

Національний технічний університет Україна
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Затверджую



Голова Приймальної комісії
Ректор

Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

підпис

29.04.2024

дата

ПРОГРАМА
додаткового вступного випробування

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії
«Матеріалознавство»

за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю
132 Матеріалознавство

Протокол № 1 від «15» квітня 2024 р.

Голова НМК

Петро ЛОБОДА

ЗМІСТ

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	3
3. Навчально-методичні матеріали.....	7
4. Рейтингова система оцінювання.....	11
5. Приклад екзаменаційного білету.....	12

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 132 «Матеріалознавство» проводиться для тих вступників, які мають ступень магістра*.

Освітня програма «Матеріалознавство» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного випробування має виявити рівень підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Теоретичні питання вступного іспиту можна поділити на чотири розділи:

1. Теоретичні основи матеріалознавства.
2. Механічні властивості матеріалів.
3. Нанотехнології та наноструктурні матеріали.
4. Сучасні методи дослідження матеріалів.

Перші два розділи містять загальні питання, відповідь на які має знати кожен спеціаліст в галузі матеріалознавства. Останні два розділи є більш орієнтованими на спеціальну підготовку вступника.

Завдання вступного випробування складається з трьох теоретичних питань. До екзаменаційного білету включаються відповідно: 1 питання з першого або другого розділів, 2 - з третього, 3 - з четвертого.

Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години.

У наступному розділі програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Матеріалознавство» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту, вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра.

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

1.1. КРИСТАЛІЧНА БУДОВА МАТЕРІАЛІВ.

Електронна будова матеріалів. Типи міжатомного зв'язку: іонні, ковалентні, металічні та молекулярні зв'язки.

Кристалічна будова твердих тіл. Елементи симетрії кристалів і кристалічної структури. Атомні та іонні радіуси. Координаційні числа. Основні типи просторових решіток в металах та їх характеристика. Поліморфізм. Анізотропія фізичних властивостей кристалів.

Будова реальних кристалів. Класифікація дефектів решіток: точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні.

1.2. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕОРІЇ ТВЕРДИХ ТІЛ.

Електронна теорія міжатомного зв'язку. Теплопровідність, електропровідність і електронна теплоємність металів. Напівпровідникові і діелектричні властивості твердих тіл. Власна і домішкова провідність напівпровідників.

Магнітні властивості матеріалів. Діамагнетизм, парамагнетизм, феромагнетизм. Магнітострикція. Металічні і керамічні магніти.

1.3. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ МЕТАЛІВ.

Тепловий рух атомів у металах. Коливання решітки, теплоємність і теплове розширення, його зв'язок з кристалічною будовою і властивостями металів. Дифузія в твердому тілі. Механізм дифузії. Залежність параметрів дифузії від температури. Самодифузія. Анізотропія дифузії. Зерногранична та поверхнева дифузія.

1.4. КРИСТАЛІЗАЦІЯ.

Термодинаміка процесу кристалізації. Утворення і ріст зародків твердої фази. Кінетика кристалізації, фактори, що впливають на кристалізацію. Величина зерна. Модифікування рідкого металу. Форма кристалів, побудова зливка. Одержання монокристалів. Вторинна кристалізація.

1.5 Будова металевих сплавів

Типи взаємодії компонентів в металевих сплавах. Механічні суміші. Хімічні сполуки. Тверді розчини на базі одного з компонентів сплаву, їх типи та загальні властивості. Тверді розчини на базі хімічних сполук. Впорядковані тверді розчини. Фази Лавеса та інтерметалідні сполуки. Фази впровадження. Електронні сполуки. Аморфні сплави. Методи отримання, структура, властивості, особливості застосування. Нанокристалічні сплави. Методи отримання, структура, властивості, особливості застосування.

1.6 Діаграми стану подвійних систем

Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови і зображення подвійних діаграм фазової рівноваги. Правило фаз Гііббса. Правило Мазінга. Правило відрізків.

Типові діаграми стану подвійних сплавів. Діаграма з необмеженою розчинністю у рідкому та твердому стані. Діаграма з евтектичним перетворенням та обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Діаграма з ретроградним плавленням. Трикутник Таммана. Діаграма з перетектичним перетворенням. Подвійні діаграми з проміжними фазами. Діаграми стану із стійкими хімічними сполуками. Діаграми стану із нестійкими хімічними сполуками, що утворюються в твердому стані. Діаграми стану з неповною розчинністю або обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Діаграма з монотектичним перетворенням. Діаграма з синтектичним перетво-

ренням. Діаграми з поліморфним перетворенням. Взаємозв'язок між структурою та властивостями (закони Курнакова).

