



СИЛАБУС
обов'язкової навчальної дисципліни
кафедрального каталогу
ФАЗОВІ РІВНОВАГИ
Обсяг (5 кредитів / 150 годин)

Освітня програма «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»
першого рівня вищої освіти
Спеціальність – 132 Матеріалознавство

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

*Лисиця Олена Володимирівна, старший
викладачка кафедри фізичне матеріалознавство.*



Контактна інформація:

- номер телефону: +380(96)599-83-52;
- e-mail: ov_li@i.ua;
- головний корпус, номер аудиторії 152а.

Час і місце проведення консультацій:
згідно розкладу консультацій

ОПИС КУРСУ

Властивості сплавів насамперед визначаються хімічним складом фаз та їх кількісним співвідношенням за масою. Відомості про фази можна отримати при аналізі діаграм фазових рівноваг (діаграм стану).

Вивчаючи дисципліну «Фазові рівноваги» Ви ознайомитесь з фазовими перетвореннями в сплавах як при нагріванні так і при охолодженні, з закономірностями структуроутворення та із зміною властивостей в залежності від хімічного складу сплаву та типу діаграми.

На діаграмах стану подвійних та потрійних металевих систем, а також на поєднанні типів діаграм з властивостями заснована сучасна теорія легування та створення сплавів з заданими експлуатаційними властивостями.

Матеріалознавці та спеціалісти із суміжних областей використовують діаграми для пошуку нових та для покращення існуючих сплавів, а також для оптимізації технології виробництва з них деформівних виробів та відливок. Для металургів діаграми стану є основою для розробки та удосконалення металургійних процесів отримання металів та сплавів.

Діаграми стану допомагають визначати фазовий склад сплавів в рівноважних (або близький до них) умовах, температури початку та кінця фазових перетворень. Знання критичних точок сплавів дозволяє обрати науково обґрунтований підхід до технологічних режимів отримання та наступної обробки сплавів.

Навчальна дисципліна «Фазові рівноваги» надасть Вам необхідні знання з фазових перетворень, структуроутворення та їх впливу на властивостей матеріалів, а також допоможе обрати технологію виготовлення виробів та спосіб їх зміцнення, що стане Вам у



нагоді для роботи на металургійних і машинобудівних підприємствах, в науково-дослідних організаціях та для побудови майбутньої кар'єри.

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. Мета курсу – опанування знань та навичок читання діаграм стану подвійних і потрійних систем, отримання навичок у визначенні структури сплавів та властивостей в рівноважному стані відповідно до діаграми стану; освоєння умов фазових перетворень і процесів структуроутворення в сплавах при нагріванні та охолодженні.

2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

1. Мета курсу – опанування знань та навичок читання діаграм стану подвійних і потрійних систем, отримання навичок у визначенні структури сплавів та властивостей в рівноважному стані відповідно до діаграми стану; освоєння умов фазових перетворень і процесів структуроутворення в сплавах при нагріванні та охолодженні.

2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

загальні компетентності: КЗ.02.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення. КЗ.06.Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. КЗ.11.Здатність працювати в команді.

фахові компетентності: КС.01.Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань. КС.03. Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства. КС.07. Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства. КС.08. Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності. КС.09. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження структури властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем. КС.10.Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань. КС.12. Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів.

очікувані програмні результати навчання: ПРН2 Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми. ПРН4 Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі. ПРН13 Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. ПРН20 Знаходити потрібну інформацію у літературі, консультуватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації. ПРН22 Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Для засвоєння дисципліни необхідно мати загальне уявлення про природу речовин, їх структуру та поведінку за зовнішніх умов, таких як температура та тиск. Важливо розуміти будову речовин, зокрема взаємозв'язок між атомною структурою та властивостями матеріалів, закономірності взаємодії між компонентами в системах, що визначають можливість утворення сплавів, сумішей або нових сполук; також корисними є навички роботи з графічними залежностями, аналізу діаграм і математичного опису



процесів, що дозволяє ефективно інтерпретувати фазові рівноваги та прогнозувати поведінку матеріалів у технологічних і природних умовах.

