

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Кафедра фізичного матеріалознавства



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Перший проректор

В.Г. Прушківський

2019 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Термічна обробка (теорія)

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність (напрямок підготовки) 132 «Матеріалознавство»

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»

інститут, факультет  
(назва інституту, факультету)

фізико-технічний, інженерно-фізичний

мова навчання українська

Робоча програма з дисципліни «Термічна обробка (теорія)» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма «Прикладне матеріалознавство», «09» 04, 2019 року – 13 с.

Розробники: Грабовський В.Я., к.т.н., доцент

вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізичного матеріалознавства

Протокол від «09» 09 2019 року № 1

Завідувач кафедри  
фізичного матеріалознавства

(підпис)

(Ольшанецький В.Ю.)

(прізвище та ініціали)

«09» 09 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету (інституту) за напрямом підготовки (спеціальністю) 132 «Матеріалознавство»

(код, назва)

Протокол від «17» 09 2019 року № 1

«17» 09 2019 року

Голова

(підпис)

(Климов О.В.)

(прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією \_\_\_\_\_ ІФ \_\_\_\_\_ факультету

Протокол від. « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

Голова \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми\*

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

Керівник групи \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

(підпис)

(прізвище та ініціали)

\* Якщо дисципліна викладається невідпусковою кафедрою

© \_\_\_\_\_, 2019 рік

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4.5	Галузь знань: <u>13 Механічна інженерія</u>	<b>Нормативна (за вибором)</b>	
Модулів – 1	Спеціальність <u>132 Матеріалознавство</u> (шифр і назва)  Освітня програма (спеціалізація) <b>«Прикладне матеріалознавство»</b> ,	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		3-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ - _____ (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин - 162		5-й	7-й
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 80 самостійної роботи студента - 82	Освітній рівень: бакалавр	48 год.	14 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		<b>Лабораторні</b>	
		32 год.	6 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		82 год.	142 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b> -	
		Вид контролю: іспит	

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 49% до 51%

для заочної форми навчання – 18% до 82

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** вивчення теоретичних основ різних видів термічної обробки сталей та сплавів для подальшого їх практичного використання та розуміння відповідних технологічних процесів.

**Завдання:** отримання та розвинення знань щодо впливу термічної, хіміко-термічної, термомеханічної обробок на мікроструктуру, процеси структурних перетворень і, відповідно, формування властивості сталей та сплавів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні засвоїти:

**загальні компетентності:** **КЗ.02** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. **КЗ.03** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; **КЗ.04** здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; **КЗ.05** здатність приймати обґрунтовані рішення; **КЗ.10** здатність працювати автономно; **КЗ.11** здатність працювати в команді; **КЗ.12** прагнення до збереження навколишнього середовища;

**спеціальні компетентності:** **КС.02** Здатність продемонструвати розуміння проблем якості матеріалів та виробів. **КС.03** здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства щодо зміни мікроструктури сталей та сплавів в залежності від виду термічної обробки; **КС.04** здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства; **КС.05** здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем **КС.07** здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства; **КС.10** здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих проблем; **КС.12** здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів, складати звіти; **КС.14** здатність демонструвати розуміння необхідності дотримання професійних і етичних стандартів

**Очікувані програмні результати навчання:** **ПРН10** здатність поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного питання; **ПРН14** Описувати будову металів, неметалів, композитів та функціональних матеріалів методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення. **ПРН15** Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів. **ПРН17** . Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення. **ПРН18** Демонструвати обізнаність та практичні навички в галузі технологічного забезпеченні виготовлення матеріалів та виробів з них **ПРН21** Уміти здійснювати пошук літератури, консультиватися і критично використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до

спеціалізації. **ПРН24.** Уміти використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів

## **2. Програма навчальної дисципліни**

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

**Тема 1. Вступ. Основи термічної обробки.**

Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни). Цілі та призначення термічної та хіміко-термічної обробок. Критичні точки сталей. Класифікація видів термічної обробки.

