



Інструментальні матеріали

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. 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, 8 семестр (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекції – 27 год; лабораторні роботи – 18 год; СРС – 75 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: PhD, асистент Наконечний Сергій Олегович, nakonechny.serhiy@edu.kpi.ua Лабораторні роботи: PhD, асистент Наконечний Сергій Олегович</i>
Розміщення курсу	Google Classroom

2. 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 компетентностей:

- *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:

Інструментальні матеріали

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

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

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- *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;*

уміння:

- *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/проєктах.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація навчання

Розділ 1. Вступ. Класифікація інструментальних матеріалів. 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 вольфрамовмісних твердих сплавів з їх фізико-механічними властивостями. Методи отримання вольфрамовмісних твердих сплавів.

Розділ 4. Безвольфрамові тверді сплави. Класифікація безвольфрамових твердих сплавів. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамових твердих сплавів.

Розділ 5. Різальна мінералокераміка. 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). Області 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.

Базові:

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. – Назва з екрана.
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:

1. 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.
2. 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.

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 лабораторних занять.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни.

5.1. Лекційні заняття

Розділ 1. Вступ. Класифікація інструментальних матеріалів. Характеристика умов роботи різального інструменту і причин втрати роботоздатності.

Лекція 1. Вступ. Класифікація інструментальних матеріалів.

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.

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

Лекція 3. Інструментальні сталі. Основні властивості інструментальних сталей. Структура інструментальних сталей.

Лекція 4. Характеристики інструментальних сталей. Методи отримання, що забезпечують експлуатаційні властивості 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.

Лекція 5. Тверді сплави. Методи отримання карбідів із заданим розміром частинок. Основні технології виготовлення твердих сплавів на основі карбиду вольфраму.

*Лекція 6. **Проведення тематичної контрольної роботи 1 (1 год.).** Високошвидкісні методи отримання твердих сплавів.*

Лекція 7. Основні принципи конструювання структури твердих сплавів. Фізико-механічні властивості твердих сплавів на основі WC, що використовують для виготовлення різального інструменту.

Розділ 4. Безвольфрамкові тверді сплави. Класифікація безвольфрамових твердих сплавів. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамових твердих сплавів.

Лекція 8. Безвольфрамкові тверді сплави. Класифікація безвольфрамових твердих сплавів.

Лекція 9. Особливості використання твердосплавного інструменту з безвольфрамових твердих сплавів. Безвольфрамкові тверді сплави на основі карбідів титану, хрому, карбонітриду титану та термооброблювані тверді сплави зі сталевими зв'язками.

Розділ 5. Різальна мінералокераміка. Класифікація матеріалів на основі мінералокераміки. Оксикарбідна і нітридна кераміка. Основні методи отримання та властивості мінералокераміки. Умови застосування в якості різального інструменту.

Лекція 10. Різальна мінералокераміка. Класифікація матеріалів на основі мінералокераміки.

Лекція 11. Оксикарбідна і нітридна кераміка. Основні методи отримання та властивості мінералокераміки. Умови застосування в якості різального інструменту.

*Лекція 12. **Проведення тематичної контрольної роботи 2.** Фізико-хімічні основи отримання порошків алмазу, алмазоподібних модифікацій нітриду бору та полікристалічних надтвердих матеріалів на їх основі.*

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.

Лекція 13. Надтверді матеріали із кубічного та вюрцитоподібного нітриду бору.

Лекція 14. Технологія виробництва надтвердих матеріалів. Технологія виробництва надтвердих матеріалів “Славутич”, “Сандвіч”, основні характеристики, галузі застосування.

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). Області застосування інструменту з композиційними покриттями.

Лекція 15. Інструментальні матеріали зі зносостійкими покриттями. Архітектура і склад покриттів, отриманих на різальному інструменті з використанням методів хімічного і фізичного осадження..

Лекція 16. Методи нанесення зносостійких покриттів.

Лекція 17. Покриття, одержувані методом хімічного і термохімічного осадження (CVD

Інструментальні матеріали

покриття). Покриття, одержувані методом фізичного осадження (PVD покриття).

Області застосування інструменту з композиційними покриттями.

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

Лекція 18. Абразивні матеріали, що використовують при обробленні. Методи поверхневої фінішної обробки із застосуванням порошкових матеріалів.

