



# Інструментальні матеріали

## 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)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/ 120 год: лекції – 28 год; практичні заняття – 18 год; самостійна робота студента (СРС) – 74 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович, e-mail: aminitsky@gmail.com Практичні заняття: д.т.н., доцент, Мініцький Анатолій Вячеславович</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Вивчаючи дисципліну, студенти отримують знання, що стосуються вивчення технологічних процесів виготовлення порошкових інструментальних 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 та фахових (спеціальних) 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.*

## Інструментальні матеріали

- Здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них.

**Предметом** дисципліни є аналіз технології для виробництва інструментальних матеріалів, залежно від умов роботи.

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 восьмому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів. Для її вивчення потрібні знання з таких нормативних дисциплін "Основи металознавства", "Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані", "Теорія та технологія процесів консолідації дисперсних матеріалів".

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

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна – «Інструментальні матеріали» містить один змістовний модуль: «Інструментальні матеріали»

*Розділ 1. Класифікація інструментальних матеріалів.*

Матеріали, що використовують для виготовлення сучасного різального інструменту. Характеристика умов роботи різального інструменту і причин втрати роботоздатності.

*Розділ 2. Інструментальні сталі. Основні властивості інструментальних сталей. Структура інструментальних сталей. Забезпечення експлуатаційних характеристик інструментальних сталей при їх фінішному термічному обробленні.*

*Розділ 3. Тверді сплави.*

Основні принципи конструювання структури твердих сплавів. Фізико-механічні властивості твердих сплавів на основі WC, що використовують для виготовлення різального інструменту. Взаємозв'язок структурних характеристик вольфрамівмісних твердих сплавів з їх фізико-механічними властивостями. Методи отримання вольфрамівмісних твердих сплавів.

*Розділ 4. Безвольфрамкові тверді сплави.*

Класифікація бехвольфрамівмісних твердих сплавів. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамівмісних твердих сплавів.

*Розділ 5. Різальна мінералокераміка.*

## Інструментальні матеріали

*Класифікація матеріалів на основі мінералокераміки. Оксикарбідна і нітридна кераміка. Основні методи отримання та властивості мінералокераміки. Умови застосування в якості різального інструменту.*

*Розділ 6. Надтверді матеріали.*

*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.*

*Розділ 7. Інструментальні матеріали зі зносостійкими покриттями.*

*Архітектура і склад покриттів, отриманих на різальному інструменті з використанням методів хімічного і фізичного осадження. Методи нанесення зносостійких покриттів. Покриття, одержувані методом хімічного і термохімічного осадження (CVD покриття). Покриття, одержувані методом фізичного осадження (PVD покриття). Области застосування інструменту з композиційними покриттями.*

*Розділ 8. Абразивні матеріали, що використовують при обробленні. Методи поверхневої фінішної обробки із застосуванням порошкових матеріалів.*

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### **Базова література**

1. Інструментальні матеріали для виготовлення різального інструменту [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Конструювання та дизайн машин» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. С. Майборода, Д. Ю. Джулій, І. В. Слободянюк, Н. В. Гаврушкевич ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. –112 с. – Режим доступу : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47773>.

2. Лавріненко В. І. Надтверді матеріали [Текст] : посібник для допитливих / В. І. Лавріненко. – Київ : Академперіодика, 2018. – 336 с.

3. Залога В. О. Курс лекцій «Інструментальні матеріали для лезових інструментів». Розділ «Інструментальні матеріали» [Текст] : навчальний посібник / В. О. Залога. – Суми : Вид-во СумДУ, 2007. – 206 с.

4. Методи підвищення роботоздатності різального інструменту [Текст] : електронний навчальний посібник для студ. напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» / В. С. Майборода, Д. Ю. Джулій, І. В. Слободянюк. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.

#### **Додаткова література**

5. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

6. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навчальний посібник / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога ; за заг. ред. В. О. Залоги. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

## Інструментальні матеріали

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 інструментальних матеріалів. (мультимедійна презентація; [1])

Лекція 2. Матеріали, що використовують для виготовлення сучасного різального інструменту. Характеристика умов роботи різального інструменту і причин втрати роботоздатності. Методи, що забезпечують високу роботоздатність інструменту. (мультимедійна презентація [1], [2])

Лекція 3. Інструментальні сталі. Основні властивості інструментальних сталей. Структура інструментальних сталей. (мультимедійна презентація [1], [3])

Лекція 4. Характеристики інструментальних сталей. Методи отримання, що забезпечують експлуатаційні властивості інструментальних сталей при їх фінішному термічному обробленні; (мультимедійна презентація [1],[3],)

Лекція 5. Тверді сплави. Методи отримання карбідів із заданим розміром частинок. Основні технології виготовлення твердих сплавів на основі карбиду вольфраму. Високошвидкісні методи отримання твердих сплавів. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [5])

Лекція 6. Основні принципи конструювання структури твердих сплавів. Фізико-механічні властивості твердих сплавів на основі WC, що використовують для виготовлення різального інструменту. (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [4])

Лекція 7. Класифікація безвольфрамових твердих сплавів. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамових твердих сплавів.; мультимедійна презентація [1], [2], дод. [1]). Безвольфрамові тверді сплави на основі карбідів титану, хрому, карбонітриду титану та термооброблювані тверді сплави зі сталевими зв'язками; (мультимедійна презентація [1], [2])

Лекція 8. **Проведення тематичної контрольної роботи 1.** Різальна мінералокераміка. Класифікація матеріалів на основі мінералокераміки. (мультимедійна презентація [4], [5])

Лекція 9. Оксикарбідна і нітридна кераміка. Основні методи отримання та властивості мінералокераміки. Умови застосування в якості різального інструменту. [3], [4], дод. [5])

Лекція 10. Фізико-хімічні основи отримання порошків алмазу, алмазоподібних модифікацій нітриду бору та полікристалічних надтвердих матеріалів на їх основі; (мультимедійна презентація [3], [4]).

