



НАДТВЕРДІ МАТЕРІАЛИ ТА ТВЕРДІ СПЛАВИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. Реквізити Навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132-21 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>ОПП Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 год, 36 год лекцій, 18 год практичні, 66 год самостійна робота</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	

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 надтвердих матеріалів та 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 надтвердих матеріалів, виробів з них з заданими фізико-механічними властивостями. Студенти будуть розуміти: особливості атомно-кристалічної будови надтвердих матеріалів та твердих сплавів які забезпечують надвисоку твердість; особливості впливу технологічних параметрів методів отримання надтвердих матеріалів та 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 проєктувати та створювати порошкові композиційні та наноструктуровані матеріали на основі фундаментальних засад теорії та технології.

Предмет навчальної дисципліни “Надтверді матеріали та тверді сплави” – вплив атомно кристалічної будови, хімічного складу, фазового складу, структури, технологічних параметрів процесу отримання на фізико-механічні властивості надтвердих матеріалів та 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;
- проєктувати 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 другому семестрі підготовки за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Дисципліна базується на компетентностях бакалаврського рівня спеціальності Матеріалознавство.

Знання, що здобувач отримає під час вивчення дисципліни “Надтверді матеріали та тверді сплави” необхідні для виконання і підготовки до захисту магістерської дисертаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Загальні відомості про природу твердості в матеріалах.

Розділ 2 Алмаз. Властивості. Застосування.

Тема 2.1 Фазові діаграми високого тиску систем, що містять вуглець. Особливості технології отримання алмазів

Тема 2.2 Наноалмази. Синтез. Властивості. Застосування.

Розділ 3 Кубічний нітрид бору. Властивості. Застосування. Особливості технології отримання.

Розділ 4 Надтверда кераміка. Класифікація. Застосування.

Тема 4.1 Механічні властивості натвердих керамічних матеріалів.

Тема 4.2 Карбід бору. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Синтез. Застосування.

Тема 4.3 Карбід кремнію. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Синтез. Застосування.

Розділ 5 Спечені тверді сплави. Класифікація. Властивості. Застосування.

Тема 5.1 Особливості спікання твердого сплаву. Вплив технологічних параметрів на структуру та властивості твердого сплаву

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 стану проблеми розробки нових надтвердих матеріалів та твердих сплавів.

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. Алмаз. Класифікація алмазів. Атомно кристалічна будова алмазу, як запорука високої твердості. Фізико-механічні властивості алмазу. Застосування алмазу в якості абразивного матеріалу. Інші фізичні властивості алмазу. Література [1]-[2].

Лекція 4. Фазові діаграми високого тиску систем, що містять вуглець. Особливості технології отримання алмазів. Література [1]-[2].

Лекція 5. Наноалмази. Особливості структури наноалмазів. Фізико-хімічні основи синтезу наноалмазів. Властивості. Застосування. Література [1]-[3].

Лекція 6. Композиційні матеріали з використанням наноалмазів. Методи отримання. Властивості. Застосування. Література [1]-[3].

Лекція 7. Кубічний нітрид бору. Атомно кристалічна будова кубічного нітриду бору, як запорука високої твердості. Фазова діаграма кубічного нітриду бору. Фізико-хімія процесу синтезу кубічного нітриду бору. Література [1]-[3].

Лекція 8. Фізико-механічні властивості кубічного нітриду бору. Застосування кубічного нітриду бору в якості абразивного матеріалу. Методи отримання надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору. Література [1]-[3].

Лекція 9. Надтверда кераміка. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів. Особливості вибору надтвердих керамічних матеріалів для екстремальних умов роботи. Механічні властивості надтвердих керамічних матеріалів. Література [1]-[3].

Лекція 10. Карбід бору. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Методи синтезу порошку карбіду бору. Фізико-хімія процесу синтезу. Література [1]-[3].

Лекція 11. Ущільнення кераміки на основі карбіду бору. Методи консолідації кераміки: фізико-хімія процесу. Застосування кераміки на основі карбіду бору. Література [1]-[3].

Лекція 12. Карбід кремнію. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Фазова діаграма. Властивості. Методи синтезу порошку карбіду кремнію. Фізико-хімія процесу синтезу. Література [1]-[3].

Лекція 13. Ущільнення кераміки на основі карбіду кремнію. Методи консолідації кераміки: фізико-хімія процесу. Застосування кераміки на основі карбіду кремнію. Література [1]-[3].

Лекція 14. Модульна контрольна робота

Лекція 15. Спечені тверді сплави. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу. Фізико-механічні властивості твердих сплавів. Застосування твердого сплаву в машинній обробці. Література [1]-[3]. Особливості спікання твердого сплаву. Фізико-хімія процесу ущільнення. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердого сплаву. Література [1]-[3].

Лекція 16. Сучасні методи ущільнення твердого сплаву. Отримання наноструктурного твердого сплаву. Перспективи застосування наноструктурного твердого сплаву. Література [1]-[3] та додаткова.