Опанування цієї дисципліни є важливим етапом для подальшого вивчення матеріалів та їх властивостей, а також для освоєння технологічних процесів, пов'язаних із їхньою обробкою та застосуванням. Отримані знання дозволять: аналізувати та прогнозувати поведінку матеріалів за різних умов, зокрема при зміні температури та складу; використовувати принципи фазових рівноваг для вибору оптимальних матеріалів у різних технологічних і виробничих процесах; розуміти закономірності структурних змін у матеріалах, що впливає на їх механічні властивості, корозійну стійкість та інші експлуатаційні характеристики; застосовувати отримані знання для проектування, розробки та вдосконалення матеріалів з необхідними властивостями. Ці навички є основою для подальшої професійної діяльності у сфері матеріалознавства, дослідницької роботи та інженерних технологій.

ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

В структурному плані зміст навчальної дисципліни поділяється на два змістовних модуля:

1. Подвійні діаграми стану (діаграми з необмеженою розчинністю в твердому стані, Діаграми з обмеженою розчинністю та евтектичним перетворенням, діаграми з проміжними фазами, діаграми з поліморфними перетвореннями). Подвійні діаграми (діаграми стану з упорядкованими твердими розчинами та діаграма стану з монотектичним та монотектоїдним перетворенням).
2. Діаграми стану потрійних систем.
3. Курсовий проєкт.

Таблиця 1 – Загальний тематичний план аудиторної роботи

Номер тижня	Теми лекцій, год.	Теми практичних робіт, год.
1	2	3
Змістовий модуль 1. Діаграми стану подвійних систем. Правило Курнакова-Бочвара.		
1	Основи побудови діаграм стану подвійних систем, (2 год)	П.р. №1 «Побудова діаграм стану подвійної системи за допомогою термічного методу», (2 год.)
2-3	Діаграми стану з необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані, (4 год.)	П.р. №2 «Діаграма стану сплавів із необмеженою розчинністю компонентів у твердому і рідкому станах», (4 год)
4-5	Діаграми стану з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані, (4 год.)	П.р. №3 «Діаграма стану сплавів із обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням евтектики», (4 год)
6-8	Діаграми стану систем з проміжними фазами. Правило Курнакова-Бочвара, (6 год.)	П.р. №4 «Діаграми стану сплавів з обмеженою розчинністю у твердому стані та з перитектичною рівновагою і діаграми стану з проміжними фазами», (6 год)
9-11	Діаграми стану систем з поліморфними модифікаціями компонентів, (4 год)	П.р. №5 «Діаграми стану сплавів із моно- і нонваріантними рівновагами твердих розчинів на основі поліморфних модифікацій компонентів та проміжних фаз», (6 год)
11	Діаграми стану з упорядкованими твердими розчинами. Діаграма	



	стану з монотектичним та монотектоїдним перетворенням, (2 год.)	
Змістовий модуль 2. Діаграми стану потрійних систем		
12-15	Геометричні основи зображення діаграм стану потрійних систем, (2 год)	П.р. №6 «Фазові рівноваги в потрійних системах. Діаграма стану сплавів із незначною розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням потрійної евтектики», (10 год)
	Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і у твердому стані, (3 год)	
	Діаграма стану системи з відсутньою розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням потрійної евтектики., (5 год)	

Таблиця 2 – Загальний тематичний план роботи над курсовим проєктом

Номер тижня (згідно графіка ОП)	Пояснювальна записка	Графічна частина (презентація)
1	2	3
7-11	Вступ. Розділ 1. Діаграма стану сплавів подвійної системи	Діаграма стану подвійної системи. Крива охолодження сплаву 1. Схематичне зображення структури сплаву 1. Залежність твердості від хімічного складу сплавів (правило Курнакова-Бочвара). Схематичне зображення структури 2 сплаву.
12-14	Розділ 2. Діаграма стану потрійної системи Висновки	Політермічний переріз потрійної системи. Діаграма стану залізо-цементит. Концентраційний трикутник. Криві охолодження подвійного та потрійного сплавів.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

_____ (найменування кафедри)

**КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
(РОБОТА)**

з _____
(назва дисципліни)

на тему: _____

Студента (ки) _____ курсу _____ групи
спеціальності _____
освітня програма
(спеціалізація) _____
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____
_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії _____
(підпис) (прізвище та ініціали)
_____ (підпис) (прізвище та ініціали)
_____ (підпис) (прізвище та ініціали)



Кафедра фізичного матеріалознавства

Спеціальність _____

Курс _____ Група _____ Семестр _____

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ З ДИСЦИПЛІНИ «ФАЗОВІ РІВНОВАГИ»

Студентові

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

ТЕМА РОБОТИ

РОЗДІЛ 1. ДІАГРАМИ СТАНУ СПЛАВІВ ПОДВІЙНОЇ СИСТЕМИ _____

1.1. Намалювати одержану діаграму стану, в кожній області записати структурні складові, а також в квадратних дужках вказати фазовий склад структури. Знайти лінії ліквідусу і солідусу.

