


Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)
Кафедра «Технології та обладнання ливарного виробництва»


Затверджую:
Декан факультету
інтегрованих технологій і обладнання


_____ О.Г. Гринь
« 30 » серпня _____ 2025 р.

Гарант освітньої програми:
«Ливарне виробництво чорних та кольорових
металів і сплавів»


_____ М.М. Федоров
« 28 » серпня _____ 2025 р.

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри
Технології та обладнання ливарного
виробництва
Протокол № 1 від 28.08.2025 р.
Завідувач кафедри


_____ П.Г. Агравал

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Металознавство і термічна обробка»

Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 «Механічна інженерія
Спеціальність	136 «Металургія»
ОПП	Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів
Факультет	Інтегрованих технологій і обладнання
Розробник	к.т.н. доцент Дьяченко Ю.Г.

I ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мова навчання: українська.

Статус дисципліни: обов'язкова дисципліна циклу професійної підготовки.

Передумови вивчення навчальної дисципліни (пререквізити):

Деталі сучасних машин та механізмів працюють у складних умовах, а тому матеріали, які використовуються для їх виготовлення повинні характеризуватися високим комплексом властивостей.

Отримати необхідні властивості конструкційних матеріалів можливо за умови знань будови матеріалів та можливості вилити за допомогою різних факторів з метою формування цих властивостей. Цей механізм дозволяє розкрити металознавство та термічна обробка, яка вивчає взаємозв'язок між складом, будовою і властивостями методів та сплавів і закономірності їх зміни під дією зовнішніх факторів: теплових, хімічних, механічних, електромагнітних, радіоактивних тощо.

Дана дисципліна є самостійною, яка в сукупності з дисциплінами «Теорія і технологія металургійного виробництва» призначена сформуванню теоретичний базис металургійної підготовки.

Передбачається, що в результаті вивчення металознавства і термічної обробки здобувач вищої освіти набуває фахові знання, які дозволять самостійно вибрати конструкційний матеріал для заданої деталі та технологію термічної обробки для отримання необхідних поверхневих твердості, міцності, в'язкості серцевини.

Дана дисципліна базується на вивченні та знанні природничо – наукових курсів як фізика, хімія, математика, фізична хімія. Вивченню навчальної дисципліни «Металознавство і термічна обробка» повинно передувати глибоке засвоєння:”

- З курсу хімії – матеріалу по електронній будові металів, природі хімічних зв'язків, хімічної взаємодії між металами, неметалами та їх сполуками ;
- З курсу фізики – матеріалу по вивченню основних фізичних законів та закономірностей суцільного середовища;
- З курсу фізичної хімії – фізико-хімічних основ металургійних процесів, термодинаміки рівноважних та нерівноважних систем, основ побудови діаграм стану.

Металознавство і термічна обробка є основною дисципліною технологічної лінії підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти і одночасно має виразні риси професійного напрямку. Металознавча лінія повинна бути безперервною під час вивчення всіх технічних дисциплін. Особливо це стосується дисциплін технологічної лінії підготовки.

Метою даного лекційного курсу є утворення системи уявлень за допомогою мінімальної кількості між собою пов'язаних логічних посилок, яка дає наочну та зрозумілу картину зв'язку між структурою та властивостями матеріалів, впливу на них зовнішніх факторів, технології термічної обробки, що дозволяє прогнозувати цілеспрямовані дії для отримання властивостей матеріалів, що вимагаються призначенням деталей машин і механізмів, металевих конструкцій.

У даному курсі основна увага приділяється вивченню природи фізичних та хімічних процесів при формуванні структури при кристалізації, внаслідок перетворень у твердому стані, раціональному вибору сплавів для деталей та технології термічної обробки, вивченню основних принципів легування сталей та чавунів, їх властивостей.

Теоретичний матеріал курсу викладається на лекціях, а під час виконання лабораторних робіт студенти опановують методики макро – та мікроаналізу, вивчають структури конструкційних матеріалів та технологію термічної обробки.

Для підвищення творчої активності та самостійності у роботі здобувачами при вивченні курсу передбачено виконання контрольних робіт.

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС: 8,0	Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»	Обов'язкова дисципліна циклу професійної підготовки
Модулів – 1, Кількість кредитів ЄКТС: 4,0. Модулів – 2, Кількість кредитів ЄКТС: 4,0.	Спеціальність: 136 «Металургія»	Рік підготовки:
Змістовних тем за модулем 1 – 11, Змістовних тем за модулем 2 – 15.		2-й
Загальна кількість годин - 240		Семестр
		4а, 4б
	Всього 240	
Дисципліна Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,0 самостійної роботи здобувача – 8,0	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Лекції
		54
		Лабораторні роботи
		36
		Самостійна робота
150		
Курсова робота – не передбачено		Вид контролю: екзамен

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою і завданням навчального курсу є поглибити теоретичні знання та практичні навички у галузі Механічна інженерія за спеціальністю Металургія, вивчити закономірностей будови структури металів і сплавів, які визначаються хімічним складом, кінетикою фазових перетворень та діаграмами стану; з'ясувати основні закономірності структуроутворення в процесі первинної кристалізації, питань формування структури металевих матеріалів при пластичній деформації тиском та зміни їх структури і властивостей після нагрівання; встановлення зв'язку між хімічним складом, структурою, властивостями та застосуванням залізобіжелецевих сплавів; вивчити вплив легувальних елементів на структуру легованих сталей в умовах рівноваги та властивості сплавів, про методи дослідження металів і сплавів, про теорію і технологію термічної обробки металопродукції. Оскільки властивості металевих виробів визначаються структурою, металознавство та термічна обробка вважається важливою базовою дисципліною для вивчення технологій ливарного виробництва та обробки тиском.

Завдання дисципліни. Вивчення дисципліни забезпечує мовні компетентності та універсальні навички фахівця, а також глибинні знання за обраною спеціальністю, розвинення знань та практичних навичок здобувачів вищої освіти в області металознавства і термічної обробки металовиробів.

3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА ЗАПЛАНОВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Дисципліна «Металознавство і термічна обробка» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти компетентностей:

Компетентності відповідно до освітньо-професійної програм	
Загальні компетентності (ЗК)	Спеціальні (фахові) компетентності (ФК)
ЗК 2 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.	ФК 1 Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії.
ЗК 3 Здатність самостійно вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	ФК 2 Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.
ЗК 4 Здатність працювати в команді.	ФК 3 Критично осмислювати наукові факти, концепції, теорії, принципи і методи, необхідні для професійної діяльності в сфері металургії.
ЗК 5 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	ФК 4 Здатність застосовувати і інтегрувати знання на основі розуміння інших інженерних спеціальностей.
ЗК 6 Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології.	ФК 5 Здатність застосовувати наукові і інженерні методи, а також комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення типових та комплексних завдань металургії
ЗК 7 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.	

<p>ЗК 13 Здатність приймати обґрунтовані рішення.</p> <p>ЗК 17 Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для вирішення професійних завдань у галузі металургії</p>	<p>за спеціалізацією, у тому числі в умовах невизначеності.</p> <p>ФК 7 Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем, компонентів і процесів в металургії на основі використання аналітичних методів і методів моделювання.</p> <p>ФК 8 Усвідомлення контекстів, в яких можуть бути застосовані знання металургії (наприклад, управління процесами та обладнанням, менеджмент, розробка технології тощо).</p> <p>ФК 10 Здатність визначити характеристики специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації.</p> <p>ФК 17 Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії, а також впроваджувати ресурсозберігаючі технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.</p> <p>ФК 18 Здатність застосовувати кращі світові практики, стандарти діяльності у металургії за спеціалізацією.</p> <p>ФК 19 Здатність використовувати професійні знання властивостей металів та сплавів для конструювання продукції в ливарному виробництві з заданими властивостями.</p> <p>ФК 21 Здатність аналізувати процеси, що протікають в рідких металах і сплавах у плавильних агрегатах та під час їх кристалізації.</p> <p>ФК 23 Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів їх легування, модифікування та позапічного оброблення.</p> <p>ФК 24 Здатність обирати основні і допоміжні матеріали та/або здійснювати керування технологічними процесами з метою отримання продукції заданої якості.</p>
--	--

	<p>ФК 28 Здатність використовувати принципи механізації, автоматизації процесів виробництва, вибору обладнання і оснащення</p> <p>ФК 29 Здатність обирати технологічне обладнання та технологію виробництва продукції заданої якості.</p> <p>ФК 30 Здатність обирати та застосовувати стандартні методи випробувань та розрахунків для визначення властивостей матеріалів та готової продукції і здійснювати їх контроль</p> <p>ФК 33 Здатність проводити дослідження, оброблювати та аналізувати результати, робити висновки і надавати рекомендації.</p>
--	--

Дисципліна «Металознавство і термічна обробка» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти наступних програмних результатів навчання:

<p>Програмні результати навчання відповідно до освітньо-професійної програми</p> <p>ПР 01 Концептуальні знання і розуміння фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації металургії, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.</p> <p>ПР 02 Знання і розуміння інженерних наук, що лежать в основі спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, у тому числі достатня обізнаність в їх останніх досягненнях.</p> <p>ПР 03 Передові знання принаймні за однією зі спеціалізації в металургії.</p> <p>ПР 04 Вміння виявляти, формулювати і вирішувати типові та складні й непередбачувані інженерні завдання і проблеми відповідно до спеціалізації, що включає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір і використання відповідних обладнання, інструментів та методів, застосування інноваційних підходів.</p> <p>ПР 06 Вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.</p> <p>ПР 10 Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації.</p> <p>ПР 11 Вміння поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань відповідної спеціалізації металургії.</p> <p>ПР 21 Вміння застосовувати концепції бережливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії.</p> <p>ПР 23 Розуміння питань впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх</p>
--

напрямах діяльності металургійного підприємства

ПР 25 Вміння ефективно підбирати матеріал для виготовлення продукції згідно з вимогами, які до неї висуваються.

ПР 27 Вміння аналізувати структуру металів і сплавів та обирати і застосовувати методи впливу на властивості литих виробів.

ПР 28 Розуміння особливостей впливу хімічного складу металів і сплавів та технологічних процесів їх плавлення на експлуатаційні властивості ливарної продукції.

ПР 29 Розуміння особливостей технологічних процесів плавлення металів і сплавів.

ПР 32 Розуміння особливостей базових методів досліджень та оброблення експериментальних даних.

ПР 41 Вміння здійснювати дослідження із застосуванням сучасних експериментальних методів, оброблювати та аналізувати результати досліджень, обґрунтовувати висновки і надавати рекомендації.

Результати навчання за дисципліною та теми, завдяки вивченню яких вони формуються:

Результати навчання	
РН1	Здатність продемонструвати практичні фахові навички.
РН2	Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем.
РН3	Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів.
РН4	Знання основних груп металів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.
РН5	Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування металів та умов їх застосування.
РН6	Здатність виконувати дослідницькі роботи, збирати, систематизувати науково-технічну інформацію, обробляти та аналізувати результати експериментів, складати звіти.
РН7	Знання і розуміння фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації металознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.
РН8	Здатність продовжувати вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
РН9	Здатність застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
РН10	Здатність експериментувати та аналізувати дані.
РН11	Здатність поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань металознавства.
РН12	Здатність описувати будову металевих матеріалів та методи модифікації їх властивостей, кваліфіковано вибрати матеріали для виробів різного призначення.
РН13	Знати та застосовувати принципи проектування нових матеріалів.

Згідно освітньо-кваліфікаційної характеристики майбутнього фахівця в результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен **знати**:

- теоретичні основи процесів фазових і структурних перетворень;
- атомно-кристалічну будову металів, основи теорії дислокацій;
- структурні перетворення в металах при деформації;
- фізичну природу механічних властивостей;
- способи побудови та аналіз діаграми стану двох та трьохкомпонентних систем;
- структурні і фазові перетворення в залізобуглецевих сплавах;
- структуру і властивості вуглецевих сталей;
- будову та властивості литої і деформованої сталі;
- роль термообробки в загальному циклі виробництва сталевих відливок і деталей машин;
- процеси, що відбуваються у сталях при нагріванні та охолодженні;
- принципи вибору і призначення основних технологічних параметрів відпалу, нормалізації, гартування та відпуску;
- методи контролю якості сталі на металургійних заводах;
- поверхневі методи зміцнення;
- основи деформовано-термічної обробки сталі;
- структуру та властивості чавунів;
- структуру та властивості легованих сталей;
- структуру та властивості сплавів на основі міді, алюмінію, олова, свинцю, титану;

Вміти:

- самостійно проводити дослідження металів і сплавів та працювати на обладнанні для проведення досліджень;
 - оцінювати вплив структури на властивості металів і сплавів;
 - оцінювати властивості сплавів на основі аналізу діаграм стану двохкомпонентних систем;
 - самостійно аналізувати зміни структури і властивості залізобуглецевих сплавів при нагріванні та охолодженні;
 - правильно вибирати метали і сплави для виготовлення литих та деформованих деталей різних машин;
 - призначати технологію термічної обробки деформованої сталі та сталевих литва, задля забезпечення заданих властивостей;
 - призначати технологію поверхневого зміцнення;
 - оцінювати поведінку вуглецевих і легованих сталей на всіх стадіях металургійного виробництва;
- вибирати матеріали для роботи в конкретних умовах експлуатації, з врахуванням економічних і технологічних особливостей.

Завдання лекційних занять

Лекції проводяться з метою формування у здобувачів знань про будову, склад, властивості і сплавів та сталей і набуття навичок з вмілого вибору матеріалу для окремих виробів та отримання заданих характеристик деталей.

Завдання проведення лекцій полягають у:

- викладанні здобувачам у відповідності з програмою та робочим планом теоретичних основ про металознавство і термічну обробку;
- формуванні у здобувачів цілісної системи теоретичних знань з курсу "Металознавство і термічна обробка" та можливості практичного їх застосування.

Завдання лабораторних занять

Проведення лабораторних занять має на меті засвоєння здобувачами теоретичних знань для їх подальшого застосування у практичній діяльності.

Основним після проведення лабораторних занять є те, що здобувачі будуть:

- розуміти особливості різних функціональних металів;
- досконало знати процеси виготовлення функціональних металів та орієнтуватись у їх особливостях;
- оцінювати вплив технології виготовлення на формування експлуатаційних властивостей;
- обирати сплав для конкретного випадку за його експлуатаційними функціональними властивостями.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістовних тем	Кількість годин			
	денна форма			
	Всього	у тому числі		
лек.		лаб.	срз	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Модуль 1. Металознавство.				
Тема 1. Метали і їхні властивості. Атомно-кристалічна будова металів.	11	2	2	7
Тема 2. Плавлення і кристалізація металів.	9	2	-	7
Тема 3. Основи теорії сплавів. Сплави і їхня характеристика. Класифікація фаз.	9	2	-	7
Тема 4. Діаграми стану двокомпонентних систем.	12	3	2	7
Тема 5. Діаграма фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів.	12	3	2	7
Тема 6. Вуглецеві сталі, їхній склад. Властивості литої сталі.	11	2	2	7
Тема 7. Властивості гарячдеформованої сталі.	12	3	2	7

Класифікація і маркування вуглецевих сталей.				
Тема 8. Структура чавуна. Основні теорії графітизації.	11	2	2	7
Тема 9. Леговані сталі і чавуни	12	3	2	7
Тема 10. Спеціальні сталі.	11	2	2	7
Тема 11. Кольорові метали і сплави.	10	3	2	5
Всього годин за Модуль 1	120	27	18	75
Модуль 2. Термічна обробка				
Тема 12. Процеси, що відбуваються в сталі при нагріванні та охолодженні сталей.	9	2	2	5
Тема 13. Зерно в сталі.	9	2	2	5
Тема 14. Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні.	7	2	-	5
Тема 15. Мартенситне перетворення в сталях.	7	2	-	5
Тема 16. Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення.	7	2	-	5
Тема 17. Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні.	9	2	2	5
Тема 18. Технологія термічної обробки сталі і чавуну.	9	2	2	5
Тема 19. Нормалізація сталі, економічна ефективність застосування нормалізації	9	2	2	5
Тема 20. Загартування сталі.	9	2	2	5
Тема 21. Технологія відпуску	9	2	2	5
Тема 22. Старіння сплавів на основі заліза.	7	2	-	5
Тема 23. Поверхневі методи гартування.	9	2	2	5
Тема 24. Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі.	6	1	-	5
Тема 25. Хімізм процесу азотування.	8	1	2	5
Тема 26. Дифузійна металізація.	6	1	-	5
Всього годин за Модуль 2	120	27	18	75
Всього годин	240	54	36	150

Л – лекції, П – практичні заняття, СРЗ – самостійна робота здобувачів.

5. ЗМІСТ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Металознавство.

Тема 1. Метали і їхні властивості. Атомно-кристалічна будова металів.

Електронна структура ізольованих атомів. Особливості будови атомів металів. Сутність металевого стану речовини. Кристалічна будова металів. Види елементарних осередків металів: об'ємна-центрована кубічна, гранецентрована кубічна, гексагональна і тетрагональна кристалічні ґрати. Кристалічна будова

металів як відображення законів діалектичного переходу кількісних змін у якісні (взаємодія сил притягання і відштовхування, стрибкоподібна зміна властивостей у результаті поліморфних перетворень). Характеристики елементарних осередків: параметр, координаційне число, базис. Кристалографічне позначення атомних площин. Властивості металів і методи їх дослідження, характерні кристалічні утворення металів.

Література [3, с. 9-37; 4, с. 7-23; 8, с. 2-10].

Тема 2. Плавлення і кристалізація металів.

Будова металевих розплавів. Фазові флуктуації і їхній розподіл. Поняття про вільну енергію. Термодинамічні основи плавлення й отвердіння, тепловий гістерезис, криві охолодження. Механізм кристалізації металів. Мимовільне зародження кристалів твердої фази. Зміна запасу вільної енергії при температурах вище і нижче критичної. Поняття про зародок критичної величини. Фактори, що обумовлюють розмір зародка. Структурні зміни в металах при деформуванні. Поводження металів при пружній і пластичній деформаціях, механізм ковзання і двойникування. Джерело дислокацій Франка-Ріда. Особливості пластичної деформації полікристалів. Фізична природа зміцнення при наклепі. Вплив пластичної деформації на структуру і властивості металів. Понадпластичність металів. Поводження деформованого металу при нагріванні, зворот і рекристалізація. Енергетичний стан наклепаного металу. Шляхи зменшення запасу вільної енергії. Спочинок і полігонізація, механізм процесів. Рекристалізація, поріг рекристалізації, збірна рекристалізація. Діаграми рекристалізації. Гаряча і холодна обробка металів тиском.

Література [3, с. 38-54; 4, с. 24-35; 8, с. 11-18]

Тема 3. Основи теорії сплавів. Сплави і їхня характеристика. Класифікація фаз.

Поняття: сплав, компонент, фаза. Класифікація фаз у подвійних системах: тверді розчини, їхня будова, види твердих розчинів (заміщення, впровадження, вирахування, обмежені і необмежені). Хімічні сполуки, відмінність їх від твердих розчинів. Механічні суміші. Проміжні з'єднання: упорядковані тверді розчини, електронні з'єднання. Фази впровадження. Класифікація проміжних з'єднань за М.С. Курнаковим.

Література [3, с. 88-100; 4, с. 62-69; 8, с. 19-20]

Тема 4. Діаграми стану двокомпонентних систем.

Термодинамічний опис фазової рівноваги. Побудова діаграм стану. Аналіз діаграм стану, компоненти яких володіють повною взаємною розчинністю у твердому і рідкому станах. Ліквіація. Зонна плавка. Аналіз діаграм стану, компоненти яких цілком не розчинні у твердому стані. Евтектична кристалізація за А.А.Бочваром. Діаграма стану з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані: евтектична і перитектична кристалізації. Діаграма стану з хімічними сполуками: стійкими і нестійкими. Аналіз діаграми стану компонентів, що зазнають поліморфних перетворень, евтектоїдні перетворення. Відхилення від

фазової рівноваги в реальних сплавах. Залежність властивостей сплавів від характеру діаграми стану (закон М.С.Курнакова).

Література [3, с. 100-128; 4, с. 69-89; 8, с. 21-27]

Тема 5. Діаграма фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів

Властивості заліза: поліморфізм, відношення до вуглецю. Властивості вуглецю, графіт і цементит. Загальний огляд фазової діаграми стану залізовуглецевих сплавів. Положення критичних точок. Будова основних фаз. Перетворення в залізовуглецевих сплавах, що відбуваються при постійній температурі. Перитектичне перетворення, його механізм, продукти перетворення. Евтектичне перетворення, ледебурит і його властивості. Чавуни евтектичні, до- і заевтектичні, їхня структура і властивості. Евтектоїдні перетворення, перліт і його властивості. До- і заевтектоїдні сталі. Позначення критичних точок сталі.

Література [3, с. 142-160, 4, с. 90-102; 8, с. 28-32].

Тема 6. Вуглецеві сталі, їхній склад. Властивості литої сталі

Вуглецеві сталі, їхній склад, вплив домішок. Структура литої сталі: макро- і мікроструктура, дендрити. Хімічна неоднорідність литої сталі – дендритна і зональна ліквіація, неметалічні включення, газові і підкоркові міхури, випадкові домішки, фізична неоднорідність, усадочні раковини, пористість, тріщини. Властивості литої сталі.

Література [3, с. 160-176; 4, с.102-105; 8, с. 33-35]

Тема 7. Властивості гарячODEформованої сталі. Класифікація і маркування вуглецевих сталей.

Будова деформованої сталі, вплив обробки тиском на структуру і властивості, температурний інтервал ОМТ. Дефекти деформованої сталі: волокниста будова, шиферний злам, смугастість, рядковість, волосовини, тріщини, флокени. Вуглецеві сталі, їхня класифікація за якістю, призначенням, способом розкислення. Маркірування сталей. Сталі звичайної якості (група А, Б, В), якісні з нормальним і підвищеним вмістом марганцю, лита сталь. Властивості литої, деформованої і рекристалізованої сталі.

Література [3, с. 177-181; 8, с. 36]

Тема 8. Структура чавуну. Основні теорії графітизації.

Структура білих чавунів, умови їхнього одержання, властивості й область застосування. Сірі чавуни. Стабільна діаграма стану залізовуглецевих сплавів. Основні теорії графітизації, стадії графітизації, вплив С, Si, Mn, S, P. Енергетичні умови утворення графіту і цементиту. Структура сірих чавунів: вплив графіту на властивості чавуну. Основні фактори, що визначають розміри, форму і кількість графіту: домішки, швидкість охолодження, перегрівання. Структура і властивості спеціальних чавунів. Металева основа сірих чавунів: феритна, ферито-перлітна, перлітна. Одержання спеціальних чавунів. Модифікований, високоміцний, сталистий і ковкий чавуни. Технологія їхнього одержання, властивості. Вибілений чавун. Маркірування чавунів за ДСТом. Основні фазові і структурні перетворення

за діаграмою “залізо – вуглець” особливості структурного стану литих і деформованих сталей, особливості структурного стану сірих чавунів, особливості структурного стану спеціальних чавунів,

Література [3, с.181-196, 4, с. 111-121; 8, с.39-43]

Тема 9. Леговані сталі і чавуни

Взаємодія легуючих елементів із залізом і вуглецем. Структура легованих сталей і чавунів. Вимоги, пред’явлені щодо розвитку виробництва легованої сталі. Розподіл легуючих елементів, вплив легуючих елементів на поліморфізм заліза. Феритні й аустенітні сталі. Вплив легуючих елементів на карбідну фазу, закон карбідоутворення, види карбідів і їх властивості. Вплив легуючих елементів на основні перетворення в залізобуглецевих сплавах. Маркірування легованих сталей. Вплив легуючих елементів на основні перетворення в сталях – дифузійні і бездифузійні. Структурні класи легованих сталей, класифікація легованих сталей у рівноважному і метастабільному станах. Маркування легованих сталей.

