



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>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 2 семестр (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекції – 8 год; лабораторні роботи – 4 год; СРС – 108 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	<i>Google Classroom</i>

2. Програма навчальної дисципліни

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

Знання набуті за час вивчення дисципліни дозволять студентам самостійно проводити науково-дослідну роботу в напрямку твердих сплавів. Набуті знання дадуть змогу передбачати фізико-механічні властивості матеріалів в залежності від способів отримання та умов експлуатації. Дозволять обґрунтовувати з фізико-хімічної, економічної та екологічної точки зору вибір технологічного процесу отримання твердих сплавів, виробів з них з заданими фізико-механічними властивостями. Студенти будуть розуміти: особливості атомно-кристалічної будови твердих сплавів які забезпечують надвисоку твердість; особливості впливу технологічних параметрів методів отримання твердих сплавів із вихідних порошків різного ступеня дисперсності на експлуатаційні характеристики виробів.

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;
- фахових компетентностей;
- здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту;
- здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- здатність проектувати та створювати порошкові композиційні та наноструктуровані матеріали на основі фундаментальних засад теорії та технології.

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;
- принципів системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються для розв'язання складних матеріалознавчих задач;
- закономірностей впливу хімічного складу вихідного дисперсного матеріалу та технології його отримання і обробки на властивості нових матеріалів, що створюються;

УМІННЯ:

- 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. Дисципліна базується на компетентностях першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 Матеріалознавство.

Знання, що здобувач отримає під час вивчення дисципліни “Тверді сплави” необхідні для виконання і підготовки до захисту бакалаврської дисертаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація навчання

Розділ 1. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах.

Розділ 2. Надтверда кераміка. Класифікація. Застосування

Тема 2.1. Механічні властивості надтвердих керамічних матеріалів. Карбід бору. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Синтез. Застосування.

Тема 2.2. Карбід кремнію. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Синтез. Застосування.

Розділ 3. Спечені тверді сплави. Класифікація. Властивості. Застосування

Тема 3.1. Особливості спікання твердого сплаву. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердого сплаву.

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 (<https://www.scopus.com/>; <https://scholar.google.com/>; <https://link.springer.com/>; <https://www.sciencedirect.com/>; <https://www.wiley.com/en-us>; <https://webofknowledge.com/>) 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

Розділ 1. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах.

Лекція 1. Вступ. Ознайомлення з РСО та організацією навчального процесу у очному та/чи дистанційному режимі. Загальні відомості про природу твердості в матеріалах. Вплив атомно-кристалічної будови на твердість. Поняття надтвердості. Класифікація надтвердих матеріалів. Література [1]-[3].

Розділ 2. Надтверда кераміка. Класифікація. Застосування

Тема 2.1.

Лекція 2. Надтверда кераміка. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів. Особливості вибору надтвердих керамічних матеріалів для екстремальних умов роботи. Механічні властивості надтвердих керамічних матеріалів. Карбід бору. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Методи синтезу порошку карбіду бору. Фізико-хімія процесу синтезу. Ущільнення кераміки на основі карбіду бору. Методи консолідації кераміки: фізико-хімія процесу. Застосування кераміки на основі карбіду бору..

Тема 2.2.

Лекція 3. Карбід кремнію. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Методи синтезу порошку карбіду кремнію. Фізико-хімія процесу синтезу. Ущільнення кераміки на основі карбіду кремнію. Методи консолідації кераміки: фізико-хімія процесу. Застосування кераміки на основі карбіду кремнію. Література [1]-[3].

Розділ 3. Спечені тверді сплави. Класифікація. Властивості. Застосування

Тема 3.1.

Лекція 4. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу. Фізико-механічні властивості твердих сплавів. Застосування твердого сплаву в машинній обробці. Особливості спікання твердого сплаву. Фізико-хімія процесу ущільнення. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердого сплаву. Сучасні методи ущільнення твердого сплаву. Отримання наноструктурного твердого сплаву. Перспективи застосування наноструктурного твердого сплаву. Література [1]-[3].

5.1. Лабораторні роботи

Основні завдання для лабораторної роботи:

- засвоєння знань та навиків встановлення впливу хімічного, фазового складу, технологічних параметрів процесу отримання на структуру та властивості щільних твердих сплавів.

Зміст лабораторної роботи:

Встановлення впливу технологічних параметрів процесу спікання твердого сплаву ВК8 на його фізико-механічні властивості. (4 год)

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 108 годин) з дисципліни полягає в:

- *самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з сучасним станом проблеми дослідження та розробки нових твердих сплавів – в розрахунку 7 годин на 1 годину лекційного заняття = 56 годин;*
- *підготовці до виконання та захисту лабораторної роботи – в розрахунку 6 годин на 1 годину виконання лабораторного заняття = 24 години;*
- *Підготовка до МКР – 18 годин;*
- *підготовці до підсумкової атестації – заліку (10 годин).*

Якість опрацювання тем, що виносяться на самостійне опрацювання, оцінюється під час проведення заліку.

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. 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: експрес-опитування, лабораторні роботи, модульна контрольна робота (МКР).
- Семестровий контроль: залік.

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

Поточний контроль

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 8 балів, всього 40 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.
- Захист виконаної лабораторної роботи – максимум 10 балів, всього 30 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.
- 1 Модульна контрольна робота. Максимальна оцінка 30 балів. Перелік питань, які виносяться на МКР знаходяться в Додатку А. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.

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);

Обладнання та матеріали для напilenня покриттів

- «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:

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

8.1 Критерії нарахування балів.

Модульна контрольна робота. МКР виконується за методикою домашньої контрольної роботи. Сумарна максимальна оцінка складає 30 балів, відповідно:

- 30 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- 24 бали – 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);
- 20 балів – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Лабораторні роботи. Виконання та захист лабораторної роботи максимально оцінюється у 10 балів:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання) - 10 балів;
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне виконання з незначними неточностями) - 8 балів;

- *неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками) - 7 балів;*
- *відповідь не відповідає умовам до «задовільно» - 0 бали.*

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

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 № 3 від 30 вересня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 2 від 16 жовтня 2025 р.)

Додаток А

Перелік питань Модульної контрольної роботи

1. Надтверді матеріали (алмаз, КНБ) у металообробці: класифікація, властивості, застосування, методи отримання.
2. Керамічні матеріали у металообробці: класифікація, властивості, застосування, методи отримання.
3. Сучасні тенденції розвитку абразивних матеріалів: класифікація, властивості, застосування, методи отримання.
4. Сучасні тенденції розвитку матеріалів покриттів для металообробного інструменту: класифікація, властивості, застосування, методи отримання.
5. Сучасні тенденції розробки 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. Застосування алмазу та кубічного нітриду бору.
7. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку керамічних матеріалів.
8. Застосування кераміки на основі карбіду бору.
9. Методи консолідації кераміки на основі карбіду бору: фізико-хімія процесу.
10. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку карбіду кремнію.
11. Фазова діаграма карбіду кремнію.
12. Класифікація методів синтезу порошку карбіду кремнію та фізико-хімія процесу.
13. Особливості ущільнення кераміки на основі карбіду кремнію.
14. Методи консолідації кераміки на основі карбіду кремнію: фізико-хімія процесу.
15. Застосування кераміки на основі карбіду кремнію.
16. Спечені тверді сплави. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу.
17. Фізико-механічні властивості твердих сплавів.
18. Класифікація методів спікання твердого сплаву.
19. Фізико-хімія процесу ущільнення твердого сплаву в присутності рідкої фази.
20. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердого сплаву.