1.2. Відмітити поліморфізм компонентів. В довідковій літературі з'ясувати тип ґраток та їх параметри для компонентів або їх поліморфних модифікацій та температурні інтервали їх існування.

1.3. Описати характер взаємної розчинності компонентів.

1.4. Дати характеристику фазам і структурним складовим.

1.5. Визначити концентраційні інтервали сплавів, в яких спостерігаються нонваріантні рівноваги. Вказати температури і записати відповідні реакції.

1.6. Знайти сплави, в яких при охолодженні виділяються вторинні та третинні фази. Назвати ці фази, вказати лінії діаграми та температурні інтервали їх виділення із твердих розчинів.

1.7. Знайти інтервали сплавів, в яких не спостерігаються нонваріантні рівноваги у всіх діапазонах температур.

1.8. Використовуючи правило Курнакова-Бочвара, пояснити і схематично намалювати, як будуть змінюватися властивості сплавів в залежності від їх хімічного складу.

1.9. Побудувати криву охолодження сплаву 1: _____ із застосуванням правила фаз та описати фазові перетворення при охолодженні.

1.10. Схематично намалювати структуру цього сплаву при кімнатній температурі. Визначити масову частку структурних складових за правилом відрізків. Позначити структурні складові.

1.11. Для вказаної температури _____, використовуючи правило відрізків, визначити вміст компонентів у фазах та масову частку кожної фази в процентах.

1.12. Схематично намалювати структуру сплаву 2: _____ і описати фазові перетворення при нагріванні цього сплаву.

РОЗДІЛ 2. ДІАГРАМА СТАНУ ПОТРІЙНОЇ СИСТЕМИ _____

2.1. Намалювати політермічний переріз системи _____ з постійним вмістом _____, а також подвійну діаграму системи _____.

2.2. Показати концентраційну лінію сплавів заданого перерізу на концентраційному трикутнику системи.



- 2.3. Показати точки заданих сплавів _____ та _____ на концентраційному трикутнику системи.
- 2.4. Побудувати криві охолодження для цих сплавів використовуючи правило фаз.
- 2.5. Описати фазові перетворення при нагріванні сплавів від кімнатної температури до розплавлення, використовуючи політермічний переріз _____ та діаграму залізо-цементит.
- 2.6. Порівняти розглянутий переріз _____ з подвійною діаграмою системи _____ і вказати вплив _____ на наступні фактори:
- 2.6.1. Зміну температурного інтервалу кристалізації в сплавах _____ та _____.
- 2.6.2. Появу нових фаз у сплавах потрійної системи і температурні інтервали їх існування.
- 2.6.3. Максимальну розчинність вуглецю в аустеніті та фериті в межах областей їх існування.
- 2.6.4. Вказати температурні та концентраційні інтервали, в яких відбуваються перитектичне, евтектичне та евтектоїд не перетворення. Вказати, з яких фаз складається евтектика чи евтектоїд..
- 2.6.5. Описати вплив _____ на температури поліморфного перетворення і пояснити стабілізація якої фази (аустеніту та фериту) відбувається в даній системі.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота проводиться згідно графіку навчального процесу та включає такі види: вивчення матеріалів лекцій, підготовка до виконання лабораторних робіт та їх здачі. До самостійної роботи також входять години консультативної допомоги та контрольні заходи:

- завдання для здачі практичної роботи №1, (1 тиждень навчання);
- завдання для здачі практичної роботи №2, (2-3 тиждень навчання)
- завдання для здачі практичної роботи №3, (4-5 тиждень навчання);
- завдання для здачі практичної №4 (6-8 тиждень навчання);
- завдання для здачі практичної № 5, (9-11 тиждень навчання);
- завдання для здачі практичної №6 (13-15 тиждень навчання);
- курсова робота (7-14 тиждень навчання);
- завдання на залік, (16 тиждень навчання).

