



Структура і властивості матеріалів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Матеріалознавство
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/заочна
Рік підготовки, семестр	2 курс, 4 семестр (весняний)
Обсяг дисципліни	6 кредитів ЕКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор Лобода Петро Іванович loboda@imz.kpi.ua Лектор: д. т. н., професор Макогон Юрій Миколайович y.makogon@kpi.ua моб. +38(068)8060763 Лабораторні: д.т.н., професор Лобода Петро Іванович, д.т.н. професор Макогон Юрій Миколайович
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua https://classroom.google.com

Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни є формування наукового світогляду щодо взаємозв'язку між природою, структурою, термодинамікою та кінетикою процесів формування структури та властивостями матеріалів. Структура матеріалів розглядається на електронному, атомарному, нано-, мезо, мікро та макрорівнях. Розкривається вплив параметрів структурних рівнів на фізико-механічні властивості матеріалів. Особлива увага приділяється впливу природи, атомно-кристалічної будови, мікроструктури (точкових, лінійних, об'ємних дефектів, границь зерен, розміру зерен та пор, розподілу зерен та пор за розмірами), фазового складу та структурно-геометричних характеристик фазових складових на властивості міцності, твердості, пружності, пластичності, тепло і електропровідності гомогенних та гетерогенних об'ємних і шаруватих матеріалів. Наводяться розрахунки теоретичної міцності матеріалів базуючись на величинах прямих критеріїв міцності міжатомного зв'язку та вплив розмірів дефектів мікроструктури (пористості, розміру пор, розміру та розподілу за розмірами зерен і пор, границь зерен, їх когерентності та текстурованості на реальну в десятки разів нижчу за теоретичну міцність матеріалу.

Мікроструктура розглядається в тісному взаємозв'язку з кінетикою процесів консолідації порошків з розміром частинок від 3-7 нм до 2 мм, під час спікання та відпалу. Розглядається кінетика процесу ущільнення та росту зерна капілярно-пористого тіла, що одночасно рухається і спікається в присутності рідинної фази в полі температурного градієнту. Описуються механізми процесів коагуляції, коалесценції зерен в капілярно-пористому тілі що представляє собою скелет із частинок тугоплавкої сполуки пронизаної порами заповненими розплавом одного із компонентів тугоплавкої сполуки, взаємодія яких описується діаграмою стану з нерозчинними, частково розчинними компонентами та розчинність одного із компонентів що немонотонно змінюється з температурою. В рамках математичної моделі описується механізм росту зерна внаслідок одночасної реалізації процесів перекристалізації зерен через розплав, коалесценції в присутності рідинної фази, утворення та розпаду твердого розчину згідно з діаграмою стану. На прикладі спрямованої кристалізації увазі бінарних евтектичних сплавів із тугоплавких сполук розглядається механізм формування композитів мікроструктура яких представляє монокристалічну матрицю із однієї тугоплавкої сполуки, армовану монокристалічними регулярно розташованими волокнами іншої тугоплавкої сполуки. Саме на композитах з монокристалічною матрицею і монокристалічними волокнами розглядається вплив природи, атомно-кристалічної будови, мікроструктури, фазового складу на твердість, міцність, пружність, механізми зміцнення та властивості провідності. Доводиться, що правило адитивності не враховує впливу розмірів та кількості волокон на механізми зерно-граничного, деформаційного зміцнення та зміцнення внаслідок напружено-деформованого стану, який забезпечує напруження розтягування в волокнах композиту. Розкривається роль термічних властивостей фазових складових, їх геометричної форми та розмірів просторового розташування, взаємної кристалографічної орієнтації та будови на напружено деформований стан та фізико-механічні характеристики гетеро фазного матеріалу. Розглядається полярна і ретикулярна анізотропія твердості обумовлена атмонокристалічною будовою гомогенних монокристалічних, кількістю та розміром, взаємною кристалографічною орієнтацією фаз гетерогенних матеріалів з монокристалічною матрицею. В рамках фізичного експерименту розкривається вплив концентрації домішок, вакансій, лінійних (дислокацій), об'ємних (границі зерен) дефектів, природи та кількості фаз у величини твердості, міцності, тепло та електропровідності гетерогенних матеріалів з монокристалічною матрицею.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є розвиток у аспірантів професійних компетентностей у відповідності до ОНП, а саме:

- Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання матеріалознавчих задач.
- Здатність аналізувати стан проблеми в галузі матеріалознавства, ідентифікувати шляхи вирішення та синтезувати нове знання на основі власного досвіду розв'язання проблеми.
- Здатність розробляти проекти виробничих технологічних процесів виготовлення виробів з сучасних матеріалів традиційними та генеративними методами.

- Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, модернізації, конструювання та створення нових матеріалів, компонентів та процесів.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- Знання методології наукових досліджень у предметній області та сучасних методів планування та постановки експериментів;
- Знання новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах
- Знання сучасних методів теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів
- Знання закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення
- Знання фундаментальних принципів фізичного, математичного, фізико-хімічного та імітаційного моделювання в матеріалознавстві
- Знання теоретичних засад створення нових матеріалів заданого функціонального призначення: композиційних, наноструктурованих
- Знання сучасних моделей для оцінювання структури та властивостей матеріалів різного функціонального призначення
- Уміння застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації
- Уміння застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів
-

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна базується на компетентностях бакалаврського та магістерського рівня спеціальності Матеріалознавство.

Результати вивчення дисципліни формують інтегральну компетентність та необхідні при виконанні науково-дослідної роботи за темою дисертації

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Ієрархія структурних рівнів порошкових та композиційних матеріалів.

1.1 Вступ. Концепція ієрархії структурних рівнів

1.2 Критерії апріорної оцінки працездатності матеріалів.

1.3 Граничні параметри для заданої основної функції застосування матеріалів. Роль мікро та макроструктури в реалізації граничних можливостей.

1.4 Критерії міцності міжатомного зв'язку Прямі:

- Температура плавлення;
- Температура випаровування (сублімації, дисоціації)

- Теплоота плавлення;
- Теплоота випаровування (сублімації)
- Теплоота деструкції, десоціації
- Хмічний потенціал реакції окисленн.

Не прями:

- Коефіцієнт термічного розширення
- Температура Дебая;
- Модуль пружності

Розділ 2. Кінетика процесу формування мікроструктури порошкових та композиційних матеріалів в полі температурного градієнту

2.1 Формування структури при спіканні порошкових пресовок у полі температурного градієнту

- Спікання гетерогенних пресовок В4С-МеВ2
- Спікання гомогенних пресовок із високочистого порошку
- Вплив тиску захисного середовища на структуру пресовки, що спікається в температурному градієнті.

2.2 Механізм росту зерна при спіканні в умовах великого температурного градієнту і безперервного нагрівання

2.3 Механізми первинної очистки під час перекристалізації частинок порошку та зерен через рідинну фазу

Розділ 3. Теоретичні основи фізико-хімічної обробки і формування мікроструктури порошкових матеріалів

3.1. Модель структури порошкового матеріалу

3.2. Моделювання процесу теплопередачі вздовж циліндричної пресовки із змінним поперечним перерізом та щільністю

3.3. Опис процесу спікання порошкового матеріалу

3.3.1. Моделювання процесів формування структури за механізмом поверхневої дифузії

3.3.2. Формування структури за механізмом рідкофазного спікання

3.3.3. Формування структури за механізмом дифузійно-в'язкого плинупу

3.3.4 Формування структури за механізмом в'язкого плинупу

3.4 Фізико-математична модель процесу капілярного транспорту рідинної фази (розчинника домішок) по пористій порошоків присовці

3.5. Методика розрахунку параметрів структури порошкового матеріалу при спіканні в умовах температурного градієнту

3.6. Аналіз результатів фізичного і обчислювального експериментів

3.7. Закономірності формування структури евтектичних сплавів під час кристалізації із розплаву

3.7.1. Спрямовано закристалізовані сплави LaB6-MeIVB2

Визначення хімічного складу евтектичних сплавів систем LaB6- MeIVB2
Закономірності формування структури спрямовано закристалізованих евтектичних сплавів

Вплив перемішування розплаву на структурно-геометричні характеристики спрямовано закристалізованих сплавів
Неоднорідність структури спрямовано закристалізованих сплавів LaB6-MeIVB2
Вплив кристалографічної орієнтації матричної фази на структурно-геометричні характеристики композитів
Вплив нестабільності швидкості кристалізації на мікроструктуру евтектичних сплавів
Вплив тиску газового середовища на структурно-геометричні характеристики фазових складових спрямовано закристалізованих композитів LaB6– MeIVB2
Вплив кінетичних параметрів процесу росту на розорієнтацію диборидних волокон