1.7 Діаграми стану потрійних систем

Загальні закономірності побудови потрійних діаграм. Способи визначення хімічного складу трьохкомпонентних сплавів. Правило важеля (правило відрізків). Правило центру маси конодного трикутника.

Типові діаграми стану потрійних сплавів. Діаграма стану потрійних систем з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і твердому стані. Гориризонтальний (ізотермічний) та вертикальний (політермічний) розріз даної діаграми. Діаграма з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані з потрійною евтектикою. Гориризонтальний та вертикальний розріз даної діаграми. Кристалізація типових сплавів. Діаграми стану з подвійною проміжною фазою постійного складу. вертикальний розріз даної діаграми

2. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

2.1. МІЦНІСТЬ І ПЛАСТИЧНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Тензор напружень і тензор деформацій. Пружні константи металів. Теорія деформації. Типи напруженого стану матеріалів. Плоский напружений стан. Концентрація напружень. Механічні характеристики матеріалів.

Кооперативні процеси переміщення атомів. Процеси ковзання та двійникування. Дислокації. Крайові, гвинтові і змішані дислокації. Вектор Бюргерса. Ковзання і переповзання дислокацій. Утворення дислокацій. Деформування монокристалів і полікристалів. Вплив пластичної деформації на структуру і властивості матеріалів. Вплив границь зерен на пластичну деформацію полікристалів.

Зміцнення матеріалів. Деформаційне зміцнення при створенні твердих розчинів і взаємодія дислокацій з домішками. Рівняння Холла-Петча. Дисперсійне твердіння. Тріщиностійкість.

2.2. РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ.

Види і механізми руйнування. В'язкість руйнування. Підходи лінійної механіки руйнування до вибору конструкційних матеріалів і розрахунку розміру допустимого дефекту. Методи визначення тріщиностійкості. Конструкційна міцність. Критерії конструкційної міцності. Надійність і довговічність.

2.3. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ.

Залежність границь текучості і ударної в'язкості матеріалів від температури. Явище факторів. Поводження матеріалів при низьких (гелієвих) температурах. Повзучість, тривала міцність, релаксація напружень. Типи і механізми повзучості в металах. Вплив структури, часу і швидкості деформації на процес руйнування в умовах високих температур. Мікромеханізми руйнування. Методи випробування при висо-

ких температурах. Застосування підходів механіки руйнування для прогнозування довговічності і швидкості повзучості. Термоактиваційний аналіз повзучості.

2.4. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ.

Природа явищ втоми. Механізм втомленого руйнування. Крива втоми. Кінетичні діаграми втомного руйнування. Застосування підходів лінійної механіки руйнування для прогнозування довговічності при циклічному навантаженні. Порогові значення коефіцієнтів інтенсивності напруження. Вплив структури і умови навантаження на характеристики тріщиностійкості матеріалів при циклічному навантаженні в умовах багатоциклічної і малоциклічної втоми та в умовах корозійного середовища. Термічна втомленість, термічний удар, термостійкість. Вибір матеріалів для роботи в умовах корозії, багатоциклічних і малоциклічних термічних навантаженнях.

2.5. ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

Адсорбційні процеси при деформації і руйнуванні металів. Ефект Ребіндера. Вплив поверхневоактивних середовищ на міцність металів і сплавів. Корозія металів, види корозії.

Закономірність окислення металів. Захист металів від окислення. Корозія металів і сплавів під напругою, корозійне розтріскування. Міжкристалітна корозія. Підхід лінійної механіки руйнування до оцінки працездатності матеріалів з тріщиною під впливом середовищ. Опірність кавітаційному і ерозійному руйнуванню.

3. НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОСТРУКТУРНІ МАТЕРІАЛИ

Поняття про наддисперсний стан речовини, наноструктурні матеріали та специфіку технології їх виготовлення.

Наноструктурні системи. Загальна характеристика наноструктурних систем: кристалічна будова, фундаментальні властивості, фізична та фізико-хімічна кінетика.

Класифікація дисперсних систем за середнім характерним розміром елементів структури: грубодисперсні, тонкодисперсні та надтонкодисперсні (ультрадисперсні). Нанодисперсні системи. Основні параметри геометричної структури. Класифікація наноструктурних систем за топологічними ознаками. Розмірний ефект в наноструктурних матеріалах. Розмірний ефект в діелектриках і магнетиках.

Методи та процеси отримання наноструктурних матеріалів. Процеси, що базуються на топохімічних реакціях.

Закономірності спікання нанодисперсних систем.

Наноструктурні матеріали, отримані інтенсивною пластичною деформацією. Методи інтенсивної пластичної деформації і формування наноструктур. Механічні схеми і режими інтенсивної пластичної деформації. Формування наноструктур при інтенсивній пластичній деформації. Види наноструктур в матеріалах, підданих інтенсивній деформації. Еволюція мікроструктури при інтенсивній пластичній деформації.