**Тема 2. Відпал першого роду.**

Гомогенізаційний відпал та відповідні структурні зміни. Відпал для зменшення внутрішніх напружень, його обґрунтування.

**Тема 3. Перетворення в сталях при нагріванні.**

Утворення аустеніту при нагріванні сталей. Зміна розміру аустенітного зерна. Структурна спадковість. Перегрів та перепал сталей.

**Тема 4. 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 5. Гартування з поліморфним перетворенням.**

Термодинаміка мартенситних перетворень. Особливості мартенситного перетворення у вуглецевих сталях, його кристалогеометрія та зворотність. Зсувний та нормальний механізми перетворень ґраток, умови їх реалізації. 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.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Перетворення в сталях при нагріванні та охолодженні; види відпалу; теорія мартенситного перетворення.</b>												
Тема 1. Вступ. Основи термічної обробки.	4	2		2			10	0,5				
Тема 2. Відпал першого роду.	24	4		4		16	10	0,5		1		28
Тема 3. Перетворення в сталях при нагріванні.	20	2		4		14		1				24
Тема 4. Діаграми ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту; відпал другого роду.	8	4		4			13	2		1		
Тема 5. Гартування з поліморфним перетворенням.	25	12		2		11	14	2		1		19
Разом за змістовим модулем 1	81	24		16		41	47	7		3		71

<b>Модульний контроль 1</b>																			
<b>Змістовий модуль 2. Гартування та відпускання сталей; термічна обробка сплавів без поліморфних перетворень: хіміко-термічна та термомеханічна обробка.</b>																			
Тема 1. Вибір режимів гартування; загартовуваність та прогартовуваність сталей.		4		4						1					1				
Тема 2. Відпускання сталей.		2		4			3								1				5
Тема 3. Гартування та старіння сплавів без поліморфних перетворень.		10		4			24			3					1				42
Тема 4. Хіміко – термічна обробка.		6		4			14			2									24
Тема 5. Термомеханічна обробка.		2								1									
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	81	24		16			41	47		7					3				71
<b>Усього годин</b>	162	48		32			82	162		14					6				142
<b>Модульний контроль 2</b>																			

#### 4. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення критичних точок сталі методом пробного гартування	4
3	Вивчення схильності сталі до росту зерна аустеніту	4
4	Ізотермічне перетворення аустеніту в сталі	4
5	Гартування та загартовуваність сталі - виконання та оформлення роботи	4

5	Гартування та загартовуваність сталі - захист роботи	2
6	Відпуск сталі	4
7	Істинне гартування і старіння стопу Д1	6
8	Цементация сталі	4
Усього		32

### 5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Гомогенізація з нагріванням вище температури нерівновагового солідусу.	4
2	Сутність процесу відпалення для зменшення залишкових напружень.	2
3	Термодинамічні основи утворення зародків та кинетика фазових перетворень в твердому стані.	6
4	Особливості структурної спадкованості та перекристалізації аустеніту.	4
5	Особливості структурних перетворень при неповному відпаленні доевтектоїдних та заевтектоїдних сталей.	4
6	Термодинамічні основи утворення структури при гартуванні сплавів з поліморфним перетворенням.	4
7	Особливості мартенситного перетворенням в вуглецевих сталях.	4
8	Фактори, що визначають температуру початку прямого та зворотнього мартенситних перетворень.	4
9	Відмінність будови та умови утворення пластинчастого та пакетного мартенситу.	2
10	Особливості утворення мартенситу напруження та мартенситу деформації.	4
11	Природа бейнітного перетворення в сталях та відмінність будови верхнього та нижнього бейніту.	3
12	Природа відпускнуї крихкості першого та другого роду.	3
13	Нагрівання та охолодження при гартуванні сплавів без поліморфного перетворення.	4
14	Термодинаміка процесів утворення виділень з пересиченого твердого розчину.	6
15	Сутність і особливості зонного та фазового старіння.	6
16	Явище звороту при старінні.	4
17	Сутність зміцнення при сходинковому старінні.	4
18	Утворення та будова однофазної та багатофазної дифузійних зон при ХТО.	6
19	Використання діаграми Fe – N при розгляді процесу	4



	азотування сталей.	
20	Фактори, що забезпечують зміцнення при різних видах ТМО сталей та сплавів, які піддають старінню.	4
	Разом	82

### 6. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- лабораторні роботи – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

### 7. Методи контролю

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, аудиторна контрольна робота, тестування.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування.