Лекція 11. Надтверді матеріали із кубічного та вюрцитоподібного нітриду бору. Технологія виробництва надтвердих матеріалів; (мультимедійна презентація [5], дод. [6]) Технологія виробництва надтвердих матеріалів "Славутич", "Сандвіч", основні характеристики, галузі застосування [3], [4])

Лекція 12. Інструментальні матеріали зі зносостійкими покриттями. (мультимедійна презентація [3], дод. [6]). Архітектура і склад покриттів, отриманих на різальному інструменті з використанням методів хімічного і фізичного осадження. Методи нанесення зносостійких покриттів; (мультимедійна презентація [3] дод. [5])

Лекція 13. **Проведення тематичної контрольної роботи 2.** Покриття, одержувані методом хімічного і термохімічного осадження (CVD покриття). Покриття, одержувані методом фізичного осадження (PVD покриття). Області застосування інструменту з композиційними покриттями; (мультимедійна презентація дод. [3]) Абразивні матеріали, що використовують

## Інструментальні матеріали

при обробленні. Методи поверхневої фінішної обробки із застосуванням порошкових матеріалів;(мультимедійна презентація [1], [5], дод. [1])

### Лекція 14. **Залік.**

#### **Перелік тем практичних занять**

1. Розрахунок добової продуктивності виробництва порошкових виробів інструментального призначення (2 години)
2. Розрахунок матеріального балансу при виробництві різального інструменту (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 години)
8. Розрахунок продуктивності обладнання для іскро-плазмового-спікання (2 години)
9. Розрахунок допоміжного обладнання (2 години)

#### **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 74 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 (24 години);
- підготовці до виконання практичних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – (36 годин);
- підготовка до тематичних контрольних робіт (8 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.



## Інструментальні матеріали

- 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 робіт** всього максимально 72 балів, відповідно:
  - Практична робота 1 максимум 8 бали
  - Практична робота 2 максимум 8 бали
  - Практична робота 3 максимум 8 бали
  - Практична робота 4 максимум 8 бали
  - Практична робота 5 максимум 8 бали
  - Практична робота 6 максимум 8 бали
  - Практична робота 7 максимум 8 бали
  - Практична робота 8 максимум 8 бали
  - Практична робота 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 12 балів
- Захист звітів з практичних не менше 48 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 питання 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);

## Інструментальні матеріали

- *«задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);*
- *«незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».*

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

*Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:*

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

- *Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".*
- *Питання до тематичних контрольних робіт та залікової контрольної роботи знаходяться у Додатку.*
- *Рекомендовано застосовувати результати навчання під час виконання дипломних проєктів (робіт), пов'язаних із розробкою технологічних схем для отримання порошкових виробів.*

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

**Ухвалено:** кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 9 від 14 лютого 2025 р.).

**Погоджено:** Методичною комісією НН Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол №6/25 від 19 лютого 2025 р.).

***Питання для тематичних контрольних робіт та залікової контрольної роботи з дисципліни «Інструментальні матеріали»***

1. Класифікація інструментальних матеріалів
2. Матеріали, що використовують для виготовлення сучасного різального інструменту.
3. Характеристика умов роботи різального інструменту і причин втрати роботоздатності.
4. Методи, що забезпечують високу роботоздатність інструменту.
5. Інструментальні сталі. Класифікація.
6. Основні властивості інструментальних сталей. Структура інструментальних сталей.
7. Характеристики інструментальних сталей. Методи отримання, що забезпечують експлуатаційні властивості інструментальних сталей.
8. Основні параметри нанесення покриття хімічним осадженням із газової фази.
9. Основні методи для хімічного осадження із газової фази.
10. Типи реакторів для хімічного осадження із газової фази.
11. Метод плазмохімічного осадження.
12. Основні методи та процеси при хімічному синтезі наночастинок.
13. Тверді сплави. Класифікація твердих сплавів.
14. Фізико-механічні властивості твердих сплавів на основі WC, що використовують для виготовлення різального інструменту.
15. Класифікація безвольфрамових твердих сплавів.
16. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамових твердих сплавів.
17. Різальна мінералокераміка. Класифікація матеріалів на основі мінералокераміки.
18. Оксикарбідна і нітридна кераміка. Основні методи отримання та властивості мінералокераміки. Умови застосування в якості різального інструменту.
19. Фізико-хімічні основи отримання порошків алмазу, алмазоподібних модифікацій нітриду бору та полікристалічних надтвердих матеріалів на їх основі
20. Надтверді матеріали із кубічного та вюрцитоподібного нітриду бору. Технологія виробництва надтвердих матеріалів.