

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів
(повна назва кафедри)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор
з навчально-виховної роботи
Галина ЄВСЄЄВА
« 28 » 08 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія і технологія термічної обробки конструкційних сталей»
(назва навчальної дисципліни)

освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

спеціальності 132 «Матеріалознавство»
(шифр і назва спеціальності)

освітньо-наукової програми «Прикладне матеріалознавство»
(назва освітньої програми)

статус дисципліни нормативна

факультет інформаційних технологій та механічної інженерії
(назва факультету/інституту)

форма навчання денна
(денна, вечірня, заочна)

мова навчання українська

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр	
			I	
Всього годин за навчальним планом, з них:	150	5	150	
Аудиторні заняття, у т.ч:	44		44	
лекції	30		30	
лабораторні роботи	-		-	
практичні заняття	14		14	
Самостійна робота, у т.ч:	46		46	
підготовка до аудиторних занять	20		20	
підготовка до контрольних заходів	4		4	
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	22		22	
виконання курсового проекту або роботи	30		30	
підготовка до екзамену	30		30	
Форма підсумкового контролю			Екзамен	

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія і технологія термічної обробки конструкційних сталей»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», ОНП «Прикладне матеріалознавство», магістр
(шифр та назва спеціальності, назва освітньої програми, назва освітнього ступеня)

«20» березня 2023 року – 9 с.

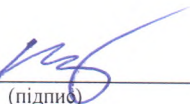
Розробники:

Володимир Волчук, д.т.н., проф. завідувач кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів
(назва кафедри)

Протокол від «20» березня 2023 року № 7

Завідувач кафедри



(Володимир ВОЛЧУК)

(підпис)

(ім'я, прізвище)

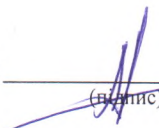
«20» березня 2023 року

Схвалено навчально-методичною радою факультету Інформаційних технологій та механічної інженерії

(назва)

Протокол від «04» квітня 2023 року № 4

Голова



(Олександр ЛИХОДІЙ)

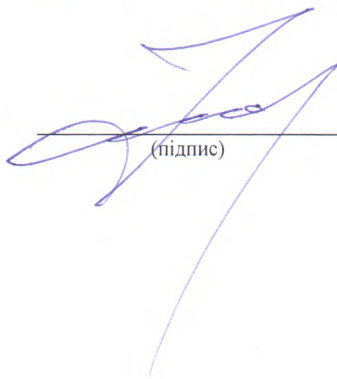
(підпис)

(ім'я, прізвище)

«04» квітня 2023 року

Експертизу лабораторії моніторингу якості освіти та планування навчально-методичної роботи пройдено:

«12» квітня 2023 року



(Віолетта ФЕДІНА)

(підпис)

(ім'я, прізвище)

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни: формування у студентів знань з теоретичних основ термічної обробки та технології термічної і комбінованої обробки конструкційних сталей.

Завдання дисципліни: вміння встановлювати взаємозв'язок між комплексом властивостей металопрокату, його структурою та режимом термомеханічної обробки, за яким він виробляється. оволодіння студентами вибором виду та режимів термічної обробки для виготовлення конструкційних матеріалів з заданим рівнем властивостей. Вміти вибрати технологію термічної обробки та встановити взаємозв'язок між комплексом властивостей, структурою та режимами термічної обробки.

Пререквізити дисципліни. Курс лекцій з цієї дисципліни базується на засвоєнні студентами наступних дисциплін: «Металознавство та обробка матеріалів»; «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»; «Теорія процесів формування структури та властивостей конструкційних матеріалів»; «Методи структурного аналізу»; «Будівельне металознавство».

Постреквізити дисципліни:

1. Підготовка до підсумкової атестації. Атестація здійснюється у формі публічного захисту дипломної роботи.

2. Доступ до навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти.

Компетентності.

ЗК.01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК.02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК.03 Здатність розробляти та управляти проектами.

ЗК.04 Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК.05 Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ЗК.06 Здатність працювати автономно.

ЗК.07 Здатність працювати у команді.

ЗК.08 Здатність працювати у міжнародному контексті.

ЗК.09 Прагнення до збереження навколишнього середовища.

СК.04 Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються.

СК.07 Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок з урахуванням невизначеності умов і вимог.

СК.09 Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкурентних умов експлуатації.

СК.11 Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів.

СК.13 Здатність до креативного мислення щодо оперативної оцінки матеріалів пошкодженої інфраструктури внаслідок воєнних дій.

Заплановані результати навчання. (відповідно до освітньо-наукової програми

«Прикладне металознавство» СВО ПДАБА – 132 мн-2020). У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

РН 1. Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.

РН 2. Виявляти, формулювати і вирішувати металознавчі проблеми і задачі.

РН 3. Вільно спілкуватися державною і англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері металознавства та широкого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів.

РН 6. Наукові навички у галузі інженерії, для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно.

РН 9. Застосовувати методи LCA-аналізу еко-аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій.

РН 10. Навички презентації наукового матеріалу та аргументів для добре інформованої аудиторії.

РН 15. Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.

РН 16. Здатність ефективно використовувати на практиці теоретичні концепції менеджменту та ділового адміністрування.

РН 17. Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів.

РН. 18. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

РН. 19. Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання.

3. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб	с/р
Змістовий модуль 1. Теорія термічної обробки конструкційних сталей.					
Загальні положення теорії термічної обробки. Утворення аустеніту. Механізм та кінетика аустенітизації. Мета термічної обробки. Основні фактори впливу при термічній обробці. Види термічної обробки. Утворення аустеніту, кінетика та механізм аустенітизації. Кінетичні криві, ізотермічні та термокінетичні диграми утворення аустеніту. Гомогенізація та зерно аустеніту.	14	4	4	-	6
Перетворення переохолодженого аустеніту. Кінетика та механізм перетворення аустеніту в ферито-цементитну суміш. Вплив складу сталі, розмір зерна та неоднорідність аустеніту. Мартенситне перетворення у сталі.	6	2	-	-	4
Бейнітне (проміжне) перетворення. Відпуск загартованої сталі. Кінетика бейнітного перетворення. Структура та механічні властивості при бейнітному перетворенні. Види відпуску загартованої сталі. Перетворення залишкового аустеніту. Формування цементиту. Полігонізація фериту, сфероїдізація та коагуляція карбідів.	14	4	4	-	6
Старіння металів та сплавів. Термічне старіння та його стадії. Вплив термічного старіння на властивості. Мартенситно-старіючі сталі. Статичне деформаційне старіння та його кінетика. Динамічне деформаційне старіння.	4	2	-	-	2
Термомеханічна обробка. Види термомеханічної обробки (ВТМО, НТМО). Вплив температури та ступеню деформування. Основні технологічні фактори.	6	4			2
Механізми зміцнення, структури і механічні	14	-	-	-	14

властивості сталей підвищеної і високої міцності.					
Разом за змістовим модулем 1.	58	16	8		34
Змістовий модуль 2. Види прокату та технологія і обладнання термічної обробки конструкційних сталей.					
Контрольована прокатка. Вплив температури, ступеню деформації. Безперервна прокатка.	4	2	-	-	2
Термічна обробка сталюого металопрокату. Термічна обробка і контрольована прокатка гарячекатаних і холоднокатаних листів. Термічна обробка проволочи Патентування проволочи. Термічна обробка труб і балонів. Сфероїдизуючий відпал.	12	2	4	-	2
Противофлокєнна термічна обробка. Вплив різних факторів на утворення флокєнів у металопрокаті. Режими противофлокєнної обробки. Методи контролю наявності флокєнів у конструкційній сталі.	4	2	-	-	2
Термічна обробка періодичних профілів (арматури) для армування залізобетонних конструкцій. Класи міцності та вміст елементів у сталі для арматури. Технологія термічного поліпшення. Термічне зміцнення арматурної сталі з прокатного нагріву у лінії сортопрокатного стану. Електроконтактні та індукційні установки для термічної обробки арматури.	8	4	-	-	2
Термічна і термомеханічна обробка та контрольована прокатка фасонних профілів прокату загального призначення. Профілі прокату та їх форма. Технологія термічного зміцнення фасонних профілів. Прискорєне охолодження – основні схеми. Рекристалізаційна контрольована прокатка.	4	2	-	-	2
Технологія термічної обробки сталюних злитків і безперервнолитих заготівок. Дефекти злитків. Дифузійний (гомогенізуючий) відпал. Пом'якшуюча термічна обробка. Контроль якості злитків.	8	2	2	-	2
Термічна обробка сталєвої проволочи. Термічна обробка труб і балонів. Термічна обробка стрічки та жєсті. Термічна обробка чавунного металопрокату.	14	-	-	-	2
Разом за змістовим модулем 2	32	14	6	-	12
Змістовий модуль 3 (курсєва робєта). Обґрунтування вибору матеріалу, процесів і технології термічної обробки конструкційних матеріалів.					
Вибір режиму т/о, технології та обладнання. Вибір марки сталі.	30	-	-	-	30
Разом за змістовим модулем 3.	30				30
Підготовка до екзамєну	30				30
Усього годин	150	30	14		106

4. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1-2.	Загальні положення теорії термічної обробки. Утворення аустеніту. Механізм та кінетика аустенітизації. Мета термічної обробки. Основні фактори впливу при термічній обробці. Види термічної обробки. Утворення аустеніту, кінетика та механізм аустенітизації.	4
3.	Перетворення переохолодженого аустеніту. Кінетика та механізм перетворення аустеніту в ферито-цементитну суміш.	2
4-5.	Бейнітне (проміжне) перетворення. Відпуск загартованої сталі. Кінетика бейнітного перетворення. Структура та механічні властивості при бейнітному перетворенні. Види відпуску загартованої сталі. Перетворення залишкового аустеніту.	4
6.	Старіння металів та сплавів. Термічне старіння та його стадії. Вплив термічного старіння на властивості.	2
7-8.	Термомеханічна обробка. Види термомеханічної обробки (ВТМО, НТМО).	4
9.	Контрольована прокатка. Вплив температури, ступеню деформації.	2
10.	Термічна обробка сталюного металопрокату. Термічна обробка і контрольована прокатка гарячекатаних і холоднокатаних листів.	2
11.	Противофлокена термічна обробка. Вплив різних факторів на утворення флокенів у металопрокаті.	2
12-13.	Термічна обробка періодичних профілів (арматури) для армування залізобетонних конструкцій. Класи міцності та вміст елементів у сталі для арматури. Технологія термічного поліпшення.	4
14.	Термічна і термомеханічна обробка та контрольована прокатка фасонних профілів прокату загального призначення. Профілі прокату та їх форма.	2
15.	Технологія термічної обробки сталюних злитків і безперервнолитих заготовок. Дефекти злитків.	2

5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1-2.	Кінетичні криві, ізотермічні та термокінетичні диграми утворення аустеніту. Гомогенізація та зерно аустеніту.	4
3-4.	Перетворення залишкового аустеніту. Формування цементиту. Полігонізація фериту, сфероїдізація та коагуляція карбідів.	4
5-6.	Термічна обробка проволочи Патентування проволочи. Термічна обробка труб і балонів. Сфероїдизуючий відпал.	4
7.	Дифузійний (гомогенизуючий) відпал. Пом'якшуюча термічна обробка. Контроль якості злитків.	2

6. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.		

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
1.	підготовка до аудиторних занять	20
2.	підготовка до контрольних заходів	4
3.	виконання індивідуальних завдань	-
4.	опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях:	22
	- ядерно магнітний резонанс;	11
	- принци роботи атомно-силового мікроскопа.	11
	Усього годин	46

8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методами контролю є тестовий метод та методи самоконтролю і самооцінки.

9. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Змістовий модуль 1. Теорія термічної обробки конструкційних сталей.

Максимальна оцінка за змістовий модуль – 100 балів. Оцінка змістового модульного контролю складається з:

- присутності студента на лекціях – максимальна кількість – 24 балів;
- практичні заняття - максимальна кількість – 34 балів;
- контрольної роботи (максимальна кількість 42 балів).

Присутності студента на лекціях – 3 бали за лекцію, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 3 бали, якщо неактивний був – 2-1 бал, якщо студент не був присутнім 0 балів.

Практичні заняття. Максимальна кількість балів - 34. Загальна кількість практичних занять – 2 (17 балів за кожну практичну роботу). За кожну практичну роботу нараховують:

- студент повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення експериментальним даним - 17 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні обґрунтування експериментальних даних – 16 - 8 балів;
- студент не відповідав на запитання викладача, але брав участь у обговоренні питань - 7-1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Контрольна робота складається з трьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 14 балів. На кожне питання поточного контролю **нараховують**:

- студент повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 14 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій - 13-8 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні тлумачення явищ та відповідних процесів -7- 5 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) - 4-1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Змістовий модуль 2. Види прокату та технологія і обладнання термічної обробки конструкційних сталей.

Максимальна оцінка за змістовий модуль – 100 балів. Оцінка змістового модульного контролю складається з:

- присутності студента на лекціях – максимальна кількість – 28 балів;
- практичні заняття - максимальна кількість – 30 балів;
- контрольної роботи (максимальна кількість 42 бали).

Присутності студента на лекціях – 4 бали за лекцію, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 4 бали, якщо неактивний був – 3-1 бал, якщо студент не був присутнім 0 балів.

Практичні заняття. Максимальна кількість балів - 30. Загальна кількість практичних робіт – 3 (10 балів за кожну практичну роботу). За кожну практичну роботу нараховують:

- студент повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення експериментальним даним - 10 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні обґрунтування експериментальних даних – 9 - 5 балів;
- студент не відповідав на запитання викладача, але брав участь у обговоренні питань - 4-1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Контрольна робота складається з трьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 14 балів. На кожне питання поточного контролю **нараховують**:

- студент повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 14 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій - 13-10 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні тлумачення явищ та відповідних процесів -9- 5 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) - 4-1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Змістовий модуль 3. (курсова робота). Обґрунтування вибору матеріалу, процесів і технології термічної обробки конструкційних матеріалів.

Максимальна оцінка за *курсний проект* – 100 балів. Курсовий проект складається з двох рівноважних розділів. Максимальна кількість балів за кожен розділ – 50 балів. На кожен розділ курсового проекту нараховують:

- за повністю викладений розділ – 50 балів;
- розрахункова частина розділу має не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація – 49-30 балів;
- студент виконав експериментальні розрахунки, але у відповіді допущені невірні тлумачення – 29-11 балів;
- студент неповністю виконав завдання розділу курсової роботи, у відповіді допущені грубі помилки – 10-1 балів;
- за повну відсутність розрахункової частини – 0 балів.

Екзамен

Екзаменаційна робота складається з чотирьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 25 балів. На кожне питання екзаменаційної роботи **нараховують**:

- повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 25 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій – 24-18 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні тлумачення явищ та відповідних процесів – 17-10 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному

рівні) – 9-1 балів;

- за повну відсутність відповіді – 0 балів.

Підсумкова оцінка з дисципліни визначається як середнє арифметичне між оцінками за змістовий модуль1, 2 та екзамен.

Порядок зарахування пропущених занять: захист реферату за темою пропущеного заняття з лекційного курсу або відпрацювання пропущеного практичного заняття шляхом виконання відповідного завдання згідно з тематикою практичного заняття.

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство- навчальний посібник / І.П. Гладкий, В.І. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.О. Лалазарова, Д.Б. Глушкова. Харків - ХНАДУ, 2014. 528 с.
2. Дяченко С.С. Матеріалознавство : підручник / С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков. Харків : Вид-во ХНАДУ, 2007. 440 с.
3. Афтандіянц Є.Г. Матеріалознавство [Електронний ресурс]: підручник / Є. Г. Афтандіянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. Київ : Вища освіта, 2012. 548 с.
4. І.В. Прокопович. Металознавство: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2020. – 308с.
5. Мещерякова Т.М., Яцюк Р.А., Кузін О.А., Кузін М.О. Матеріалознавство: підручник – Дрогобич: Коло, 2015. 400с.
6. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів- підручник. К. - Основа, 2005. - 324 с.

Допоміжна

1. Develoment of Indaustrial Prodaction of Ultrafine Grained Steel in Tandem Hot Strip Mill / Kurahashi R., Nakamura K., Morimoto T. // La Revue de MetallurgieCIT. 2005. 102. №4. — P. 271283.
2. Crystallographic Texture as a Means for Controlling the Rolling Process of LowCarbon Sheet Steel. By: Egiz, I. V.; Shamrai, V. F.. Metal Science & Heat Treatment, Jan/Feb2003, Vol. 45 Issue 1/2, PP. 3538.
3. Hulka K., Gray J.M., Heisterkamp F. High temperature thermomechanical processing of pipe steel technical basis and production experience // Pipeline Technology. 2000. V. II. PP. 291306.
4. Вплив контрольованої прокатки та подальшої термічної обробки на структуру та властивості сталі 13Г1СУ / Горбатенко В.П., Лукін О.В., Гриненко Д.В. // Вісник ДонНАБА Матеріали VI міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів". — Вип. 2007 4(66). — Макіївка: ДонНАСА, 2007 — С. 56-59.

11. ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

1. <http://www.splav.kharkov.com/main.php>
2. http://www.splav.kharkov.com/choose_type.php
3. https://studbooks.net/2555645/tovarovedenie/kontroliruemaya_prokatka