5.1. Перелік тем лабораторних занять

№ з/п	Тема заняття	Кількість ауд. годин
1.	Визначення добової продуктивності виробництва порошкових виробів інструментального призначення (2 години)	2
2.	Визначення матеріального балансу у виробництві різального інструменту (2 години)	2
3.	Визначення продуктивності планетарних млинів (2 години)	2
4.	Визначення продуктивності колоїдних млинів (2 години)	2
5.	Визначення продуктивності установки для осадження наночастинок із газової фази (2 години)	2
6.	Визначення продуктивності пресового обладнання (2 години)	2
7.	Визначення продуктивності обладнання для інтенсивної пластичної деформації (2 години)	2
8.	Визначення продуктивності обладнання для іскро-плазмового-спікання (2 години)	2
9.	Визначення продуктивності допоміжного обладнання (2 години)	2
Всього		18

6. Самостійна робота студентів

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу на підготовку, год.	Термін часу, год.
Підготовка до лекцій	34	1	34
Підготовка до лабораторних занять та опрацювання результатів	18	1	18
Підготовка до МКР	2	2	4
Виконання завдань на СРС та засвоєння додаткових питань			13
Підготовка до заліку		6	6
Всього			75

Перелік тем, що виносяться на самостійне опрацювання

Інструментальні матеріали

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин
1	Інструментальні сталі: легування, структура, термічна обробка та сучасні технології отримання	2
2	Тверді сплави: вплив складу та структури на фізико-механічні та експлуатаційні властивості	2
3	Мінералокерамічні та надтверді інструментальні матеріали: властивості, технології отримання та перспективи застосування	2
4	Зносостійкі покриття інструментальних матеріалів: сучасні технології нанесення, багатошарові покриття та функціональна архітектура	2
5	Дослідження впливу складу та технологічних параметрів отримання твердих сплавів на їх структуру та властивості	2
6	Порівняльний аналіз інструментальних матеріалів за структурою, фізико-механічними властивостями та областями застосування	3
Всього		75

Якість опрацювання тем, що виносяться на самостійне опрацювання, оцінюється під час проведення занять та залікової роботи.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни.

Правила відвідування занять

- Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опанувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції. Опрацювання матеріалу по всіх темах лекційних занять є обов'язковим.
- Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.
- У разі дистанційної форми навчання лекційні заняття проводяться з використанням платформи google meet.
- Пропущену лабораторну роботу здобувач повинен виконати у узгоджений із викладачем час

Правила поведінки на заняттях.

- На усіх заняттях, лекційних і лабораторних, вітається відключення звукових сигналів телефонів. Під час проведення лабораторних робіт у очному режимі в лабораторії студенти повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки.
- Умовою допуску до виконання лабораторної роботи є наявність у студента написаного протоколу. За дистанційної форми навчання студенти отримують індивідуальний доступ до завдання для лабораторної роботи за ел. адресою, даною викладачем, і не пізніше тижня після виконання роботи надсилають викладачу оформлений звіт.

Інструментальні матеріали

Перевірка здійснюється викладачем упродовж наступного тижня.

- *Усі учасники освітнього процесу, викладачі і здобувачі, в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.*

Інші умови.

- *Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні, що відповідають компетентностям даної дисципліни/спеціальності – участь у конференціях, конкурсах тощо. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.*
- *Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.*
- *Переписування МКР проводиться за домовленістю із викладачем.*
- *Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського” відповідно до графіку перескладань, оприлюдненому на сайті ІМЗ ім. Є. О. Патона.*

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

Види контролю

- *Поточний контроль: лабораторні роботи, тематичні/модульні контрольні роботи (МКР).*
- *Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*
- *Семестровий контроль: залік.*

***Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та МКР.*

Поточний контроль

- *Захист виконаної лабораторної роботи – максимум 8 балів, всього 72 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.*
- *2 тематичні/модульні контрольні роботи. Максимальна оцінка 28 балів. Перелік питань, які виносяться на МКР, знаходиться в Додатку А. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.*

***Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр (7 та 13 тижнів) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №1, №2, №3 і №4 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №5 і №6 та тематичної роботи №2.*

***Залік.** Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за*

Інструментальні матеріали

результатами заходів поточного контролю.

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. Відповідь на питання оцінюється за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

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

У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» РСО (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

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)

- 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 перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі лабораторні заняття). Можливість перезарахування (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".
- Перелік питань до модульної контрольної роботи та залікової контрольної роботи наведено у Додатку А.

Інструментальні матеріали

- *Рекомендовано застосовувати результати навчання під час виконання дипломних проєктів (робіт), пов'язаних із розробкою технологічних схем для отримання порошкових виробів.*

Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути можливість створення нових твердих сплавів з покращеними фізико-механічними властивостями застосовуючи сучасні підходи по вибору матеріалів, їх хімічного та фазового складу та технології отримання з них виробів. Лабораторні заняття виконуються у послідовності отримання навчального матеріалу на лекціях та наступного його застосування в ході виконання аналізу теоретичного матеріалу, розрахунків та представлення висновків по виконаній роботі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено PhD, асистент Наконечний Сергій Олегович

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 8 від 18 лютого 2026 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 2/26 від 20 лютого 2026 р.)

Перелік питань до модульної контрольної роботи 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.*