Розділ 4. Фізико механічні властивості матеріалів з регулярною гетерофазною мікроструктурою монокристалічна матриця аромвана монокристалічними волокнами

4.1. Механічні властивості природних композитів LaB6-MeB2

4.1.1. Вплив структурно-геометричних характеристик фазових складових на міцність композитів

4.1.2. Анізотропія мікро механічних характеристик матеріалів на основі гексабориду лантану

4.1.3. Механізм зміцнення аромваних керамічних композитів на основі боридів

4.1.4. Вплив тиску захисного газу на механічні властивості спрямовано закристалізованих композитів

4.1.6. Мікро механічні характеристики спеченої самоармованої боридної кераміки

4.2 Механічні властивості спрямовано закристалізованих стержневих евтектичних сплавів B4C-MeIUB2

4.3. Електропровідність спрямовано закристалізованих матеріалів на основі гексабориду лантану

4.4. Вплив природи та мікроструктури на емісійні властивості боридних матеріалів

4.5 Термічна стабільність мікроструктури спрямовано аромваної кераміки

Розділ 5. Агрегатні стани матеріалів та формування наноструктур

Тема 5.1 Агрегатні стани матеріалів.

Тема 5.2. Механізми та кінетика формування конденсату.

Тема 5.3. Поняття про фізичні методи конденсації тонких плівок і покриттів: електронно-променевий, термічний, катодний і магнетронний методи.

Розділ 6 Структура та властивості нанорозмірних плівок

Тема 6.1 Особливості структурно-фазового стану тонких металевих плівок.

Тема 6.2 Фізико-механічні властивості тонких плівок.

Розділ 7. Методи дослідження

Тема 7.1 Методи дослідження структури і фазового складу нанорозмірних матеріалів

Тема 7.2 Методи дослідження властивостей

Розділ 8. Застосування матеріалів у приладобудуванні.

Тема 8.1 Тонкоплівкові силіциди

Тема 8.2 Магнітні і термоелектричні нанорозмірні плівки

Лабораторні заняття

- 1. Вплив природи та дисперсного стану на властивості теплопровідності гомогенних та гетерогенних матеріалів.*
- 2. Дослідження анізотропії механічних властивостей монокристалів та армованих композиційних матеріалів.*
- 3. Макро, мікронапруження, розмір та розорієнтація областей когерентного розсіювання в монокристалах та армованих гетеро фазних матеріалах з монокристалічною матрицею. Оцінка ОКР та макро- і мікронапружень*
- 4. Аналіз текстурного стану текстурдефрактometrією . Кристалографічні текстури та методи їх дослідження.*
- 5. Рентгеноструктурний аналіз монокристалів.*
- 6. Рентгенографія спрямовано закристалізованих багатофазних композитів.*
- 7. Дослідження тонкої структури монокристалів, композитів та полікристалічних порошкових та композиційних матеріалів.*
- 8. Визначення фазового складу, структури плівок методом рентгеноструктурного фазового аналізу.*
- 9. Вивчення фазових перетворень в плівках, відокремлених від підкладки.*
- 10. Визначення товщини плівок методом рентгенівської рефлектометрії.*
- 11. Пошаровий хімічний аналіз плівок методом Резерфордівського зворотного розсіювання.*
- 12. Оцінка напруженого стану у плівкових композиціях.*
- 13. Визначення термічних напружень в шаруватих плівках.*
- 14. Особливості дослідження морфології поверхні плівок за допомогою атомно-силової мікроскопії.*
- 15. Дослідження магнітних властивостей плівок методом SQUID.*
- 16. Визначення енергії магнітної анізотропії у плівках.*
- 17. Дослідження магнітних властивостей плівок методом MOKE.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

- 1. Будова рідких, аморфних та кристалічних матеріалів. Електронний підручник / С.І.Сидоренко, М.В.Белоус, М.О.Васильєв, Є.В.Іващенко, Г.Д.Холомська. - Миколаїв, 1999. - 263 с.*
- 2. Г.П. Кисла, П.І. Лобода, В.Є.Федорчук, М.О. Сисоєв Матеріалознавство тугоплавких металів та сполук. Посібник. – Київ: «Центр учбової літератури», 2017. – 320 с.*
- 3. Лобода П.І. Спрямовано закристалізовані бориди. К.: Праймдрук, 2012. 395 с.*

4. Дифузійне формування нанорозмірних магнітних матеріалів на основі FePt С.І. Монографія Сидоренко, Ю.М. Макогон, І.А. Владимирський .КІІВ Наукова думка 2016, С.-343
5. Макогон, Р.А. Шкарбань, С.И. Сидоренко.«Наноразмерные термоэлектрические пленки на основе скуттерудита CoSb3» / Ю.Н. // Монография, изд.: LAMBERT Academic Publishing. – 2019. – 160 с.
6. С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, Ю.М. Макогон "Актуальні проблеми тонкоплівкового матеріалознавства", Київ, Наукова думка, 2009, 303с.)

Допоміжна (Усі видання наявні в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та/або в електронному вигляді).

1. Філатов О.В., Холявко В.В. Сучасні експериментальні методики фізичного матеріалознавства [Текст]: Лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 050403 „Інженерне матеріалознавство” спеціальності 05040302 „Фізичне матеріалознавство” денної та заочної форм навчання / Уклад.: О.В.Філатов, В.В. Холявко. – К.: НТУУ „КПІ”, 2014. - 200 с
2. Монографія. С.І. Сидоренко, Ю.Н. Макогон, С.М. Волошко. Матеріалознавство тонкоплівкових наноструктур. Дифузія і реакції.-Києв.:Наукова думка, 2000, 571 с.
3. С.І. Сидоренко, Ю.М. Макогон, О.П. Павлова. Тонкоплівкові силіциди. Фактор нанорозмірності. – Київ: Наукова думка, 2011. – 389 с. – ISBN 978-966-00-1068-0;
4. Development in Data Storage, Materials Perspective, edited by S.N. Piramanayagam and T. C. Chong (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2012. -87

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Ієрархія структурних рівнів порошкових та композиційних матеріалів.</p> <p>Вступ. Концепція ієрархії структурних рівнів</p> <p>Критерії апріорної оцінки працездатності матеріалів в заданих умовах експлуатації. Граничні параметри для заданої основної функції застосування матеріалів.</p> <p>Роль мікро та макроструктури в реалізації граничних можливостей.</p> <p>Критерії міцності міжатомного зв'язку Прямі:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Температура плавлення; • Температура випаровування (сублімації, дисоціації) • Теплота плавлення; • Теплота випаровування (сублімації) • Теплота деструкції, десоціації • Хімічний потенціал реакції окисленн. <p>Не прямі:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Коефіцієнт термічного розширення - Температура Дебая; <p>Модуль пружності</p>
2	<p>Кінетика процесу формування мікроструктури порошкових та композиційних матеріалів в полі температурного градієнту. Механізм росту зерна та очистки матеріалу зерен при спіканні в присутності рідинної фази в умовах великого температурного градієнту і безперервного нагрівання</p>
3	<p>Теоретичні основи фізико-хімічної обробки і формування мікроструктури порошкових та композиційних матеріалів</p> <p>Завдання на СРС: с. 75-111 з видання [2]. Принципи моделювання структури порошкового матеріалу</p> <p>Література: конспект лекцій, [5], с. 96-117</p> <p>Завдання на СРС: Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 284-290 з видання [1].</p>
4	<p>Моделювання процесу теплопередачі вздовж циліндричної пресовки із змінним поперечним</p>

	<p>перерізом та щільністю</p> <p>Література: конспект лекцій, [7]. с. 117-196 Література: конспект лекцій, [6].</p> <p>Опис процесу спікання порошкового матеріалу Література: конспект лекцій, [4], с. 282-292</p> <p>Завдання на СРС. Опанувати матеріал, викладений на с. 282-292 з видання [4]</p>
5	<p>Моделювання процесів формування структури за механізмом поверхневої дифузії. Формування структури за механізмами рідкофазного спікання, дифузійно-в'язкого та в'язкого плинну. "Критична" товщина плівок. Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с.25-45 з видання [2].</p> <p>Література: конспект лекцій, [3], с. 57-83</p>
6	<p>Фізико-математична модель процесу капілярного транспорту рідинної фази (розчинника домішок) по капілярно-пористому тілу що спікається в полі температурного градієнту</p> <p>Аналіз результатів фізичного і обчислювального експериментів</p> <p>Розмірний ефект в структурі тонких плівок. Фазовий розмірний ефект. Нанокристалічні матеріали і нанотехнології</p> <p>Література: конспект лекцій, [3], с. 237-245</p> <p>Завдання на СРС: опанувати матеріал, викладений на с. 65-91 з видання [4], на с.424-435[1].</p>
7	<p>Закономірності формування структури евтектичних сплавів під час кристалізації із розплаву</p> <p>Перерозподіл домішок в матеріалах. Процеси дегазації при нагріві. Вимоги до чистоти матеріалів при процесах металізації.</p>
8	<p>Вплив кристалографічної орієнтації матричної фази на структурно-геометричні характеристики композитів</p> <p>Вплив кінетичних параметрів процесу росту на розорієнтацію диборидних волокон</p> <p>Завдання на СРС</p> <p>Опанувати матеріал, викладений на : с. 103-109 з видання [4], с.90-102 з видання [2]</p>
9	<p>Фізико механічні властивості армованих матеріалів з регулярною гетерофазною мікроструктурою «монокристалічна матриця-монокристалічне волокно</p> <p>Додаткова література: [7] – с. 15-23.</p> <p>Механізм зміцнення, тепло і електропровідності в армованих матеріалах з регулярною і нерегулярною мікроструктурою. Література: конспект лекцій, [8], с. 11- 36</p>
10	<p>Стислий огляд основних питань, що будуть розглядатися в другій частині курсу Роль розмірного фактору у формування фазового складу , структури та властивостей тонких плівок. Рідина, аморфні тверді тіла.</p> <p>Література: конспект лекцій, [1], с .5 -25</p>
11	<p>Задачі створення нових матеріалів. Агрегатні стани матеріалів</p> <p>Література: конспект лекцій, [2], с. 32-54</p> <p>Додаткова література: [18] – с. 15-23.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 12-37 видання [3].</p> <p>Зв'язок між властивостями сплавів і типом діаграм станів. Нанокристалічні матеріали і нанотехнології.</p> <p>Наноматериали и нанотехнологии http://www.microsystems.ru/files/publ/601.htm</p>
12	<p>Кристалізація металів.Температура кристалізації. Переохолодження.</p> <p>Література: конспект лекцій, [4], с.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 68-86 з видання [4]</p> <p>Теорія зародкоутворення. Фізична природа особливих "критичних" температур при конденсації плівок.</p> <p>Завдання на СРС: с. 75-111 з видання [2].</p>
13	<p>Технологічні параметри отримання плівок методами термічного та електронно-променевого випаровування фізичне катодне розпилення плівок, реактивне катодне розпилення плівок, високочастотне плазмове розпилення.</p> <p>Література: конспект лекцій, [5], с. 96-117</p> <p>Завдання на СРС: Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 284-290 з видання [1].</p>
14	<p>Йонно-плазмові методи осадження: метод магнетронного осадження. Література: конспект лекцій, [7]. с. 117-196 Література: конспект лекцій, [6].</p> <p>Товщина плівки металу та сплаву як термодимічний фактор.</p>

	Література: конспект лекцій, [4], с. 282-292 <i>Завдання на СРС.</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 282-292 з видання [4]
15	Особливості структури і властивостей аморфних матеріалів. Література: конспект лекцій, [5], с. 57-83 Текстури росту та зародження плівок. “Критична” товщина плівок. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с.25-45 з видання [5].</i> Формування епітаксійних плівок. Практичне впровадження епітаксійних плівок. Література: конспект лекцій, [5].
16	Формування епітаксійних плівок. Практичне впровадження епітаксійних плівок. Література: конспект лекцій, [5]. Особливості структурно – фазового стану тонких металевих плівок. Розмірний ефект в структурі тонких плівок. Фазовий розмірний ефект. Нанокристалічні матеріали і нанотехнології <i>Завдання на СРС:</i> Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 62-89 з видання [4, 6].
17	Домішково-розмірний фактор формування структури металевих матеріалів. Класифікація домішок. Умови попадання домішок в плівку. Перерозподіл домішок в матеріалах. Процеси дегазації при нагріві. Вимоги до чистоти матеріалів при процесах металізації. Література: конспект лекцій, [6], с. 237-245 <i>Завдання на СРС:</i> опанувати матеріал, викладений на с. 65-91 з видання [4], на с.424-435[1]. Властивості матеріалів: оптичні, магнітні, механічні, електричні. Вплив механічних напружень на властивості матеріалів. <i>Завдання на СРС Опанувати матеріал, викладений на : с. 103-109 з видання [4], с.90-102 з видання [2]</i>
18	Застосування матеріалів у приладобудуванні. Плівки силіцидів - функціональні елементи інтегральних мікросхем і мікроприладів. Додаткова література: [7] – с. 15-23. Підвищення якості магнітного запису при застосуванні магнітотвердих плівок на основі FePt. Література: конспект лекцій, [8], с. 11- 36

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед аспірантом:

- *на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує відповідні додатки для викладання матеріалу поточної лекції, додаткових ресурсів, практичних робіт; викладач відкриває доступ студентам до матеріалів дисципліни, викладених у classroom для користування електронними матеріалами лекцій та протоколами практичних занять, а також для звітів та відповідей на питання самостійної роботи;*
- *на лекції та лабораторній роботі заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу. Питання та уточнення студенти задають у відведений для цього час в кінці лекції чи протягом практичного заняття;*
- *роботи захищаються після виконання завдання;*
- *необхідно підготувати звіт з кожної лабораторної роботи з відповідними розрахунками та висновками, відповісти на контрольні питання.*

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою занять.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше 60 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 10 лабораторних робіт;
- виконання самостійної роботи (СРС).

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання.

Виконання лабораторних робіт:

- «відмінно» – лабораторна робота виконана своєчасно та захищена на високому рівні – 5 балів;
- «добре» – не достатній рівень захисту лабораторної роботи – 4 бали;
- «задовільно» – низький рівень захисту лабораторної роботи – 3 бали.

Виконання самостійної роботи

Критерії оцінювання:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 40-50 балів;
- «добре» – не повна відповідь (75%-90% потрібної інформації) – 30-39 балів;
- «задовільно» – низький рівень відповіді (60%-75% потрібної інформації) – 20-29 балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 10 \cdot 5 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є: зарахування всіх лабораторних робіт та самостійної роботи.

Отриманий рейтинг кредитного модуля переводиться у традиційні та ECTS оцінки відповідно до таблиці:

Значення рейтингу з кредитного модуля	ECTS	Традиційна оцінка
95-100	A	відмінно
85-94	B	дуже добре
75-84	C	добре
65-74	D	задовільно
60-64	E	достатньо
Менше 60	F	незадовільно

Рейтингова система оцінювання успішності навчання та визначення рейтингу студентів (далі РСО) впроваджується з метою зробити систему оцінювання більш гнучкою, об'єктивною, що сприяє систематичній та активній самостійній роботі аспірантів протягом усього періоду навчання, забезпечує здорову конкуренцію у навчанні, сприяє виявленню і розвитку творчих здібностей аспірантів.

Рейтингова система має на меті оцінку систематичності і успішності роботи студентів з кредитного модуля – "Структура і властивості матеріалів".

В основу РСО покладено поопераційний контроль і накопичення рейтингових балів у аспірантів за різнобічну навчально-пізнавальну діяльність за семестр.

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Кредитний модуль повністю забезпечений навчально-методичною літературою, перелік якої студенти отримують на початку курсу. Також на початку семестру надається силабус, рейтингова система оцінки знань та перелік завдань для самостійної роботи, контрольні питання на поточний та підсумковий контроль. Всі необхідні методичні матеріали для вивчення дисципліни розміщені у системі "Електронний кампус".

Індивідуальне консультування проводиться раз на тиждень згідно з розкладом, затвердженим кафедрою. Протягом семестру аспірантам пропонується опанувати частину матеріалу (більш поглиблено) при виконанні СРС, теми яких наведено після відповідних лекційних завдань.

Виконання самостійних завдань (СРС) розподіляється протягом семестру з врахуванням на час для їх виконання.

Для покращення сприйняття матеріалу, бажано демонструвати протягом аудиторних занять максимальну кількість прикладів практичного прояву явищ, що обговорюються, тощо.

Всі питання, винесені для самостійного опанування слухачі мають оформлювати в своєму конспекті. Дата здачі кожної роботи повідомляється в день її видачі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

професор, д.т.н., професор, Лобода Петро Іванович

професор, д. т. н., професор Макогон Юрій Миколайович

Ухвалено кафедрою фізики металів (протокол № 2-9/20 від 15 вересня 2020 р.)

Ухвалено кафедрою високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 3 від 11 вересня 2020 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № _1_ від _23 вересня 2020 р.)