



Фізика спікання

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Ph-D</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Фізик спікання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,5 кредити ECTS, 13 годин лекцій, 26 годин практикуму, 96 годин СР</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція -1 раз на 2 тижні, практикум – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович mail:astepanchuk@iff.kpi.ua Практикум: к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Одним з методів одержання матеріалів багатофункціонального призначення з властивостями не притаманними для матеріалів отримуваних традиційними методами литва та подальшої механічної обробки, в тому числі і композиційних, є методи, які базуються на технологічних засадах методів порошкової металургії. Основними етапами розробки матеріалів та виготовлення виробів з них є отримання вихідних порошків, які у подальшому формуються у вироби заданих розмірів та спікаються при температурах, нижчих за температуру плавлення основного компоненту. Основним етапом виготовлення таких виробів є операція спікання, заготовок, від якої багато у чому залежать кінцеві

властивості матеріалів та виробів з них. Змінюючи умови спікання можна у широких межах змінювати структуру та властивості матеріалів і, як наслідок, їх функціональні характеристики. В зв'язку з цим основними завданнями дисципліни “Фізика спікання” є надання аспірантам фундаментальних знань, які б надали їм можливість на основі глибокого розуміння фізико-хімічних явищ, що лежать в основі створення матеріалів з застосуванням методів порошкової металургії, створювати фізичні моделі процесів, встановлювати кінетику процесів та проводити їх аналітичний опис з метою отримання матеріалів з наперед заданими властивостями та структурою.

Глибоке розуміння процесів спікання порошкових виробів базується на фундаментальних законах хімії, фізичної хімії, фізики, конденсованого стану, термодинамічних та кінетичних засад створення матеріалів.

Дисципліна “Фізика спікання” дає аспіранту можливість у подальшому при розробці нових матеріалів на базі глибокого знання фізико-хімії явищ і процесів створювати їх з заданим комплексом фізико – технічних властивостей. Дає можливість детально вивчити фізико-хімічні закономірності процесів спікання порошкових виробів, вплив різноманітних факторів на формування їх властивостей і технологію їх виготовлення.

Вивчення дисципліни базується на вивченні таких фундаментальних дисциплін як “Математика”, “Фізика”, “Фізичне матеріалознавство”, “Фізична хімія”, “Фізика конденсованого стану”, “Теоретична та прикладна механіка”, “Термодинаміка матеріалів”, “Кінетика процесів в матеріалах” та інших.

Вивчення дисципліни дає можливість аспіранту у подальшому при проведенні наукових досліджень з розробки нових матеріалів більш глибоко оволодіти спеціальними технологічними прийомами виготовлення порошкових та композиційних матеріалів з метою отримання їх з заданими структурою та властивостями на базі створення фізичних та аналітичних моделей процесів.

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів

здатностей:

- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних та міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства;
- Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп’ютерне моделювання матеріалознавчих задач;
- Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення;

а також розвиток загальних компетентностей, що полягають у:

- Здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань;
- 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;
- Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, фізико-математичне, фізико-хімічне та комп’ютерне моделювання розроблюваних матеріалів та процесів з метою оптимізації їх властивостей;
- Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- Методології наукових досліджень у предметній області та сучасних методів планування та постановки експериментів;
 - Методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації;
 - Підходів забезпечення оригінальності в розробці та застосуванні ідей в контексті наукового дослідження;
 - Новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах;
 - Фізичних, хімічних та математичних принципів матеріалознавства;
 - Сучасних методів теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів;
 - Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення;
 - Фундаментальних принципів фізичного, математичного, фізико-хімічного та імітаційного моделювання;
 - Теоретичних засад створення нових композиційних матеріалів заданого функціонального призначення;
 - Методології проведення наукових досліджень з метою створення нових композиційних матеріалів заданого функціонального призначення;
- Сучасних моделей для оцінювання рівня властивостей композиційних матеріалів.

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;
 - Застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів
- З використанням цих умінь фахівець повинен уміти:
- За відомими методиками, з використанням сучасного аналітичного опису проводити розрахунки оптимальних режимів спікання порошкових виробів;
 - Встановлювати та обґрунтувати механізм спікання порошкових композиційних матеріалів;
 - Аналізувати вплив різноманітних параметрів на формування структури та властивостей порошкових виробів з точки зору сучасних уявлень про фізико-хімічні процеси, які їх супроводжують;
 - Розробляти методики дослідження процесів спікання порошкових композиційних матеріалів, проведення процесів спікання.

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

Дисципліна викладається у третьому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки докторів філософії. Для успішного засвоєння дисципліни, аспірант повинен володіти набором компетентностей аспірантського рівня, зокрема:

- здатність застосування знань в практичних ситуаціях;
- здатність приймати обґрунтовані рішення;

- здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- прагнення до збереження навколишнього середовища;
- володіння англійською мовою на рівні не нижче В1;
- здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань;
- здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації і галузі матеріалознавства
- здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень.

Дисципліна забезпечує розширення наукового та практичного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує заключний набір компетенцій та інтегральну компетенцію. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при розробці теоретичних та технологічних засад створення матеріалів з наперед заданими властивостями методами порошкової металургії та нанотехнологій.

Дисципліна «Фізика спікання» дає аспіранту можливість у подальшому при розробці нових матеріалів на базі глибокого знання фізико-хімії явищ і процесів створювати їх з заданим комплексом фізико – технічних властивостей. Дає можливість детально вивчити фізико-хімічні закономірності процесів спікання виробів з порошкових та наноматеріалів , вплив різноманітних факторів на формування їх властивостей і технологію їх виготовлення.

3 Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна – «Фізика спікання» містить один змістовний модуль: «Фізика спікання»

Розділ I. Спікання як фізико-хімічний процес

1.1. Спікання як кінетичний процес.

Спікання як реологічний процес. Спікання як в'язка течія під дією капілярного тиску по Я.І. Френкелю.

Механізми деформації частинок порошку та їх взаємного переміщення, які визначаються їх ефективною в'язкістю. Дифузійно-в'язкий крип по Херрінгу. Локально-неоднорідна течія зернограничним проковзуванням по Ешбі-Веррелю. Дислокаційна течія під дією капілярних сил.

Феномонологічний опис процесу спікання як об'ємна в'язка течія по В.В.Скороходу.

Спікання як дифузійний процес. Контактне припікання частинок за рахунок об'ємної дифузії вакансій, спікання за рахунок дифузійної коалесценції пор зумовленої градієнтом концентрації вакансій. Спікання за механізмом поверхневої дифузії та дифузійним перенесення через газову фазу. Фізична модель та аналітичний опис процесу спікання як об'ємної самодифузії по Б.Я. Пінесу.

Спікання за механізмом пластичної течії. Аналітичний опис процесу спікання за Дж. Маккензі і Р. Шатлворса та Б. Ларсмахера і З. Шольца.

Фізична модель та аналітичний опис процесу спікання гарячим пресуванням як пластичної течії по М.С. Ковальченку при ущільненні в прес-формах, гарячому штампуванні та гарячій прокатці порошкових матеріалів.

Спікання як квазіхімічна кінетика. Аналітичний опис процесу спікання для випадку об'ємного ущільнення по Івенсену. Аналітичний опис процесу ущільнення при

спіканні по Коблу, який базується на дифузійній теорії. Аналітичний опис процесу спікання по Тіканену.

Розділ II. Спікання як структуроутворюючий процес

2.1 Консолідація дисперсної системи у суцільне тіло. Рушійна сила консолідації – зменшення вільної енергії за рахунок зникнення міжчастинкової поверхні та приповерхневої гомогенізації. Трансформація межі між частинками у міжзеренну і формування фізико-механічних властивостей порошкового тіла за рахунок утворення на міжчастинкових контактах іонно-електронних зв'язків.

