



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)/дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 8 семестр (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 год: лекції – 27 год; практичні – 18 год; самостійна робота студента – 75 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., evgen.solodky@gmail.com Практичні: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., evgen.solodky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=478952b96f5d</i>

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 сплавів.

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

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

- Володіти логікою та методологією наукового пізнання;
- Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;
- Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення;
- Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.

уміння:

- експериментувати та аналізувати дані;
- поєднувати теорію і практику для розв’язування завдань матеріалознавства.

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.

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

Розділ 1 Загальні відомості про природу твердості в матеріалах.

Розділ 2 Тугоплавкі сполуки. Властивості. Застосування.

Тема 2.1 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 карбиду вольфраму. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердих сплавів на основі карбиду вольфраму.

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

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Лаврінченко В. І. *Надтверді матеріали : посібник для допитливих / В. І. Лаврінченко. – 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. Лаврінченко В. І. *Надтверді абразивні матеріали в механообробці : енциклопедичний довідник / В. І. Лаврінченко, М. В. Новіков ; за заг. ред. М. В. Новікова. – Київ : ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2013. – 456 с.*

Додаткова література

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 надтвердим матеріалам та 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 твердих сплавів.

3. Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Зміст лекційних занять

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

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

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].

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

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

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].

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

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

Лекція 13. Перспективи застосування наноструктурних твердих сплавів. Перспективи створення нових твердих сплавів. Сучасні концепції створення нових твердих сплавів. Література – додаткова.

Лекція 14. **Залік**

Основні завдання циклу Практичних робіт:

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

Зміст практичних робіт

1. Розрахунки термомеханічної сумісності компонентів твердих сплавів в залежності від фазового складу та розміру фазових складових. (4 год)
2. Встановлення впливу розміру вихідних порошків на процес ущільнення в умовах іскроплазмового спікання твердих сплавів. (4 год)
3. Встановлення впливу розміру (фракційного складу) вихідних порошків карбиду вольфраму та технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів. (4 год).
4. Встановлення впливу вмісту металевої звязки та технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів. (6 год).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 75 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 функціональних матеріалів – 28 годин;
- підготовці до виконання лабораторних занять – 36 годин;
- підготовка до МКР – 5 години;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).

4. Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- У разі дистанційної форми навчання:
 - лекційні заняття проводяться з використанням платформи *googlemeet*.
 - практичні заняття проходять з використанням платформи *googlemeet*.
- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Пропущену практичну роботу здобувач повинен виконати у вигляді звіту та надіслати викладачу до наступного заняття.
- 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.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно підготовка та подача реальних проектних пропозицій за тематикою власних наукових досліджень, дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові завдання мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- 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>.

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

Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 3 бали, всього 48 балів.
- Опитування стосовно теоретичних відомостей в рамках практичної роботи – максимум 9 балів, всього 36 балів.
- 1 модульна контрольна робота, що проводиться на 8-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 16 балів. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.

Календарний контроль:

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з практичних робіт №1. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з практичних робіт №2 і №3 та написати МКР щонайменше на 10 балів.

Семестровий контроль: залік.

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

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

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 зарейтингом.

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

8.1 Критерії нарахування балів.

Модульна контрольна робота.

Сумарна максимальна оцінка складає 16 балів, відповідно:

- 14 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- 12 балів – 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);
- 10 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».

Практичні роботи

Виконання практичної роботи максимально оцінюється у 9 балів:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання);
- 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);
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками);
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

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".
- Перелік питань співбесіди знаходиться в Додатку Б.
- Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути закономірності природи та створення твердих сплавів, їх хімічного та фазового складу та технологій отримання з них виробів. Практичні 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 доцент, к.т.н, старший дослідник, Солодкий Є.В.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 9 від 14.02.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О.Патона¹ (протокол №6/25 від 19.02.2025 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.

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 карбіду вольфраму.
9. Класифікація методів спікання твердого сплаву.
10. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердих сплавів.
11. Безвольфрамові 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.