

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра фізичного матеріалознавства
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан ІФФ

Олександр КЛИМОВ

2024 року

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК28 Теорія термічної обробки

(шифр за відповідною освітньою програмою та назва навчальної дисципліни)

освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

спеціальність 132 «Матеріалознавство»

(код і найменування спеціальності)

галузь знань 13 Механічна інженерія

(код і найменування галузі)

ступінь вищої освіти Бакалавр

(назва ступеня вищої освіти)

2024 рік

програма з дисципліни Теорія термічної обробки
(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 132 «Матеріалознавство»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

Розробник (и): Грабовський В.Я., к.т.н., доцент
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Програма погоджена:

Завідувач кафедри
фізичного матеріалознавства



Вадим ОЛЬШАНЕЦЬКИЙ

22.08 2024

Гарант освітньої програми



Валерій ВІНІЧЕНКО

(імя прізвище)
22.08 2024

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету
(найменування факультету)

Протокол від «22» серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії



Олександр КЛИМОВ

(імя прізвище)
22.08 2024

1. Опис навчальної дисципліни

Загальна характеристика

Обов'язковий освітній компонент	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	<u>132 «Матеріалознавство»</u>
Обмеження щодо форм навчання	Без обмежень

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів	6	
Модулів	2	-
Змістових модулів	-	-
Семестр	5	5
Загальна кількість годин	180	
з них аудиторних:	74	16
<i>лекції</i>	44	10
<i>практичні</i>	-	-
<i>лабораторні</i>	30	6
<i>семінарські</i>	-	-
з них самостійної роботи:	106	164
Занять на тиждень	2,5	8
Індивідуальні завдання		
Форма контролю	екзамен	
Курсова робота (проект) (загальний обсяг)	-	

2. Мета навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є панування теоретичних основ різних видів термічної обробки сталей та сплавів для подальшого їх практичного використання та розуміння відповідних технологічних процесів.

3. Завдання вивчення дисципліни

Основне завдання навчальної дисципліни полягає в отриманні та розвиненню знань щодо впливу термічної, хіміко-термічної, термомеханічної обробок на мікроструктуру, процеси структурних перетворень і, відповідно, формування властивості сталей та сплавів.

4. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Для успішного вивчення дисципліни "Теорія термічної обробки" студент повинен мати базові знання з фізики, зокрема розуміти основи термодинаміки та процеси теплопередачі, володіти фундаментальними знаннями з хімії щодо хімічних реакцій та фізико-хімічних процесів. Необхідне попереднє розуміння будови та структури матеріалів, кристалічних ґраток, вміння аналізувати фазові діаграми та орієнтуватися в основних механічних, фізичних і технологічних характеристиках матеріалів. Важливим є володіння математичним апаратом та базовими методами дослідження структури матеріалів.

Знання та компетентності, отримані під час вивчення дисципліни "Теорія термічної обробки", є фундаментальними для подальшого освоєння технологій модифікації властивостей матеріалів, розуміння процесів структуроутворення в матеріалах при різних температурних режимах, вибору оптимальних параметрів обробки та прогнозування кінцевих властивостей виробів. Засвоєні принципи та закономірності термічної обробки дозволять студентам ефективно вирішувати практичні завдання з управління структурою та властивостями матеріалів, розробки нових технологічних процесів та оптимізації існуючих режимів термічної обробки в їх подальшій професійній діяльності.

5. Характеристика навчальної дисципліни

Загальні компетентності:

КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення;

КЗ.06. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

Фахові компетентності:

1. **КС 01** Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань.

2. **КС 03.** Здатність продемонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в галузі матеріалознавства.

3. **КС 04** Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства.

4. **КС 05** Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем.

5. **КС 07** Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.

6. **КС 08** Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів.

7. **КС 09** Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.

8. **КС 10** Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань.

9. **КС 15** Здатність застосовувати знання технічних характеристик, умов роботи, для вибору контрольно-вимірвальних приладів;

10. **КС 17**. Здатність обирати методики покращення комплексу технологічних і службових властивостей

11. **КС 18**. Здатність застосовувати та демонструвати базові знання з фундаментальних розділів фізики твердого тіла, фазових рівноваг для розуміння процесів формування структури і властивостей матеріалів, прогнозування їх експлуатаційних характеристик та розробки новітніх технологій виробництва перспективних матеріалів.

Очікувані програмні результати навчання:

1. **РН2** Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

2. **РН10** Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства.

3. **РН13** Розуміти будову металевих та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей.

4. **РН28** Здатність аналізувати та контролювати фізико-хімічні процеси у матеріалах, прогнозувати їх поведінку при міжфазній взаємодії та використовувати ці знання для оптимізації технологічних параметрів виробництва.