Взаємозв'язок і загальні процеси утворення контактів між частинками порошоків при спіканні вільно насипаних порошоків і пресовок з них. Дифузійне заліковування квазидвовірних несучільностей у на межі контакту між частинками у пре совках.

2.2. Спікання як процес формування рівноважної пористої структури.

Утворення рівноважної пористості з формуванням заданих фізико-механічних властивостей як наслідок зменшення вільної енергії пористого тіла за рахунок зменшення поверхні пор.

Когерентне об'ємне ущільнення при спіканні порошкового пористого тіла, яке супроводжується зменшенням об'єму пор при збереженні їх кількості.

Локалізоване ущільнення при спіканні порошкового пористого тіла, яке супроводжується зменшенням кількості пор при збільшенні їх об'єму.

2.3. Вплив на структуроутворення при спіканні порошкових матеріалів гетеро дифузії та рекристалізації.

Вирівнювання хімічних потенціалів як рушійна сила утворення рівноважних твердих розчинів, сполук та рівноважної зеренної структури, які зумовлюють формування спеченого матеріалу з заданими фізико-механічними властивостями.

Вплив міжфазної поверхні та коефіцієнта об'ємної гетеродифузії на швидкість утворення твердих розчинів та сполук.

Вплив процесів гетеро дифузії на процеси уповільнення та прискорення спікання.

Вплив рекристалізації на процеси спікання. Механізм уповільнення процесів спікання при наявності рекристалізації. Вплив збільшення розміру зерен при рекристалізації на процеси спікання.

Особливості структуроутворення при спіканні у присутності рідкої фази. Об'ємне зростання виробів при спіканні у присутності рідкої фази.

Термодинамічні засади зернограничного проникнення рідкої фази між зернами та субзернами твердої фази. Вплив зернограничного проникнення рідкої фази на кінетику процесів спікання та формування складу і заданої структури спечених матеріалів і, як наслідок, їх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Розділ III. Спікання як технологічний процес

3.1. Фізико-хімічні засади вибору методу спікання порошкових виробів.

Вільне самодовільне спікання. Сутність спікання в пічному середовищі з радіаційним, індукційним, променевим, мікрохвильовим, електронно-променевим, лазерним, ламповим нагріванням.

Фізична сутність електроімпульсного, електророзрядного спікання, спікання прямим пропусканням струму, СВС– спікання, спікання з використанням екзотермічних реакцій.

3.2. Фізико-хімічні засади застосування спікання з використанням зовнішнього впливу фізичних факторів. Спікання під тиском – статичне та динамічне гаряче пресування. Спікання в ультразвуковому, магнітному та гравітаційному (відцентрове) полі, при дії вібрації.

3.3. Технологічні параметри спікання.

Вплив компонентного складу та агрегатного стану складових порошкового матеріалу на вибір різновиду спікання.

Твердофазне спікання. Спікання однокомпонентних матеріалів. Спікання багатокомпонентних систем, які складаються з розчинних один в одному компонент, обмежено розчинних та нерозчинних один в одному. Зв'язок вибору технологічних режимів спікання багатокомпонентних матеріалів з будовою діаграм стану, які утворюють його складові – з евтектикою, перитектикою, з хімічними сполуками.

Спікання у присутності рідкої фази. Фізико-хімічна сутність різновидів спікання у присутності рідкої фази. Спікання при наявності рідкої фази яка залишається до кінця спіканні та зникає під час спікання.

Температура спікання. Низькотемпературне, високотемпературне, ізотермічне, неізотермічне, циклічне спікання, їх фізико-хімічна сутність.

Середовище спікання. Спікання у відновлювальному, окиснювальному, інертному та активному (ХТО) середовищі, у вакуумі. Вплив середовища спікання на формування заданих властивостей порошкового матеріалу.

