



Тверді сплави

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, s.nakonechniy@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, здобувачі узагальнюють власні знання з різних дисциплін та набувають навички вибору існуючих або створення нових твердих сплавів з бажаними фізико-механічними властивостями в залежності від їх структури, хімічного та фазового складу. Студенти зможуть визначити вплив технологічних параметрів процесів їх виготовлення на структуру та механічні властивості; області та способи застосування твердих.

Метою навчальної дисципліни є підсилення у здобувачів **загальних компетентностей**:

- *здатність до системного мислення, аналізу та синтезу;*
- *здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;*
- *здатність працювати автономно;*
- *прагнення до збереження навколишнього середовища;*

Тверді сплави

фахових компетентностей;

- здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем;
- здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів;
- 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 застосовувати сучасні підходи оптимізації та дизайну матеріалів для удосконалення їх властивостей залежно від умов експлуатації.

Предмет навчальної дисципліни “Тверді сплави” – вплив атомно-кристалічної будови, хімічного складу, фазового складу, структури, технологічних параметрів процесу отримання на фізико-механічні властивості твердих сплавів.

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- логіки та методології наукового пізнання;
- фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;
- будови металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення;

УМІННЯ:

- експериментувати та аналізувати дані;
- поєднувати теорію і практику для розв’язування завдань матеріалознавства;
- виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі;
- проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.

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

Дисципліна викладається в восьмому семестрі підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Для вивчення навчальної дисципліни “Тверді сплави” необхідні знання з дисциплін Кристалографія, кристалохімія та мінералогія, Фізика конденсованого стану, Механічні властивості матеріалів, Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані і теорія та технологія процесів консолідації дисперсних матеріалів та Матеріалознавства тугоплавких матеріалів.

Тверді сплави

Знання, що здобувач отримає під час вивчення дисципліни “Тверді сплави” необхідні для виконання і підготовки до захисту бакалаврської дипломної роботи та формують інтегральну компетентність першого (бакалаврського) рівня.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація навчання

Розділ 1. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах

Розділ 2. Тугоплавкі сполуки. Властивості. Застосування. Класифікація твердих тугоплавких сполук. Особливості технології їх отримання

Розділ 3. Спечені тверді сплави

Тема 3.1. Класифікація твердих сплавів. Структурні особливості.

Тема 3.2. Властивості твердих сплавів.

Тема 3.3. Застосування твердих сплавів.

Тема 3.4. Технології отримання твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердих сплавів на основі карбіду вольфраму.

Тема 3.5. Безвольфрамові тверді сплави. Технології отримання безвольфрамових твердих сплавів.

4. Навчальні матеріали та ресурси.

Базові:

- 1. Лавріненко В. І. Надтверді матеріали: посібник для допитливих / В. І. Лавріненко. – Київ : ВД Академперіодика, 2018. – 336 с.*
- 2. Лобода П. І. Матеріалознавство тугоплавких металів та сполук : навч. посіб. / П. І. Лобода, В. Федорчук, Г. Кисла, М. Сисоєв. – Київ : Центр навчальної літератури, 2017. – 320 с.*
- 3. Лавріненко В. І. Надтверді абразивні матеріали в механообробці : енциклопедичний довідник / В. І. Лавріненко, М. В. Новіков ; за заг. ред. М. В. Новікова. – Київ : ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.*

Інформаційні ресурси:

- 1. <https://www.scopus.com/>*
- 2. <https://scholar.google.com/>*
- 3. <https://link.springer.com/>*
- 4. <https://www.sciencedirect.com/>*
- 5. <https://www.wiley.com/en-us>*
- 6. <https://webofknowledge.com/>*

Перераховані літературні джерела є у вільному доступі в мережі інтернет і можуть бути використані для отримання базових та поглиблених знань по твердим сплавам. Електронні ресурси рекомендуються для пошуку актуальної наукової інформації, яка стосується стану проблеми розробки нових твердих сплавів

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни.

5.1. Лекційні заняття

Вступ. Організація навчання

Лекція 1. Вступ. Ознайомлення з РСО та організацією навчального процесу у очному та/чи дистанційному режимі.

Розділ 1. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах

Лекція 2. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах. Вплив атомно-кристалічної будови на твердість. Поняття надтвердості. Класифікація надтвердих матеріалів. Література [1]-[2].

Розділ 2. Тугоплавкі сполуки. Властивості. Застосування. Класифікація твердих тугоплавких сполук. Особливості технології їх отримання

Лекція 3. Тугоплавкі сполуки. Класифікація. Властивості. Застосування. Класифікація твердих тугоплавких сполук. Особливості технології їх отримання. Література [1]-[2].

Лекція 4. Надтверда кераміка. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів. Особливості вибору надтвердих керамічних матеріалів для екстремальних умов роботи. Механічні властивості надтвердих керамічних матеріалів. Література [1]-[3].

Розділ 3. Спечені тверді сплави

Тема 3.1. Класифікація твердих сплавів. Структурні особливості. Властивості твердих сплавів

Лекція 5. Спечені тверді сплави. Класифікація твердих сплавів по хімічному складу. Структурні особливості твердих сплавів. Фізико-механічні властивості твердих сплавів. Література [1]-[3].