5. **РН29** Вміння використовувати залежність між будовою, структурою і властивостями металевих матеріалів, режимів їх термічної обробки для отримання необхідних показників якості виробів відповідно до умов експлуатації в будівельній, машинобудівній та аерокосмічній галузі.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Перетворення в сталях при нагріванні та охолодженні; види відпалу; теорія мартенситного перетворення.

Тема 1. Вступ. Основи термічної обробки; відпал першого роду. Предмет, задачі та зміст дисципліни. Критичні точки сталей. Класифікація видів термічної обробки. Характеристики відпалів першого роду: гомогенізаційний відпал та відповідні структурні зміни; відпал для зменшення внутрішніх напружень, його обґрунтування.

Тема 2. Перетворення в сталях при нагріванні. Утворення аустеніту при нагріванні сталей. Зміна розміру аустенітного зерна. Структурна спадковість. Перегрів та перепал сталей.

Тема 3. Діаграми ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту; відпал другого роду. Дифузійне перетворення аустеніту при охолодженні. Побудова діаграми ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту. Перлітне перетворення в сталях. Відпал другого роду сталей: повний, неповний, сфероїдизуючий, ізотермічний, нормалізаційний.

Тема 4. Гартування з поліморфним перетворенням. Термодинаміка мартенситних перетворень. Особливості мартенситного перетворення у вуглецевих сталях, його кристалогіометрія та зворотність. Зсувний та нормальний механізми перетворень ґраток, умови їх реалізацій. Утворення зародків мартенситу. Мікро– та субструктура сплавів, що загартовані на мартенсит. Кінетика мартенситних перетворень. Термічна стабілізація аустеніту. Вплив деформації на мартенситне перетворення. Ефект пам'яті форми в сплавах. Бейнітне перетворення в сталях.

Змістовий модуль 2. Гартування та відпускання сталей; термічна обробка сплавів без поліморфних перетворень; хіміко-термічна та термомеханічна обробка.

Тема 1. Вибір режимів гартування; загартовуваність та прогартовуваність сталей. Критична швидкість охолодження та структура загартованої сталі в залежності від легування. Зміна властивостей сталі при гартуванні на мартенсит. Загартовуваність та режими гартування сталей. Поверхневе гартування сталей. Прогартовуваність сталей та фактори, що її визначають.

Тема 2. Відпуск сталей. Структурні зміни при відпусканні сталей (стадії відпуску). Зміни властивостей при відпусканні сталей; вплив легувальних елементів. Відпускна крихкість першого та другого роду. Види відпуску.

Тема 3. Гартування та старіння сплавів без поліморфних перетворень. Вплив температури гартування на структуру та властивості сплавів. Термодинаміка процесів виділення з пересиченого твердого розчину. Структурні зміни при старінні. Типи виділень, їх форма та розташування. Безперервний та перервний

(комірковий розпад) пересиченого твердого розчину. Стадії розпаду при дисперсійному твердінні. Зміни властивостей при старінні. Вплив хімічного складу сплавів на старінні в подвійних та потрійних системах; роль домішок. Вибір режимів старіння. Сходинкове старіння.

Тема 4. Хіміко – термічна обробка. Цементация сталей, структура до та після термічної обробки; різновиди режимів гартування. Азотування сталей та відповідні структурні перетворення. Дифузійне насичення металами.

Тема 5. Термомеханічна обробка (ТМО).

Низько та високотемпературна ТМО сталей, що загартовуються на мартенсит. ТМО з деформацією під час перлітного перетворення. Особливості ТМО сплавів що старіють.

7. Орієнтовний розподіл навчального часу

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
МОДУЛЬ 1												
Тема 1. Тема 1. Вступ. Основи термічної обробки; відпал першого роду.	14	2		4		8	16,5	0,5				16
Тема 2. Перетворення в сталях при нагріванні.	18	4		4		10	18,5	0,5				18
Тема 3. Перетворення в сталях при охолодженні; відпал другого роду.	14	6		4		4	10	2		2		6
Тема 4. Гартування сталей з поліморфним перетворенням; будова мартенситу.	44	10		2		32	52	2		2		48
Разом за модулем 1	90	22		14		54						
МОДУЛЬ 2												
Тема 1. Вибір режимів гартування; загартовуваність та прогартовуваність сталей.	12	4		4		4	11	1				10
Тема 2. Відпуск сталей.	12	2		4		6	13	1		2		10
Тема 3. Гартування та старіння сплавів без поліморфних перетворень.	42	8		4		30	42	2				40
Тема 4. Хіміко – термічна обробка.	16	6		4		6	10,5	0,5				10
Тема 5. Термомеханічна обробка (ТМО).	8	2				6	6,5	0,5				6
Разом за модулем 2	90	22		16		52						
Усього годин	180	44		30		106	180	10		6		164

8. Лабораторні роботи та їх орієнтовний зміст

№ з/п	Тема	Вид занять	Орієнтовний зміст
1	Визначення критичних точок сталі методом пробного гартування	<i>лабораторні</i>	Експериментальне отримання значень критичних точок сталі
2	Вивчення схильності сталі до росту зерна аустеніту	<i>лабораторні</i>	Визначення спадкового зерна в сталях
3	Ізотермічне перетворення аустеніту в сталі	<i>лабораторні</i>	Побудова діаграми ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту
4	Гартування та загартовуваність сталі	<i>лабораторні</i>	Розгляд перетворень при гартуванні
5	Відпуск сталі	<i>лабораторні</i>	Зміна структури та властивостей при відпуску
6	Істинне гартування і старіння ступу Д1	<i>лабораторні</i>	Зміна структури та властивостей при гартуванні і старінні
7	Цементация сталі	<i>лабораторні</i>	Будова та твердість цементованого шару
8	Гомогенізація з нагріванням вище температури нерівновагового солідусу.	<i>індивідуальні</i>	Аналіз процесів високотемпературної гомогенізації металевих сплавів при нагріванні вище лінії нерівновагового солідусу для усунення хімічної неоднорідності та покращення структурної однорідності матеріалу.
9	Особливості структурної спадкованості та перекристалізації аустеніту.	<i>індивідуальні</i>	Дослідження механізмів впливу вихідної структури сталі на формування та розвиток аустенітних зерен при фазовому перетворенні, а також особливостей їх подальшої перекристалізації.
10	Термодинамічні основи утворення структури при гартуванні сплавів з поліморфним перетворенням.	<i>індивідуальні</i>	Вивчення термодинамічних закономірностей та механізмів структуроутворення під час гартування металевих сплавів, що зазнають поліморфних перетворень при різких змінах температури.

11	Термодинаміка процесів утворення виділень з пересиченого твердого розчину.	<i>індивідуальні</i>	Аналіз термодинамічних аспектів та кінетики процесів розпаду пересичених твердих розчинів з формуванням дисперсних фаз при старінні металевих сплавів.
12	Явище звороту при старінні.	<i>індивідуальні</i>	Дослідження особливого виду старіння металевих сплавів, при якому відбувається зміна напрямку процесу виділення надлишкових фаз, що призводить до нетипової зміни властивостей матеріалу.
13	Утворення та будова однофазної та багатофазної дифузійних зон при ХТО.	<i>індивідуальні</i>	Дослідження механізмів формування та структурних особливостей дифузійних шарів різної фазової складності, що утворюються в процесі хіміко-термічної обробки металевих матеріалів.

9.Форми та методи контролю

Методами контролю є: усний контроль (усне опитування), письмовий, тестовий, графічний, програмований контроль, практична перевірка, а також методи самоконтролю і самооцінки.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумковий тест (екзамен)	Підсумкова середньозважена оцінка
Модуль 1				Модуль 2					100	100
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T5		
10	20	30	40	20	10	40	20	10		

T1, T2 ... T5 – теми змістових модулів

11. Політика курсу

Під час навчання студенти зобов'язані дотримуватися академічної доброчесності:

- самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю;
- дотримуватися норм законодавства про авторське право;

- приймати активну участь у навчальному процесі;
- не запізнюватися на заняття, не пропускати заняття без поважних причин;
- самостійно і своєчасно вивчати матеріал пропущеного заняття;
- давати достовірну інформацію про результати власної навчальної діяльності.
- бути терпимим і доброзичливим до однокурсників та викладачів.

12. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Термічна обробка” (частина перша – “Теорія термічної обробки”), для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство” всіх форм навчання / Укл.: В.Я.Грабовський, І.М.Лазечний, В.Л.Грешта, – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 95 с.

13. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури

1. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник / О.А., Кузін, Р.А. Яцюк - Львів: Афіша, 2002. - 304 с.
2. Лейкін А.Є., Родін Б.І Матеріалознавство. / А.Є.Лейкін, Б.І. Родін - М.: «Вища школа», 1971. - 224 с.
3. Черненко В. А. Металознавство./ В.Черненко, О. Бялік, В. Писаренко, Ю. Москаленко.- Львів. : Політехніка, 2018. - 384 с.
4. Вирвїнський П.П. Матеріалознавство./ П.П. Вирвїнський - Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 128 с.
5. Галико А.В. Матеріалознавство. Навчальний посібник: навчально-методичний комплекс для студентів денної і заочної форм навчання / А.В. Галико, О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост – Кіровоград: КОД, 2015. – 168 с.
6. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. /Новиков И.И. – М.: Металлургия, 1986.- 480 с.
7. Натапов Б.С. Термическая обработка металлов. / Натапов Б.С. - Киев: Вища школа, 1980. - 288 с.

14.Рекомендовані інформаційні джерела

1. <http://library.zp.edu.ua/>
2. <https://scholar.google.com.ua/>
3. <http://www.nbu.gov.ua/>