На заочному відділенні виконують контрольну та курсову роботу.

РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Навчально-методичні розробки:

1. Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт, курсової і контрольної роботи з дисципліни «Фазові рівноваги» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» денної та заочної форми навчання /Укл.: Л.П. Степанова, О.В. Лисиця, Г.Г. Трикоз. Комп'ютерний набір – Г.Г. Трикоз, графіка – О.В. Лисиця. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 76 с.

2. Варіанти індивідуальних завдань для здачі лабораторних робіт № 1, 2, 3, 4, 5, 6. - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1126>.

3. Завдання на залік. - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1126>.

4. Завдання на контрольну роботу для заочного відділення. - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1126>.

Літературні джерела:

1. Бялік О.М. Металознавство: підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2001. – 375 с.



2. Сплави та їх діаграми стану [Текст] : навчально-метод. посібник / М. Д. Раранський, П. М. Ткачук ; Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці : Рута, 2002. – 80 с.

3. Сухова О.В. Фазові перетворення у сплавах: навч. посібник для студентів фізичних та інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О.В. Сухова. – Д.: РВВ ДНУ, 2009. – 100 с.

4. Діаграми стану потрійних систем [Текст] : навч. посіб. для студ. техн. вищ. навч. закл. України / В. С. Черненко [та ін.] - К. : Нац. техн. ун-т "Київ. політехн. ін-т", 2000. - 90 с.

ОЦІНЮВАННЯ

Контроль успішності спрямований на отримання відомостей про рівень опанування Вами програмного матеріалу, оволодіння теоретичними знаннями та практичними навичками і вміннями, що необхідні для виконання завдань професійної діяльності.

В загальну оцінку знань входять активна участь в діалоговому спілкуванні у рамках лекційного та практичного заняття (20 балів), виконання практичної роботи (20 балів), усні і письмові відповіді на завдання поточного контролю при захисті практичних робіт (60 балів), відповіді на завдання рубіжного контролю (60-100 балів), відповіді на залікове завдання (60-100 балів). Позитивними оцінками для всіх форм контролю є оцінки від 60 до 100 балів за 100-бальною шкалою та оцінка «зараховано» за двобальною. Межею незадовільної оцінки за результатами підсумкового контролю є оцінка нижче 60 балів за 100-бальною шкалою або оцінка «не зараховано» за двобальною шкалою. Отримання оцінки 60 балів та вище або оцінки «зараховано» передбачає отримання позитивних оцінок за всіма, визначеними програмою освітнього компонента, обов'язковими видами поточного, проміжного (рубіжного) контролю.

Форми контролю. Протягом семестру звіти з практичних робіт, усні та письмові відповіді на завдання поточного контролю, рубіжний контроль в середині семестру. Виконана та захищена курсова робота. Наприкінці семестру складається залік.

Для кінцевого контролю використовується наступна схема оцінювання розподілу балів (за засвоєння тем курсу) з отриманням підсумкової середньозваженої оцінки:

Поточне тестування та самостійна робота					Оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2		зараховано
T1	T2	T3	T4	T5, T6	
60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	

T1, T2 ... T6 – теми змістових модулів

Оцінювання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 25	до 25	до 50	100

ПОЛІТИКИ КУРСУ

Політика щодо відвідування. Відвідування занять обов'язкове. Допускається пропуски занять з поважних причин (наприклад, лікарняні, мобільність, індивідуальний графік тощо), що підтверджуються документально. Відпрацювання пропущених Вами занять проводяться згідно графіку консультацій викладачів на кафедрі або ж при необхідності з використанням платформи moodle або в режимі он-лайн на платформі Zoom.

Політика щодо проведення аудиторних занять. Під час проведення занять дотримуйтесь встановленого порядку, приймайте активну участь в обговоренні запропонованих питань, висловлюйте та відстоюйте власну думку, поважайте та ставтесь толерантно до чужої думки.



Політика щодо академічної доброчесності спрямована на самостійне виконання Вами навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливим освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їх індивідуальних потреб і можливостей); вказувати посилання на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; дотримуватись норм законодавства про авторське право, надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності визначених Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізької політехніки» від 29.06.2021 р. (Див. URL: https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf).

Всі роботи Ви виконуєте самостійно, не допускається залучення при розв'язанні індивідуальних завдань та курсової роботи інших студентів. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Для доступу до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle.