота 1 максимум 5 бали (позитивна оцінка 3 і більше)
 - Лабораторна робота 2 максимум 5 бали (позитивна оцінка 3 і більше)
 - Лабораторна робота 3 максимум 5 бали (позитивна оцінка 3 і більше)
 - Лабораторна робота 4 максимум 5 бали (позитивна оцінка 3 і більше)
 - Лабораторна робота 5 максимум 5 бали (позитивна оцінка 3 і більше)
 - Лабораторна робота 6 максимум 5 балів (позитивна оцінка 3 і більше)
- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді контрольної роботи, що складається з двох питань на 7-му та 11-му навчальних тижнях (питання

Технології виробництв ПКНМ

входять до переліку загальних питань наведених у додатку). До першої ТКР входять питання з 1 до 25, до другої з 26 до 57. Максимальна оцінка за кожну роботу 10 балів (5 бали – перше питання (позитивна оцінка 3 бали і вище) та 5 бали – друге питання (позитивна оцінка 3 бали і вище)), всього складає 20 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 (50% від максимальної 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 та №5 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова оцінка з дисципліни складається з 2 частин: стартові бали, отримані за результатами поточного контролю і екзаменаційні бали. Максимально стартовий бал дорівнює 50, екзаменаційний бал - 50.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів (60 % від максимального) за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Тематичні контрольні роботи не менше 12 балів
- Захист звітів з лабораторних робіт не менше 18 балів

Після оцінювання відповідей на екзамені (білет містить 3 питання: 1 питання – 20 балів та два питання по 15 балів) підсумовуються стартові бали та бали за відповідь на питання білету, 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)

- 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 № 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.)

*Завдання на семестровий контроль та ТКР
з дисципліни «Технології виробництв порошкових, композиційних та нанодисперсних
матеріалів»*

1. *Класифікація та застосування конструкційних порошкових матеріалів.*
2. *Технологія виготовлення малонавантажених та помірнонавантажених конструкційних деталей.*
3. *Технологія виготовлення середньонавантажених та важконавантажених конструкційних деталей.*
4. *Класифікація порошкових антифрикційних матеріалів за складом та призначенням.*
5. *Основні вимоги до порошкових антифрикційних матеріалів.*
6. *Технологічна схема виготовлення порошкових антифрикційних матеріалів.*
7. *Технологічна схема виготовлення порошкових антифрикційних матеріалів залізо-мідь-графіт.*
8. *Принцип роботи підшипників із спечених антифрикційних матеріалів в залежності від подачі масла.*
9. *Технологія просочування маслом антифрикційних порошкових матеріалів, визначення маслопросочуємості.*
10. *Технологія виготовлення багатошарових антифрикційних матеріалів.*
11. *Технологія виготовлення металопластмасових антифрикційних матеріалів.*
12. *Області використання та основні вимоги до порошкових фрикційних матеріалів.*
13. *Характеристика порошкових фрикційних матеріалів для роботи в умовах сухого тертя і при наявності мастила.*
14. *Характеристика основних вихідних матеріалів для виготовлення порошкових фрикційних матеріалів.*
15. *Основні вимоги до матеріалів фрикційних добавок для виготовлення порошкових фрикційних матеріалів.*
16. *Технологічна схема виготовлення порошкових фрикційних матеріалів.*
17. *Основні схеми пресування та спікання фрикційних порошкових матеріалів.*
18. *Класифікація порошкових проникних матеріалів та основні вимоги до них.*
19. *Переваги порошкових фільтрів, їх основні параметри.*
20. *Види пор та їх вплив на якість порошкових фільтрів.*
21. *Основні способи та матеріали для виготовлення порошкових фільтрів.*
22. *Технологічна схема виготовлення порошкових проникних матеріалів.*
23. *Відмінність застосування сферичних та несферичних порошоків при виготовленні порошкових проникних матеріалів.*
24. *Технологія виготовлення порошкових проникних матеріалів з волокон і тугоплавких сполук.*
25. *Застосування порошкових проникних матеріалів у техніці.*
26. *Області застосування та основні вимоги до тугоплавких сполук.*
27. *Основні методи отримання карбідів. Технологія виготовлення карбідів прямим синтезом із елементів.*
28. *Технологія виготовлення карбідів методом відновлення оксидів металів вуглецем з одночасною карбідізацією.*
29. *Технологія виготовлення карбідів методом саморозповсюдженого високотемпературного синтезу (СВС).*
30. *Отримання карбідів плазмохімічним методом і електролізом розплавлених середовищ.*

Технології виробництв ПКНМ

31. Отримання карбідів осадженням з газової фази.
32. Отримання нітридів методом азотування металів.
33. Отримання нітридів методом СВС і плазмохімічним синтезом.
34. Отримання нітридів відновленням оксидів металів твердим відновлювачем у середовищі азоту і осадженням з газової фази.
35. Отримання боридів прямим синтезом з елементів і методом СВС.
36. Отримання боридів металотермічним відновленням та відновленням оксидів металу бором з одночасним боруванням.
37. Отримання боридів електролізом розплавлених середовищ і осадженням з газової фази.
38. Отримання боридів борокарбідним і вуглетермічним методами.
39. Отримання силіцидів прямим синтезом з елементів.
40. Отримання силіцидів методами СВС, відновленням із оксидів з одночасним силіціюванням і синтезом із розчинів у металевих розплавах.
41. Технологія отримання карбіду бору.
42. Технологія виготовлення виробів із безкисневих тугоплавких сполук.
43. Класифікація твердих сплавів, їх області застосування.
44. Технологія виготовлення твердих сплавів.
45. Особливості формування і спікання виробів із твердих сплавів.
46. Технологія виготовлення наноструктурних твердих сплавів.
47. Класифікація надтвердих матеріалів, технологія виготовлення синтетичних алмазів.
48. Технологія виготовлення абразивного інструменту на основі керамічної, органічної та металевої зв'язки.
49. Класифікація, властивості і вимоги до контактних матеріалів.
50. Технологія виготовлення розривних контактів.
51. Технологія виготовлення контактів ковзання.
52. Технологія виготовлення порошкових магнітно-м'яких матеріалів.
53. Технологія виготовлення наноструктурних магнітно-м'яких матеріалів.
54. Технологія виготовлення порошкових магнітно-твердих матеріалів.
55. Технологія виготовлення магнітодіелектриків.
56. Класифікація та властивості композиційних матеріалів.
57. Технологія виготовлення композиційних шаруватих матеріалів.
58. Технологія виготовлення композиційних волокнистих матеріалів.
59. Технологія виготовлення композиційних дисперсно-зміцнених матеріалів.