4 Навчальні матеріали та ресурси

4.1 Базова література

1. Гегузин Я.Е. Физика спекания. /Я.Е. Гегузин. – М.: Наука,1967. – 360 с.
2. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. /В.В. Скороход. – К. : Наук.думка, 1972. – 149 с.
3. Скороход В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков. / В.В. Скороход, С.М. Солонин . – М. : Metallurgiya, 1984. – 159 с.
4. Olevsky E.A Field-Assistend Sintering. Science and Applications / E.A.Olevsky, D.V.Dudina / – Cham Switzerland. – 2018. –432 s.
5. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления. /М.С. Ковальченко. – К. : Наук. Думка, 1980. – 240 с.
7. Самсонов Г.В. Високотемпературные неметаллические термопары и наконечники. /Г.В. Самсонов, П.С. Кислый. – К. : Наук.думка, 1969. – 181 с.
8. Скороход В.В. Технология процессов формования и спекания порошковых материалов. /В.В. Скороход, М.Б. Штерн. – К. : Знание, 1985.–19 с.
9. Кислый П.С. Спекание тугоплавких соединений. / П.С. Кислый, М.А. Кузенкова, – К. : Наук.думка.1980.– 167 с.
10. Райченко А.И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. /А.И. Райченко. – М. : Metallurgiya, 1987. – 184 с.

4.2 Додаткова література

1. Сердюк Г. Г.Технология порошковой металлургии. Часть 3. Спекание и дополнительная обработка: Учебное пособие./Г.Г. Сердюк, Л.И. Свистун. – Краснодар: Изд. ГО УВПО «КубГТУ», 2005. – 244 с.
2. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых прессовок. /Ю.Г. Дорофеев. – М. : Metallurgiya, 1977. – 175 с.

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)
	Розділ I. Спікання як фізико-хімічний процес
1	<p>Лекції 1,2 – Спікання як кінетичний, реологічний, дифузійний процес. Спікання як реологічний процес. Спікання як в'язка течія під дією капілярного тиску по Я.І. Френкелю. Феномонологічний опис процесу спікання як об'ємна в'язка течія по В.В.Скороходу.</p> <p>Спікання як дифузійний процес. Контактне припікання частинок за рахунок об'ємної дифузії вакансій,. Спікання за механізмом поверхневої дифузії та дифузійним перенесення через газову фазу. Фізична модель та аналітичний опис процесу спікання як об'ємної самодифузії по Б.Я. Пінесу.</p> <p>Лекції 3. Спікання за механізмом пластичної течії. Фізична модель та аналітичний опис процесу спікання гарячим пресуванням як пластичної течії по М.С. Ковальченку при ущільненні в прес-формах, гарячому штампуванні та гарячій прокатці порошкових матеріалів.</p> <p>Спікання як квазіхімічна кінетика. Аналітичний опис процесу спікання для випадку об'ємного ущільнення по Івенсену.</p> <p>СРС: – контактне припікання частинок за рахунок об'ємної дифузії вакансій, спікання за рахунок дифузійної коалесценції пор зумовленої градієнтом концентрації вакансій. Спікання за механізмом поверхневої дифузії та дифузійним перенесення через газову фазу. Фізична модель та аналітичний опис процесу спікання як об'ємної самодифузії по Б.Я. Пінесу.</p> <p>Аналітичний опис процесу спікання за Дж. Маккензі і Р. Шатлворса та Б. Ларсмахера і З. Шольца.</p> <p>Аналітичний опис процесу спікання для випадку об'ємного ущільнення по Івенсену. Аналітичний опис процесу ущільнення при спіканні по Коблу, який базується на дифузійній теорії. Аналітичний опис процесу спікання по Тіканену.</p> <p>– Підготовка до практичних занять робіт.</p> <p>Література : [4], [5]- [8]</p>
3	Розділ II. Спікання як структуроутворюючий процес
	<p>Лекція 4. Консолідація дисперсної системи у суцільне тіло. Рушійна сила консолідації – зменшення вільної енергії за рахунок зникнення міжчастинкової поверхні та приповерхневої гомогенізації.</p> <p>Взаємозв'язок і загал процесів утворення контактів між частинками порошоків при спіканні вільно насипаних порошоків і пресовок з них. Дифузійне заліковування квазідвовірних несучільностей у на межі контакту між частинками у пресовках.</p>