Атомна структура і структурна модель наноматеріалів. Фундаментальні характеристики і властивості наноструктурних матеріалів.

Стойкість наноструктур до зовнішньої дії. Еволюція наноструктур при нагріванні.

4. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

4.1. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ, ФАЗОВОГО СКЛАДУ.

Металографія. Просвічуюча і скануюча електронна мікроскопія. Рентгеноструктурний аналіз. Мікрорентгеноспектральний аналіз.

4.2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ.

Методи механічних випробувань; дюрOMETричний аналіз.

4.3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В МЕТАЛАХ І СПЛАВАХ.

Магнітний аналіз фазових і структурних перетворень. Метод Е.Д.С. Метод ядерного магнітного резонансу. Метод ядерного γ -резонансу (метод Месбауера). Метод мічених атомів.

4.4. МЕТОДИ НЕРУЙНУЮЧОГО КОНТРОЛЮ МАТЕРІАЛІВ.

Ультразвукова дефектоскопія. Рентгенівська і γ -дефектоскопія. Методи вихрових струмів. Магнітна і теплова дефектоскопія.

ІІІ. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Література до 1-го розділу

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. – 154с.
4. Сплави на основі заліза: підручник. У 2 т. /В.І. Мазур, В. З. Куцова, О.А. Носко, М.А. Ковзель / за ред. В.І. Мазура. – К. : Вид-во «Політехніка», 2015. –Т.1,2. – 272 с.

Література до 2-го розділу

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'ячеслава 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, Східно-

український 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. 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.

Література до 3-го розділу

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 нанокompозитів : монографія / О.І. Кунтий, М.М. Яцишин, Г.І. Зозуля, О.Я. Добровкцька, О.В. Решетняк, за редакцією О.Кунтового та О. Решетняка ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. - 286 с.

Література до 4-го розділу

1. Холявко, Валерія Вікторівна, Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом галузі знань 13 - Механічна інженерія спеціальності 132 - Матеріалознавство денної та заочної форм навчання / В.В. Холявко, І.А. Владимирський, О.О. Жабинська; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : Центр учбової літератури, 2017. - 156 с.

2. Говорун, Тетяна Павлівна. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів: навч. посіб. / Т.П. Говорун, А.Ф. Будник, В.Б. Юскаєв; М-во освіти і науки України, Сумський державний університет. - Суми : Сумський держ. ун-т, 2014. - 255 с.

3. Мовчан, Станіслав Петрович. Фізичні властивості матеріалів та методи їх визначення: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / С.П. Мовчан, В.К. Жданюк; Міністерство освіти і науки України, ХНАДУ. - Харків, 2006. - 208 с.
4. Структура і фізичні властивості твердого тіла: лабораторний практикум: навч. посіб. для інж.-фіз. і фіз. спец. вузів / [О. Г. Алавердова та ін.]; за ред. Л. С. Палатника. - Київ: Вища школа, 1992. - 310 с.

ІV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали.

2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Кожне завдання комплексного фахового вступного випробування містить три теоретичні питання. Усі питання орієнтовані на спеціальну підготовку вступника.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;
- повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;
- відповідь не відповідає умовам – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;
- повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;
- відповідь не відповідає умовам – 0 балів.

3. Максимальна сума балів за всі питання складає 100 балів. Оцінка виставляється за фактично набрані бали:

- 60...100 балів – «зараховано»;
- 0...59 балів – «не зараховано».

V. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ**Форма № Н-5.05****Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь _____ доктор філософії _____

Спеціальність _____ 132 Матеріалознавство _____

_____ (назва)

Навчальна дисципліна _____ Вступний іспит _____

Екзаменаційний білет № _____

1. Питання 1

2. Питання 2

3. Питання 3

Затверджено

Гарант освітньої програми

_____ Петро ЛОБОДА

Київ 2024

РОЗРОБНИКИ:

Лобода П.І. д.т.н., проф., професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії;

Богомол Ю.І. д.т.н., проф., завідувач кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії;

Карпець М.В. д.т.н., проф., завідувач кафедри металознавства та термічної обробки;

Волошко С.М. д.ф.-м.н., проф., професор кафедри фізики металів;

Макогон Ю.М. д.т.н., проф., професор кафедри фізики металів;

Степанчук А.М. к.т.н., проф., професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії;

Юркова О.І. д.т.н., проф., професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії;

Степанов О.В. к.т.н., доц., доцент кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії.

ПРОГРАМУ РЕКОМЕНДОВАНО:

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

Голова вченої ради



Анатолій МІНЦЬКИЙ

протокол № 4/24

від 16 квітня 2024 р.