### 8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2, T3	T4, T5	T1, T2	T3, T4	T5		
20	40	40	40	40	20		

T1, T2 ... T5 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового	для заліку

діяльності		проекту (роботи), практики	
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 9. Методичне забезпечення

Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт з ТТО, плакати, альбоми мікроструктур

### 10.Рекомендована література

#### Базова

1. Новиков И.И. «Теория термической обработки металлов», М., Metallurgy, 1986, 430с.
2. Натапов Б.С. «Термическая обработка металлов», К., Вища школа, 1980, 287с.
3. Блантер М.Е. Теория термической обработки. – М., Metallurgy, 1984. – 328 с.
4. Гуляев А.А. Металловедение. - М., Metallurgy, 1986, 430 с.
5. Лейкін А.Є., Родін Б.І Матер. Матеріалознавство. / А.Є.Лейкін, Б.І. Родін – М.: «Вища школа», 1971. - 212 с.

#### Допоміжна

1. Федорчук І.М. Основи кристалографії / І.М.Федорчук, О.О.Ткач. – Чернівці: ЧНУ, 2007. – 108 с.
2. Черненко В. Металознавство./ В.Черненко, О. Бялік, В. Писаренко, Ю. Москаленко.- Львів. : Політехніка, 2018. 384 с.

### 11. Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_2/3421.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3421.html)
4. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
5. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153635>

# СИЛЛАБУС

## ТЕРМІЧНА ОБРОБКА (ТЕОРІЯ)

**Тип:** нормативна

**Курс (рік навчання):** 3(3)

**Семестр:** 1

**Кредити:** 4,5

**Викладач:** Грабовський Володимир Якович, канд. техн. наук, доцент

**Розподіл годин:** загальна кількість 162 години (48 лекцій, 32 лабораторних робіт, 82 години самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи, розрахункові завдання.

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

**Вміст курсу:** способи та види термічної обробки металів та сплавів (відпал, гарт, відпуск, старіння ХТО, ТМО), їх вплив на зміну структури та властивостей.

### **Структура курсу:**

1. Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).
2. Класифікація видів термічної обробки.
3. Відпал першого роду сталей та сплавів; гомогенізаційний відпал та відпал для зняття пружних напружень.
4. Перетворення в сталях при нагріванні. Зростання зерна аустеніту; перегрів та перепал сталей.
5. Перетворення в сталях при охолодженні. Принцип побудови діаграм ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту сталей.
6. Сутність перлитного перетворення; перлит, сорбит, тростит.
7. Відпал другого роду сталей: повний, неповний, нормалізаційний.
8. Термодинамічні основи мартенситного перетворення. Особливості мартенситного перетворення в сталях, тонка структура мартенситу.

8. Гартування сталей; вибір температури та швидкості охолодження, Загартовуваність та прогартовуваність сталей.

9. Відпуск сталей; розпад мартенситу та утворення ферито-цементитної структури.

10. Гартування сплавів без поліморфних перетворень.

11. Особливості розпаду пересичених твердих Старіння сплавів; сутність зміцнення, вплив часу та температури витримки при старінні. вибір оптимальних режимів.

12. Хіміко – термічна обробка: цементація, азотування, нітроцементація (вибір режимів обробки, вплив на властивості). Особливості дифузійної металізації.

13. Термомеханічна обробка, її різновиди, вплив на зміну структури та властивостей.