	<p>Спінання як процес формування рівноважної пористої структури. Утворення рівноважної пористості з формуванням заданих фізико-механічних властивостей як наслідок зменшення вільної енергії пористого тіла за рахунок зменшення поверхні пор.</p> <p>СРС: – Когерентне об’ємне ущільнення при спіканні порошкового пористого тіла, яке супроводжується зменшенням об’єму пор при збереженні їх кількості. Локалізоване ущільнення при спіканні порошкового пористого тіла, яке супроводжується зменшенням кількості пор при збільшенні їх об’єму. – Підготовка до лабораторних робіт.</p> <p>Література: [1]-[3], [5]-[8]</p> <p>Лекція 5. Вплив на структуроутворення при спіканні порошкових матеріалів гетеро дифузії та рекристалізації. Вирівнювання хімічних потенціалів як рушійна сила утворення рівноважних твердих розчинів, сполук та рівноважної зеренної структури, які зумовлюють формування спеченого матеріалу з заданими фізико-механічними властивостями. Вплив міжфазної поверхні та коефіцієнта об’ємної гетеродифузії на швидкість утворення твердих розчинів та сполук. Вплив процесів гетеро дифузії на процеси уповільнення та прискорення спікання. Вплив рекристалізації на процеси спікання. Механізм уповільнення процесів спікання при наявності рекристалізації. Вплив збільшення розміру зерен при рекристалізації на процеси спікання.</p> <p>СРС: – Особливості структуроутворення при спіканні у присутності рідкої фази. Об’ємне зростання виробів при спіканні у присутності рідкої фази. Термодинамічні засади зернограничного проникнення рідкої фази між зернами та субзернами твердої фази. Вплив зернограничного проникнення рідкої фази на кінетику процесів спікання та формування складу і заданої структури спечених матеріалів і, як наслідок, їх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей</p> <p>Література: [1]- [5], [8]</p>
	<p>Розділ III. Спінання як технологічний процес</p>
	<p>Лекція 6. Фізико-хімічні засади вибору методу спікання порошкових виробів. Вільне самодовільне спікання. Сутність спікання в пічному середовищі з радіаційним, індукційним, променевим, мікрохвильовим, електронно-променевим, лазерним, ламповим нагріванням. Фізична сутність електроімпульсного, електророзрядного спікання, спікання прямим пропусканням струму, СВС– спікання, спікання з використанням екзотермічних реакцій.</p> <p>СРС: – Фізико-хімічні засади застосування спікання з використанням зовнішнього впливу фізичних факторів. Спінання під тиском – статичне та динамічне гаряче пресування. Спінання в ультразвуковому, магнітному та гравітаційному (відцентрове) полі, при дії вібрації.</p>

Технологічні параметри спікання

Вплив компонентного складу та агрегатного стану складових порошкового матеріалу на вибір різновиду спікання.

Твердофазне спікання. Спікання у присутності рідкої фази. Фізико-хімічна сутність різновидів спікання у присутності рідкої фази. Спікання при наявності рідкої фази яка залишається до кінця спіканні та зникає під час спікання.

СРС:

– **Фізико-хімічні засади застосування спікання з використанням зовнішнього впливу фізичних факторів.** Спікання під тиском – статичне та динамічне гаряче пресування. Спікання в ультразвуковому, магнітному та гравітаційному (відцентрове) полі, при дії вібрації.

– Спікання однокомпонентних матеріалів. Спікання багатокомпонентних систем, які складаються з розчинних один в одному компонент, обмежено розчинних та нерозчинних один в одному. Зв'язок вибору технологічних режимів спікання багатокомпонентних матеріалів з будовою діаграм стану, які утворюють його складові – з евтектикою, перитектикою, з хімічними сполуками.

– Температура спікання. Низькотемпературне, високотемпературне, ізотермічне, неізотермічне, циклічне спікання, їх фізико-хімічна сутність.