Лекція 17. Перспективи створення нових надтвердих матеріалів. Сучасні концепції створення нових надтвердих матеріалів. Література – додаткова.

Лекція 18. Залік

Основні завдання циклу Практичних робіт:

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

Зміст практичних робіт

1. Розрахунки термомеханічної сумісності композиційних матеріалів на основі надтвердих матеріалів в залежності від фазового складу та розміру фазових складових. (2 год)
2. Теоретичні розрахунки модулів пружності композиційних матеріалів на основі надтвердих матеріалів (алмазу, кубічного нітриду бору, надтвердої кераміки). (2 год).
3. Розрахунок параметрів розподілу Вейбула для керамічних надтвердих матеріалів. (6)
4. Розробка нового надтвердого матеріалу та визначення сфери його можливого застосування. (6 год)

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 66 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 надтвердих матеріалів та твердих сплавів – в розрахунок 1 години на 1 годину лекційного заняття = 32 години;
- підготовці до виконання практичних робіт – в розрахунок 1 години на 1 годину виконання практичного заняття = 16 годин;

- МКР – 9 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (9 годин).

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. Реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Усі письмові документи 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 для очного та дистанційного навчання:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 3 бали, всього 45 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.
- Захист виконаної практичної роботи – максимум 7 балів, всього 28 балів. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.
- 1 модульна контрольна робота, що проводиться на 10-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 27 балів. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А. Мінімальна позитивна оцінка складає 60% від максимальної.
- 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 практичних робіт та МКР.

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
Не виконані умови допуску	Не допущено

8.1. Критерії нарахування балів.

Модульна контрольна робота.

Сумарна максимальна оцінка складає 27 балів, відповідно:

- 27 бали – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- 22 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);
- 18 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 та захист практичної роботи максимально оцінюється у 7 балів:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання) - 7 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) - 6 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками) - 4 бали;
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно» - 0 бали.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань співбесіди знаходиться в Додатку Б.

Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути можливість створення нових надтвердих матеріалів та твердих сплавів з покращеними фізико-механічними властивостями застосовуючи сучасні підходи по вибору матеріалів, їх хімічного та фазового складу та технології 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 № 17 від 26.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О.Патона¹(протокол №12/24 від 28.06.2024 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. Які ви знаєте надтверді матеріали? Розташуйте їх в послідовності збільшення твердості.
4. Надтверді матеріали. Властивості.
5. Особливості фазової діаграми алмазу.
6. Особливості атомно кристалічної будови алмазу.
7. Особливості фазової діаграми кубічного нітриду бору.
8. Особливості атомно кристалічної будови кубічного нітриду бору.
9. Методи синтезу алмазів.
10. Методи синтезу кубічного нітриду бору. Фізико-хімія процесу.
11. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів.
12. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку.
13. Застосування кераміки на основі карбіду бору.
14. Методи синтезу порошку карбіду бору.
15. Методи консолідації кераміки на основі карбіду бору.
16. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку карбіду кремнію.
17. Класифікація методів синтезу порошку карбіду кремнію.
18. Особливості ущільнення кераміки на основі карбіду кремнію.
19. Методи консолідації кераміки на основі карбіду кремнію.
20. Спечені тверді сплави. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу.
21. Класифікація методів спікання твердого сплаву.
22. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердого сплаву.

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. Особливості фазової діаграми алмазу.
7. Особливості атомно кристалічної будови алмазу.
8. Особливості фазової діаграми кубічного нітриду бору.
9. Особливості атомно кристалічної будови кубічного нітриду бору.
10. Застосування алмазу та кубічного нітриду бору.
11. Методи синтезу алмазів. Фізико-хімія процесу.
12. Методи синтезу кубічного нітриду бору. Фізико-хімія процесу.
13. Класифікація надтвердих керамічних матеріалів.
14. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку керамічних матеріалів.
15. Фазова діаграма карбіду бору.
16. Застосування кераміки на основі карбіду бору.
17. Методи синтезу порошку карбіду бору.
18. Фізико-хімія процесу синтезу карбіду бору.
19. Методи консолідації кераміки на основі карбіду бору: фізико-хімія процесу.
20. Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку карбіду кремнію.
21. Фазова діаграма карбіду кремнію.
22. Класифікація методів синтезу порошку карбіду кремнію та фізико-хімія процесу.
23. Особливості ущільнення кераміки на основі карбіду кремнію.
24. Методи консолідації кераміки на основі карбіду кремнію: фізико-хімія процесу.
25. Застосування кераміки на основі карбіду кремнію.
26. Спечені тверді сплави. Класифікація твердого сплаву по хімічному складу.
27. Фізико-механічні властивості твердих сплавів.
28. Класифікація методів спікання твердого сплаву.
29. Фізико-хімія процесу ущільнення твердого сплаву в присутності рідкої фази.
30. Вплив технологічних параметрів процесу ущільнення на структуру та властивості твердого сплаву.