Курс буде складатися з 4,5 кредитів, паралельно з лекційним курсом студенти матимуть лабораторні роботи. Кожна з лабораторних робіт присвячена засвоєнню певного теоретичного матеріалу виконанню відповідного завдання та набуттю навичок в термічній обробці сталей та сплавів.

### **Результати навчання:**

1. Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми, пов'язані з вибором термічної обробки сталей та сплавів для створення в них заданої структури та досягнення певних механічних властивостей. Отримання базових знань для розробки, випробування та застосуванню на виробництві інноваційних технологічних процесів нових матеріалів та в.

2. Здатність генерувати нові ідеї та реалізовувати їх у вигляді обґрунтованих інноваційних рішень щодо удосконалення властивостей сталей та сплавів шляхом ефективних способів та режимів термічної обробки.

3. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

4. Здатність розробляти та управляти проектами і оцінювати їх результати.

5. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

6. Здатність працювати автономно та в команді, у тому числі у складі багатопрофільної групи фахівців.

7. Здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

8. Здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки.

9. Спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик моделювання, розробки та дослідження матеріалів.

10. Здатність застосовувати сучасні методи і методики експерименту у лабораторних та виробничих умовах, уміння роботи із дослідницьким та випробувальним устаткуванням для вирішення завдань в галузі матеріалознавства.

11. Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок з урахуванням невизначеності умов і вимог.

12. Розуміння обов'язковості дотримання професійних і етичних стандартів.

13. Уміння формувати дослідницькі науково-методичні та науково-технічні програми науково-дослідницької організації або її підрозділу.

14. Здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

15. Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

16. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення прикладних задач при виробництві, обробці, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів.

17. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні процесів термічної обробки виробів.

18. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників, безпеки застосування та експертизу конструкторсько-технологічних рішень щодо процесів термічної обробки та обладнання для їх здійснення.

19. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію компонентів здійснення термічної обробки металі.

Студенти отримають всебічні знання з даної теми, матимуть змогу аналізувати вхідні дані для проектування данні (виробнича програма, номенклатура виробів, базові технології термічної обробки, різновиди обладнання тощо) та пропонувати раціональні рішення з урахування досягнення певної економічної ефективності.

**Оцінювання:** за результатами засвоєння дисципліни складається іспит. При оцінюванні враховується рівень розуміння структурних перетворень при різних видах термічної обробки і їх вплив на формування властивостей сталей та сплавів, здатність самостійно обирати оптимальні режими термічної обробки, набуття навичок у володінні методиками обробки отриманих результатів. При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності.

У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх лабораторних робіт може бути використана наступна схема оцінювання (за засвоєння тем курсу):

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

У разі невідвідування певних занять та несвоєчасного виконання розділів оцінка може знижуватись шляхом віднімання певної кількості балів у відповідності до вищевказаної таблиці. Зниження оцінки може бути скомпенсоване шляхом відпрацювання пропущених занять та виконання додаткових завдань.

**Академічна доброчесність:** студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при розв'язання індивідуальних завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

### **Література**

#### **Базова**

1. Новиков И.И. «Теория термической обработки металлов», М., Металлургия, 1986, 430с.
2. Натапов Б.С. «Термическая обработка металлов», К., Вища школа, 1980, 287с.
3. Блантер М.Е. Теория термической обработки. – М., Металургия, 1984. – 328 с.
4. Гуляев А.А. Металловедение. - М., Металлургия, 1986, 430 с.
5. Лейкін А.С., Родін Б.І Матер. Матеріалознавство. / А.С.Лейкін, Б.І. Родін – М.: «Вища школа», 1971. - 212 с.

#### **Допоміжна**

1. Федорчук І.М. Основи кристалографії / І.М.Федорчук, О.О.Ткач. – Чернівці: ЧНУ, 2007. – 108 с.
2. Черненко В. Металознавство./ В.Черненко, О. Бялік, В. Писаренко, Ю. Москаленко.- Львів. : Політехніка, 2018. 384 с.