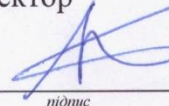


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Затверджую

Голова Приймальної комісії
Ректор


підпис

Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ



**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона**

повна назва факультету/навчально-наукового інституту

ПРОГРАМА

фахового іспиту

для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»

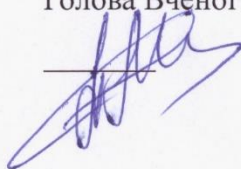
за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Програму ухвалено:

Вченою Радою Навчально-наукового інституту
матеріалознавства та зварювання імені
Є.О. Патона

Протокол № 4/24 від 16 квітня 2024 р.

Голова Вченої Ради



Анатолій МІНІЦЬКИЙ

Київ – 2024

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Програма комплексних фахових випробувань для вступу на 2-й (магістерський) рівень освітньо-професійної програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» спеціальності 132 Матеріалознавство в Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» регламентує форму, зміст, критерії оцінювання та загальний порядок проведення комплексного фахового випробування.

Задачі програми – надати перелік питань, які охоплюють основний зміст вказаних дисциплін і вивчення яких дасть змогу успішно скласти вступні випробування.

Програма фахового іспиту передбачає перевірку набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дана програма укладена на основі змісту нормативних дисциплін циклу фахової підготовки бакалавра освітньо-професійної програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» спеціальності 132 Матеріалознавство.

Комплексне фахове випробування проводиться письмово, з використанням затверджених білетів, які містять три питання з нормативних дисциплін бакалаврської підготовки. Загальна тривалість випробування – три академічні години (135 хв) – без перерви.

Голова або один з членів атестаційної підкомісії видає вступникам екзаменаційні білети, а також підготовлені аркуші для оформлення письмових відповідей на питання екзаменаційного білету.

Загальний час (135 хв.) на проведення комплексного фахового випробування розподіляється наступним чином: на організаційну частину комплексного фахового випробування (роз'яснення щодо проведення, оформлення робіт, ознайомлення з критеріями оцінювання відповідей, видачу білетів і аркушів для оформлення роботи) відводиться 15 хвилин, для підготовки відповідей на три питання екзаменаційного білету вступнику відводиться 105 хвилин і на заключну частину (збір екзаменаційних білетів і письмових робіт у вступників членами атестаційної підкомісії) відводиться 15 хвилин.

Після закінчення часу, відведеного на складання фахового випробування, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання членами атестаційної підкомісії. Підведення підсумку комплексного фахового випробування здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. З результатами іспиту вступник ознайомлюється згідно з правилами прийому до Університету.

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

Розділ I

1. Атомно-кристалічна будова металів

Характерні фізичні та хімічні властивості металів. Металічний тип зв'язку. Метали в періодичній системі елементів.

Кристалічна будова металів. Основні типи кристалічних решіток металів, їх характеристики. Гране- та об'ємноцентрована кубічні решітки. Гексагональна щільного пакування решітка, інші типи кристалічних решіток металів. Поліморфізм металів.

Точкові дефекти кристалічної будови. Вакансії Шоткі та Френкеля, зміщені атоми. Домішкові атоми у металах, їх роль. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Атмосфери Котрелла. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

2. Кристалізація металів

Будова рідких металів. Близький та далекий порядок. Сиботаксиси (кластери).

Вільна енергія металу, її зміна при кристалізації. Макроскопічна картина процесу кристалізації. Криві охолодження. Правило фаз Гіббса. Утворення центрів кристалізації та ріст кристалів.

Довільне утворення центрів кристалізації. Критичний розмір зародка. Роль переохолодження. Металеві стекла.

Не довольне утворення зародків. Принцип структурної та розмірної відповідності. Модифікування та його роль у формуванні структури металів.

Ріст кристалів. Спіралі росту. Форма кристалів. Принцип Кюрі-Вульфа. Дендритна кристалізація.

Будова металевих зливків і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Газові пухирі у зливках. Ліквіація в металах.

3. Пластична деформація та рекристалізація

Пружна та пластична деформація металів. Ковзання та двійникування в кристалах. Пластична деформація монокристалів (класичний механізм). Площини найлегшого зсуву.

Дислокаційний механізм ковзання. Джерело Франка-Ріда. Наклеп металу. Залежність міцності металу від густини дислокацій. Шляхи підвищення міцності.

Двійникування у кристалах в процесі деформації. Механізм двійникування. Пластична деформація полікристалів. Роль меж зерен. Зміна структури металу при деформації.

Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація, їх механізми. Відпочинок і полігонізація. Рекристалізація первинна, збиральна, вторинна. Холодна, тепла та гаряча пластична деформація.

4. Фази в металевих сплавах

4.1. Загальна характеристика будови сплавів. Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах.

4.2. Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Фактори, які керують утворенням твердих розчинів. Розчини заміщення, проникнення та вилучення. Упорядковані тверді розчини.

4.3. Проміжні фази в сплавах. Електронні фази. Фази нікель-арсенідного типу. Сигма-фази. Фази проникнення, типові та нетипові. Фази Лавеса.

5. Діаграми стану подвійних систем

Металеві системи й їх стани. Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови та зображення подвійних діаграм стану. Правило відрізків. Правило Мазінга.

Діаграма стану системи, яка утворює безперервний ряд рідких і твердих розчинів. Правило Коновалова. Діаграми з екстремумами на кривих ліквідуса та солідуса.

Діаграма стану при відсутності розчинності компонентів у твердому стані.

Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані й евтектичним перетворенням. Лінії сольвуса. Розпад пересичених твердих розчинів і його використання для зміцнення сплавів. Трикутник Таммана. Діаграми з ретроградним солідусом і сольвусом.

Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані та перитектичним перетворенням. Механізми перитектичного перетворення.

Діаграми стану з хімічними сполуками та проміжними фазами. Основні варіанти їх утворення в подвійних системах. Діаграми стану зі стійкими хімічними сполуками. Системи з нестійкими хімічними сполуками. Перитектоїдне перетворення.

Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Монотектичне та синтектичне перетворення.

Діаграми стану з поліморфними компонентами і проміжними фазами. Евтектоїдне, монотектоїдне та метатектичне перетворення.

6. Діаграми стану потрійних систем

Загальні закономірності будови потрійних діаграм. Геометричні основи цих діаграм. Концентраційний трикутник. Правила відрізків та центра маси конодного трикутника.

Потрійна система з необмеженою взаємною розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів. Використання розгортки діаграми.

Система, компоненти якої повністю не розчиняються один в одному в твердому стані й утворюють потрійну евтектику. Кристалізація типових сплавів. Ізотермічні та політермічні розрізи.

7. Залізовуглецеві сплави

Місце та значення залізовуглецевих сплавів у сучасній техніці. Властивості чистого заліза. Будова та властивості цементиту та графіту. Структурні складові залізовуглецевих сплавів.

Загальний опис діаграми стану системи залізо - цементит. Формування структури сплавів. Технічне залізо, сталі та білі чавуни, їх рівноважна структура.

Сірі, половинчасті та вибілені чавуни. Чавуни з пластинчастим, кулястим графітом. Ковкі чавуни.

Вплив вуглецю та постійних домішок (марганець, кремній, сірка, фосфор) на структуру та властивості сталі та чавуну. Червоноламкість і холодноламкість сталі. Вплив кисню, водню й азоту на властивості сталі.

Вуглецеві сталі, їх класифікація та позначення марок. Вуглецеві сталі звичайної якості, якісні та високоякісні.

8. Кольорові метали та сплави на їх основі

Мідь та сплави на її основі (латуні, бронзи). Алюміній і сплави на його основі. Титан і сплави на його основі.

Розділ II

Загальна характеристика порошкової металургії, як метода одержання порошкових та композиційних матеріалів і виробів.

Роль фізико-хімічних явищ у процесах одержання порошків та волокон.

1. Властивості порошків. Хімічні, фізичні та технологічні властивості порошків.

Методи визначення та контролю властивостей порошків. Взаємозв'язок між властивостями порошків. Практичне значення визначення та контролю властивостей порошків. Особливості праці з порошками металів та сплавів.

2. Механічні методи одержання порошків. Механічні методи одержання порошків.

Загальні положення. Закономірності подрібнення в кульових, вібраційних, атриторних, планетарних, струменевих та вихрових млинах.

3. Основи теорії подрібнення. Закони подрібнення. Роль методу одержання порошку механічним подрібненням на формування його властивостей.

4. Фізико-хімічні методи одержання порошків.

Одержання порошків металів та сплавів відновлюванням оксидів та солей металів. Основи термодинаміки відновлювальних процесів. Механізм та кінетика відновлювальних процесів порошкових систем. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків, які одержуються.

Закономірності одержання порошків металів відновлюванням оксидів та солей металів воднем, вуглецем та вуглецьвміщуваними газами, металотермією. Вплив технологічних факторів на параметри відновлення та властивості одержуваних порошків.

Основні промислові методи одержання порошків відновлюванням.

5. Електрохімічні методи одержання порошків металів.

Одержання порошків металів електролізом водяних розчинів солей металів. Фізико-хімічні основи методу. Вплив різних факторів (щільності струму, концентрації електроліту, кислотності розчину, часу електролізу, вмісту домішок) на техніко-економічні показники процесу та формування структури та властивостей порошків.

Одержання порошків металів електролізом розплавів солей металів. Вплив параметрів процесу на формування властивостей порошків.

Одержання порошків металів автоклавним методом, цементацією та міжкристалітною корозією. Суть методів та вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків.

6. Газофазні методи одержання порошків.

Одержання порошків металів дисоціацією карбонілів.

Одержання порошків випарюванням-конденсацією, відновлюванням в газовій фазі. Закономірності проходження реакцій у газовій фазі за участю та без участі поверхні. Вплив різних факторів на формування властивостей порошків, що одержуються з газової фази.

7. Одержання порошків металів та сплавів розпилюванням розплавів. Розпилення газами та рідиною. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків. Вплив технологічних факторів на формування властивостей порошків.

8. Одержання порошків безкисневих тугоплавких сполук. Фізико-хімічні закономірності отримання тугоплавких сполук синтезом з елементів, відновленням оксидів металів з одночасними карбідізацією (азотуванням, боруванням, силіціюванням, сульфидуванням), електролізом, плазмовохімічним способом. Вплив різних факторів на отримання порошків з заданими властивостями. Технологічні особливості процесів та обладнання.

9. Одержання волокон та вусів. Класифікація методів одержання. Закономірності одержання волокон та вусів з розплавів, електролізом, осадженням з газової фази. Одержання волокон змішаними методами.

Розділ III

1. Пресування (формування) порошкових тіл.

1.1. Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.

Закономірності ущільнення пластичних та крихких порошків.

1.2. Вплив властивостей порошків та їх структури на їх ущільнення.

1.3. Аналітичний опис процесів пресування. Поняття контактного перерізу та контактної поверхні. Характеристика рівнянь формування.

1.4. Вплив різних факторів на розподіл щільності у пресовках. Боковий тиск, зовнішнє та внутрішнє тертя, сила виштовхування, пружна післядія. Використання мастил при формуванні; їх роль у розподілі щільності та формуванні структури формовок.

1.5. Варіанти пресування. Практика пресування. Підготовка порошків для пресування. Відпал, класифікація, розсів. Змішування порошків. Грануляція шихти, визначення наважки, дозування. Варіанти пресування. Одно- та двостороннє пресування. Пресування на механічних та гідравлічних пресах.

1.6. Ізостатичне пресування. Різновиди ізостатичного формування. Закономірності ізостатичного формування, вплив різних факторів на процес формування структури та властивостей виробів. Математичний опис ізостатичного формування. Особливості газостатичного формування.

1.7. Пресування довгомірних виробів. Пресування скошеним пуансоном. Пресування прокаткою. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей прокату з порошків. Основні закономірності прокатки порошків.

1.8. Швидкісне (імпульсне) Пресування. Методи імпульсного формування. Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення при імпульсному формуванні. Структура та властивості виробів.

1.9. Мундштучне формування та екструзія. Закономірності формування цими методами.

1.10. Шлікерне литво, литво з термопластичних мас, інжекційне формування. Вплив різних факторів на характер розподілу щільності та формування властивостей виробів.

1.11. Вібраційне формування. Закономірності вібраційного формування.

1.12. Брак під час пресуванні. Причини браку та можливість його виправлення.

2 Спікання

2.1. Характеристика процесів, що лежать в основі спікання. Визначення термінів спікання з технологічного та термодинамічного кута зору. Зовнішні ознаки спікання, усадка при спіканні, види усадки. Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатних температурах та при нагріві з точки зору наявності дефектів та дифузійних процесів. Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск.

2.2. Спікання однокомпонентних систем як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева самодифузія, перенесення через газову фазу. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки. Вплив структурного та геометричного факторів на процес спікання. Феноменологічний опис процесу спікання.

2.3. Спікання в реальних умовах. Вплив різних факторів (температури, часу, властивостей вихідних порошків та формовок, умов спікання та ін.) на кінетику процесів спікання та формування структури та властивостей виробів.

2.4. Активоване спікання. Методи інтенсифікації процесів спікання. Фізичні та фізико-хімічні методи активації спікання. Спікання за рахунок зовнішнього впливу на матеріал та за рахунок використання матеріалів з наперед заданим активним станом. Фізико-хімічні явища, які лежать в основі різних методів активованого спікання.

2.5. Спікання за наявності зовнішнього тиску. Гаряче пресування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури і властивостей виробів при гарячому пресуванні. Феноменологічний опис процесу гарячого пресування.

Гаряче ізостатичне пресування, динамічне гаряче пресування, гаряче кування та штамповка пористих заготовок. Закономірності формування структури та властивостей виробів під час використання цих методів.

2.6. Спікання багатокомпонентних систем. Закономірності та кінетика спікання багатокомпонентних систем у твердій фазі. Роль процесів гетеродифузії.

Особливості усадки та процесів формування структури та властивостей порошкових виробів під час спікання систем з необмеженою розчинністю компонент, обмеженою їх розчинністю та розчинних один в одному.

2.7. Спікання багатокомпонентних систем у присутності рідкої фази. Роль змочуваності твердої фази рідкою. Вплив різних факторів (змочуваності, розчинності компонент, щільності формовок, кількості рідкої фази та інш.) на процес спікання та формування структури та властивостей порошкових та композиційних матеріалів.

2.8. Просочування. Закономірності просочування під час виготовлення порошкових та композиційних матеріалів.

2.9. Властивості спечених порошкових та композиційних виробів. Залежність властивостей виробів від умов спікання та характеристик вихідних матеріалів та пористих заготовок. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів.

Розділ IV

1. Загальна характеристика низькорозмірних систем. Основні парадигми, підходи. Історичні аспекти розвитку наноматеріалів та нанотехнологій. Глобальне значення нанотехнології, наноматеріалів, нанопристроїв для розвитку науки і техніки.

2. Класифікація наноструктурних об'єктів. Визначення розмірності і її роль у фізичних і хімічних явищах. Співвідношення між об'ємом, між фазною межею і поверхнею. Кластери, незвичайні нанооб'єкти. Дефекти в кристалічних об'єктах.

3. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Розмірна залежність фізичних властивостей.

4. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Розмірна залежність кінетичних і механічних властивостей.

5. Основні методи отримання нанодисперсних порошків. Класифікація.

Синтез в умовах нанореакторів. Отримання нанопорошків подрібненням. Отримання нанопорошків механохімічним синтезом.

6. Фулерени, нанотрубки, нанокластери: технологія отримання, структура, властивості.

7. Методи характеристики наночастинок.

Розділ V

1. Загальні поняття із механічних властивостей.

Дефекти кристалічної ґратки. Напружений і деформований стан матеріалів. Механічні випробування матеріалів.

2. Пружна деформація.

Пружні властивості матеріалів. Непружні властивості матеріалів.

3. Пластична деформація.

Пластичність матеріалів. Деформаційне зміцнення матеріалів.

4. Руйнування матеріалів.

Критерії руйнування. Механізми руйнування. Втомне руйнування.

5. Твердість матеріалів та методики її визначення.

6. Механічні властивості композиційних матеріалів.

7. Високотемпературні властивості матеріалів.

Жароміцність матеріалів. Повзучість.

8. Конструкційна міцність матеріалів.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Під час проведення комплексного фахового випробовування вступникам забороняється використовувати допоміжний матеріал.

Критерії оцінювання результатів фахових вступних випробувань для вступу на II (магістерський) рівень освіти освітньо-професійної програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» спеціальності 132 Матеріалознавство

На комплексному фаховому випробуванні вступник отримує екзаменаційний білет, який включає три питання з переліку зазначених вище тем і розділів навчальних дисциплін.

Відповідь на кожне питання оцінюється за 100-бальною шкалою:

RD	Критерії оцінювання
95...100	Відповідь повна, наведені необхідні схеми, пояснення, приклади і розрахунки, матеріал викладений у логічній послідовності, містить необхідні детальні викладки для формул.
85...94	Відповідь повна, але з незначними неточностями. Наведені визначення основних понять і величин, фізична суть процесів викладена вірно.
75...84	Відповідь повна, принципово вірна, але з несуттєвими неточностями. Наведений скорочений набір схем, пояснень, прикладів, розрахунків.
65...74	Відповідь повна і правильна, але теоретичний матеріал викладений з неточностями і містить окремі несистемні помилки. Наведений скорочений набір схем, пояснень, прикладів і розрахунків.
60...64	Відповідь не повна, але без системних помилок. Викладені базові поняття і наведені визначення основних принципів, фізична суть процесів. Представлені окремі схеми, пояснення, розрахунки містять помилки і неточності.
1... 59	Відповідь неповна з принциповими (грубими) помилками.
0	Відповідь відсутня або її зміст не відповідає питанню.

Загальна оцінка за комплексне фахове випробування обчислюється, як середнє арифметичне значення балів трьох відповідей. Таким чином, за результатами вступного комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Обчислення конкурсного балу в ЄДЕБО проводиться із застосування шкали оцінювання 100...200 балів (подібно до шкали оцінок ЄВІ та ЄФВВ). Відповідно, потрібен перерахунок оцінки рейтингової системи оцінювання (60...100 балів РСО) в 200-бальну шкалу. Такий перерахунок здійснюється згідно з Таблицею відповідності оцінок РСО (60...100 балів) оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів), яка наведена нижче.

Таблиця відповідності оцінок РСО (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Фаховий комплексний іспит
для вступу на другий (магістерський) рівень
вищої освіти освітньо-професійної програми
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 Матеріалознавство.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____

1. Загальна характеристика механічних методів отримання порошків металів та сплавів. Вплив різних факторів. Аналітичний опис.
2. Активоване спікання. Методи активації процесів спікання та їх фізико-хімічна сутність.
3. Загальна характеристика наноматеріалів.

Голова атестаційної підкомісії

(підпис)

Богомол Ю.І.
(прізвище, ініціали)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

До Розділу I

1. Металознавство: Підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ІВЦ “Видавництво “Політехніка”, 2002. –384 с.
2. Діаграми стану потрійних систем: Навч. посібник / В.С. Черненко, О.І. Дудка, В.М. Писаренко, Л.В. Голуб. Під ред. В.С. Черненка. – К. : ІЗМН, 2000. – 90 с.
3. Матеріалознавство: Навч. посібник /Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. –К.: Кондор. – 2009. – 154 с.
4. Сплави на основі заліза: підручник. У 2 т./В.І. Мазур, В. З. Куцова, О.А. Носко, М.А. Ковзель / за аг. Ред. В.І. Мазура. – К. : Вид-во «Політехніка», 2015. –Т.1,2. – 272 с.

До Розділу II

1. Степанчук А.М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук: підручник. – К.: НТУУ”КПІ”, 2007. – 353 с.
2. Дрозденко Олександр Сергійович, автор. Порошкова металургія : лекції / Олександр Дрозденко, Олександр Левенко. - Дніпро: Домінанта Прінт, 2020.
3. Штерн Михайло Борисович, автор. Механічні та комп'ютерні моделі консолідації гранульованих середовищ на основі порошків металів і кераміки при деформуванні та спіканні : монографія / Михайло Борисович Штерн, Віктор Борисович Рудь ; за редакцією В.В. Скорохода ; Міністерство освіти і науки України, Національна академія наук України, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Луцький національний технічний університет. - Луцьк : Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету, 2010. - 230 с.
4. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування та спікання порошкових та композиційних матеріалів: метод. Вказівки до виконання лабор. робіт для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» / А.М. Степанчук.– Київ: НТУУ «КПІ», 2009. – Ч.І. – 76 с.