– **Середовище спікання.** Спікання у відновлювальному, окиснювальному, інертному та активному (ХТО) середовищі, у вакуумі. Вплив середовища спікання на формування заданих властивостей порошкового матеріалу.

Література:[1]-[3], [6]-[10]

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Цілі практичних занять:

– Вивчення закономірностей процесів спікання порошкових виробів з матеріалів, які розробляються відповідно до теми дисертації аспіранта.

Перелік практичних занять:

Практичні заняття № 1 (4 год.) – Аналітичний опис процесу спікання як об'ємно в'язкої течії.

Практичні заняття № 2 (4 год.) – Аналітичний опис процесу спікання як об'ємної самодифузії.

Практичні заняття № 3 (4 год.) – Визначення оптимальних умов спікання матеріалів згідно теми дисертації з допомогою аналітичного опису процесу спікання як в'язкої течії та об'ємної самодифузії.

Практичні заняття № 4 (4 год.)– Аналітичний опис процесів спікання як пластичної течії.

Практичні заняття № 5 (6 год.)– Визначення оптимальних умов спікання матеріалів згідно теми дисертації з допомогою аналітичного опису процесу спікання як пластичної течії.

Практичні заняття № 6(4 год.) – Визначення умов отримання порошкових композиційних матеріалів з заданими властивостями просоченням.

6 Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспірантів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування результатів аналізу на взаємозв'язок їх з результатами власних наукових досліджень, що відповідають напрямку дисертаційної роботи (26 год.);
- підготовці до виконання завдань практичних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків (52 год.);
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (14 годин).

Політика та контроль

7 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед аспірантом:

Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання конспекту-реферату об'ємом 5-8 тис. знаків, не враховуючи рисунків та таблиць;

- Завдання пропущеного практичного заняття аспірант повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичні 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 ресурсів, тощо.
- Результати виконаних практичних занять оформлюються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами, графіками, копіями екрану – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень згідно теми дисертаційної роботи.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект-реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з практичних занять виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи 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)

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

Рейтингова система має на меті оцінку систематичності і успішності роботи аспіранта з дисципліни “Фізика спікання”.

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

До складу дисципліни входять наступні елементи, що відображають навчальну діяльність аспірантів:

1. Лекції.
2. Практичні заняття.
3. Самостійна робота.

Контрольні заходи з дисципліни передбачають:

1. Виконання 1 модульної контрольної роботи.
2. Семестровий контроль (залік).

Рейтингова оцінка (**RD**) з дисципліни складається з суми балів поточної успішності навчання – r_k , а також заохочувальних/штрафних r_s балів, а саме:

$$RD = \sum_k r_k + \sum_s r_s \quad (1)$$

де $\sum_s r_s \leq 0,1 \sum_k r_k$.

Вагові бали r_k з дисципліни одержуються за наступні види навчальної діяльності:

1. Модульна контрольна робота:
 - повна відповідь – 6,3 бали;
 - неповна відповідь..... – 3–4 бали;
 - незадовільна відповідь..... – 0 балів.
2. Практичні заняття:
 - виконання і захист роботи з глибоким розкриттям фізико-хімічної сутності процесів, що вивчались – 9 балів;
 - активне виконання роботи, опанування матеріалу – 7-8 балів;
 - виконання завдання практичної роботи – 5-6 балів;
 - відсутність на заняттях – 0 бал.

Заохочувальні бали r_s надаються додатково за наступні види діяльності:

- участь у конференціях з тематики дисципліни, модернізація методики проведення практичних занять, підготовка додаткового реферату..... – 4-6 балів;

Штрафні бали r_s (зі знаком «мінус») нараховуються за:

- відсутність на практичних заняттях без поважної причини..... – 1 бал;
- несвоєчасне виконання та захист завдань практичної роботи..... – 1 бал;
- відсутність на лекції без поважної причини – 0,5 бали.

Розрахунок шкали **R** рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру повинна складати **100 балів**.

$$RD = \sum_k r_k + \sum_s r_s = 100 \text{ балів}$$

Рейтингова система з дисципліни заохочує аспіранта до відповідального вибору варіантів навчальної діяльності. Це означає, що аспірант може пропустити певне заняття, але він знатиме, що отримає за це штрафні бали, які змушений буде компенсувати додатковою роботою.

Необхідною умовою допуску аспіранта до семестрової атестації з дисципліни (заліку) є зарахування всіх практичних робіт, контрольних робіт, а також рейтинг не менше 60 % від **RD**, тобто 100 балів.

PCO дає аспіранту можливість до початку екзаменаційної сесії підвищити свій рейтинг з дисципліни завдяки виконанню додаткової роботи з нарахуванням додаткових балів.

Для виставлення оцінок до екзаменаційної відомості RD переводиться у традиційні та ECTS оцінки відповідно до таблиці.

Таблиця 6 – Шкала рейтингового оцінювання знань

Значення рейтингу з дисципліни RD = r_k	Оцінка ECTS та її визначення	Відсоток	Традиційна екзамен. (диф. зал.) оцінка	Традиційна залікова оцінка
$0,95R \leq RD \leq 100$ балів	A – відмінно	10	Відмінно	Зараховано
$0,85R \leq RD < 0,95R$ 85...95 балів	B – дуже добре	25	Добре	
$0,75R \leq RD < 0,85R$ 75...85 балів	C – добре	30		
$0,65R \leq RD < 0,75R$ 65...75 балів	D – задовільно	25	Задовільно	
$0,6R \leq RD < 0,65R$ 60...65 балів	E – достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	10		
$RD < 0,6R$: RD < 60 балів	Gx – незадовільно		Незадовільно	Не зараховано
RD ≤ 0,5R (залік) R < 30 або не виконані інші умови допуску до заліку	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)		Не допущено	

Аспіранти, які набрали протягом семестру необхідну кількість балів, а саме 60 балів чи більше ($RD \geq 0,6R$), мають можливість не складати залік, а отримати залік так званим “автоматом” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни згідно з таблицею; виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки.

Аспіранти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів ($< 0,6R$), тобто оцінку “незадовільно” або “незараховано”, зобов’язані виконувати залікову контрольну роботу але залік.

Аспіранти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше $0,5R_C$, зобов’язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з дисципліни і мають академічну заборгованість (якщо кафедра прийняла ці додаткові умови допуску).

9 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Під час вивчення дисципліни бажано використовувати інформаційні ресурси. Так за наведеними нижче посиланнями можна знайти журнали що відносяться до галузі матеріалознавства.

1. Ceramics International видавництво Pergamon Press Ltd. (United Kingdom)
2. Journal of Alloys and Compounds, издательство Elsevier BV (Netherlands) Нідерланди
3. Materials Today: Proceedings <http://www.materialstoday.com/proceedings>
4. Journal of Materials Research and Technology // www.journals.elsevier.com/journal-of-materials-research-and-technology/editorial-board
5. Surface and Coatings Technology // www.journals.elsevier.com/surface-and-coatings-technology

6. Materials Characterization //www.journals.elsevier.com/materials-characterization
7. Computational Materials Science //www.journals.elsevier.com/computational-materials-science
8. Materials Science and Engineering //www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-a
9. Applied Surface Science //www.journals.elsevier.com/applied-surface-science
10. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials
//www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refractory-metals-and-hard-materials
11. Journal of Solid State Chemistry //www.journals.elsevier.com/journal-of-solid-state-chemistry

Та інші. – *(Вітчизняні, країни СНД тощо)*

2. Аспіранти, які під час вивчення дисципліни розробили фізичну і математичну модель процесу спікання матеріалів згідно теми дисертації підтверджену експериментальними даними заохочуються додатковими балами при рейтинговій оцінці навчання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н., проф., Степанчук Анатолій Миколайович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 1 від 11 вересня 2020 р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол № 1 від 23 вересня 2020 р.)