Тема 3.2. Застосування твердих сплавів

Лекція 6. Застосування твердих сплавів. Особливості застосування твердих сплавів в машинній обробці. Література [1]-[3].

Тема 3.3. Технології отримання твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердих сплавів на основі карбіду вольфраму

Лекція 7. Технології отримання твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. Література [1]-[3].

Лекція 8. Модульна контрольна робота.

Лекція 9. Особливості спікання твердого сплаву. Фізико-хімія процесу ущільнення. Література [1]-[3].

Лекція 10. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. Література [1]-[3].

Тема 3.4. Безвольфрамові тверді сплави. Технології отримання безвольфрамових твердих сплавів

Лекція 11. Безвольфрамові тверді сплави. Властивості та застосування безвольфрамових твердих сплавів. Технології отримання безвольфрамових твердих сплавів. Література [1]-[3], додаткова.

Тема 3.5. Сучасні тенденції отримання твердих сплавів

Лекція 12. Сучасні методи ущільнення твердих сплавів. Отримання наноструктурних твердих сплавів. Література – додаткова.

Лекція 13/14 (3 год.). Перспективи застосування наноструктурних твердих сплавів. Перспективи створення нових твердих сплавів. Сучасні концепції створення нових твердих сплавів. Література – додаткова.

5.1. Лабораторні роботи

№ з/п	Тема заняття	Кількість ауд. годин
1.	Встановлення термомеханічної сумісності компонентів твердих сплавів в залежності від фазового складу та розміру фазових складових	4
2.	Встановлення впливу розміру вихідних порошків на процес ущільнення в умовах іскроплазмового спікання твердих сплавів	4
3.	Встановлення впливу розміру (фракційного складу) вихідних порошків карбіду вольфраму та технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів	4
4.	Встановлення впливу вмісту металевої зв'язки та технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів	6
Всього		18

6. Самостійна робота студентів

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу на підготовку, год.	Термін часу, год.
Підготовка до лекцій	25	1	25
Підготовка до практичних занять та опрацювання результатів	18	2	18
Підготовка до МКР	2	2	4
Виконання завдань на СРС та засвоєння додаткових питань			4
Підготовка до заліку		6	6
Всього			75

7. Політика навчальної дисципліни.

Правила відвідування занять

- Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опановувати 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. 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, модульна контрольна робота (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 15 балів, всього 60 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.*
- *Модульна контрольна робота. Максимальна оцінка 40 балів. Перелік питань, які виносяться на МКР знаходяться в Додатку А. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.*

Календарний контроль:

Календарний контроль (КК) проводиться на 7 та 13 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно виконати практичну роботу №1. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з практичних робіт №2 і №3 та написати МКР щонайменше на 21 балів.

***Залік.** Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю.*

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право проходити співбесіду, проте при цьому його рейтинг анулюється. Співбесіда проводиться у вигляді усного опитування і включає 3 теоретичне питання зі списку Додатку Б, на підготовку якого виділяється 1 академічна година. 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.

Якщо оцінка за співбесіду менша ніж за рейтингом, здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами співбесіди або за рейтингом.

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)

- *Питання до модульної контрольної роботи наведено у Додатку А.*
- *Перелік питань співбесіди знаходиться в Додатку Б.*
- *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 практичні 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"*

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 Модульної контрольної роботи

1. Що таке твердість. Від чого залежить твердість матеріалу.
2. Надтверді матеріали. Класифікація.
3. Тугоплавкі сполуки. Класифікація. Властивості.
4. Надтверді матеріали. Властивості.
5. Надтверді керамічні матеріали.
6. Спечені тверді сплави. Класифікація твердих сплавів по хімічному складу.
7. Застосування твердих сплавів.
8. Технології отримання твердих сплавів на основі карбиду вольфраму.
9. Класифікація методів спікання твердого сплаву.
10. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів.
11. Безвольфрамкові тверді сплави.
12. Технології отримання безвольфрамових твердих сплавів.
13. Сучасні методи ущільнення твердих сплавів.
14. Отримання наноструктурних твердих сплавів.
15. Сучасні концепції створення нових твердих сплавів.

Перелік питань до залікової співбесіди

1. Що таке твердість. Від чого залежить твердість матеріалу.
2. Надтверді матеріали. Класифікація
3. Які ви знаєте надтверді матеріали? Розташуйте їх в послідовності збільшення твердості.
4. Які сполуки мають найбільшу твердість? Чому?
5. Надтверді матеріали. Властивості.
6. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів.
7. Застосування кераміки на основі карбіду кремнію.
8. Спечені тверді сплави. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу.
9. Фізико-механічні властивості твердих сплавів.
10. Класифікація методів спікання твердих сплавів.
11. Фізико-хімія процесу ущільнення твердих сплавів в присутності рідкої фази.
12. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів.
13. Безвольфрамкові тверді сплави.
14. Технології отримання безвольфрамкових твердих сплавів.
15. Сучасні методи ущільнення твердих сплавів.
16. Отримання наноструктурних твердих сплавів.
17. Сучасні концепції створення нових твердих сплавів.