До Розділу III

1. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: Навчальний посібник. /А.М. Степанчук. – Київ : ЗАО "ВПОЛ", 2016. – 320 с.

2. Дрозденко Олександр Сергійович, автор. Порошкова металургія: лекції / Олександр Дрозденко, Олександр Левенко. - Дніпро : Домінанта Прінт, 2020.

3. Штерн Михайло Борисович, автор. Механічні та комп'ютерні моделі консолідації гранульованих середовищ на основі порошків металів і кераміки при деформуванні та спіканні: монографія / Михайло Борисович Штерн, Віктор Борисович Рудь ; за редакцією В.В. Скорохода ; Міністерство освіти і науки України, Національна академія наук України, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Луцький національний технічний університет. - Луцьк : Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету, 2010. - 230 с.

4. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування та спікання порошкових та композиційних матеріалів: метод. Вказівки до виконання лабор. робіт для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» /А.М. Степанчук.– Київ: НТУУ «КПІ», 2009. – Ч.І. – 76 с.

До Розділу IV

1. Скороход В.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах / В.В. Скороход В.В., І.В. Уварова , А.В. Рагуля. – Академперіодика, 2001. –150 с.

2. Рагуля А.В. Наукові основи створення наноматеріалів [Електронний ресурс] : конспект лекцій / А.В. Рагуля. – Електронні дані. – Київ, 2021.

3. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огієнко, О.В. Решетняк. – Київ: Наукова думка, 2008. – 424 с.

4. Габ Ангеліна Іванівна, автор. Наноматеріали: класифікація, технології одержання, особливі властивості, основні методи досліджень та напрями застосування : навчальний посібник / А.І. Габ, Д.Б. Шахнін, В.В. Малишев ; Міністерство освіти і науки України, Університет "Україна". - Київ : Університет "Україна", 2020. - 235 с.

5. Кунтий Орест Іванович, автор. Електрохімічний синтез металевих наночастинок і нанокompatитів : монографія / О.І. Кунтий, М.М. Яцишин, Г.І. Зозуля, О.Я. Добровкцька, О.В. Решетняк, за редакцією О.Кунтого та О. Решетняка ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. - 286 с.

До Розділу V

1. Основи механіки руйнування : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напр. підгот. "Інженерне матеріалознавство" / В.С. Майборода [та ін.] ; Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2010. - 124 с.

2. Богданов В'ячеслав Леонідович. Основи експериментальних методів механіки деформівного твердого тіла : навчальний посібник / В.Л. Богданов, Я.О. Жук, О.С. Богданова; Національна академія наук України, Міністерство освіти і науки України, Відділення цільової підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - Київ : Академперіодика, 2016. - 278 с.

3. Рябічева Людмила Олександрівна. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: навч. посіб. / Л.О. Рябічева; М-во освіти і науки України, Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. - Луганськ : [Вид-во СНУ ім. В. Даля], 2013. - 355 с.

4. Пчелінцев Віктор Олександрович. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посібн. / В.О. Пчелінцев, А.І. Дегула; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, Сумський держ. ун-т. - Суми : Сумський державний університет, 2012. - 246 с.

5. Шкриль Олексій Олександрович, автор. Механіка руйнування: спецкурс: навчальний посібник для студентів галузі знань "Архітектура та будівництво" спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітнього рівня "магістр"/ О.О. Шкриль; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2020. - 103 с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Зав. кафедри ВТМ та ПМ

д.т.н., професор

к.т.н., проф. кафедри ВТМ та ПМ

к.т.н., доц. кафедри ВТМ та ПМ



Юрій БОГОМОЛ

Анатолій СТЕПАНЧУК

Олег СТЕПАНОВ



Програму рекомендовано:

на засіданні кафедри ВТМ та ПМ

протокол № 13 від 06 березня 2024 р.

Зав. кафедри



Юрій БОГОМОЛ