Література [3, с.303-322, 4, с. 105-110; 8, с.44-50]

Тема 10. Спеціальні сталі.

Сталі з особливими фізичними властивостями: корозійностійкі, жароміцні сталі, жаростійкі. Зносостійкі сталі: кулькопідшипникові, графітізовані, високомарганцевісті. Особливості структури легованих сталей і чавунів, класифікація легованих сталей.

Література [3, с. 382-434, 4, с. 224-246; 8, с.51-58]

Тема 11. Кольорові метали і сплави.

Сплави на основі міді. Мідь і її властивості. Сплави міді, вплив домішок, маркування міді. Сплави міді з цинком. Загальний огляд діаграми стану «мідь – цинк», атомно-кристалічна будова фаз. Вплив цинку на структуру і властивості сплавів. Однофазні і двофазні латуні. Маркування і застосування латуней. Підшипникові сплави. Вимоги, що пред’являються до них. Сплави міді з оловом. Загальний огляд діаграми стану системи «мідь – олово». Структура і властивості фаз, що утворюються в системі. Маркірування бронз. Олов’янисті бронзи і їхньої властивості. Безолов’янисті бронзи: алюмінієві, кремєністі, берилієві, свинцеві, їхній склад, властивості, область застосування.

Література [3, с.509-524, 4, с. 285-293; 8, с.59-62]

Сплави на основі алюмінію

Алюміній і його властивості, вплив домішок, маркірування. Класифікація сплавів на основі алюмінію, ливарні і такі, що деформуються, зміцнюються і не зміцнюються термообробкою. Діаграми стану алюмінію з кремнієм. Ливарні сплави – силуміни, технологія модифікування. Маркування силумінів. Алюмінієві сплави, що деформуються. Сплави з магнієм і марганцем, що не зміцнюються, позначення цих сплавів. Дуралюмін, його термообробка. Плакування. Високоміцні і жароміцні алюмінієві сплави.

Література [3, с.478-503, 4, с. 270-280; 8, с.63-65]

Сплави на основі олова, свинцю.

Свинець і олово. Вплив домішок на властивості цих металів. Застосування свинцю й олова. Легкоплавкі підшипникові сплави – бабіти. Олов'янисті і безолов'янисті бабіти. Бабіти на основі цинку й алюмінію. Припої, м'які і тверді. Олов'яно-свинцовисті припої. Тверді припої, срібні припої, цинко-алюмінієві підшипникові сплави.

Література [3, с.524-532, 4, с. 294-297; 8, с. 68]

Сплави на основі титану і магнію.

Титан і його сплави. Поліморфізм титану. Вплив домішок (азоту, вуглецю, кисню і водню) на властивості титану. α і β - стабілізатори. Діаграма стану титана з алюмінієм, оловом, цинком, молібденом, ванадієм, марганцем і залізом. Властивості титанових сплавів. Магнієві сплави. Тверді сплави: литі і металокерамічні. Основні галузі використання сплавів на основі алюмінію і міді, олова, свинцю, титану.

Література [3, с. 434-443, 4, с. 281-284; 8, с. 66, 67, 69]

Модуль 2. Термічна обробка

Тема 12. Процеси, що відбуваються в сталі при нагріванні та охолодженні сталей.

Процеси, що відбуваються в сталі при повільному нагріванні. Утворення аустеніту. Основні елементи технології термообробки: нагрівання, витримка, охолодження. Зв'язок технології термообробки з діаграмою стану залізобуглецевих сплавів. Перетворення ферито-перлітної суміші в аустеніт і кінетика процесу. Зародження і ріст зерна аустеніту при нагріванні. Гомогенізація аустеніту. Перетворення перліту при безупинному нагріванні.

Література [3, с.199-209, 5, с.100-120, 6, с. 7-44; 9, с. 2-7]

Тема 13. Зерно в сталі.

Вплив величини зерна аустеніту на механічні і технологічні властивості сталі. Зерно аустеніту, основні визначення: спадково дрібно- і грубозернисті сталі. Фізична причина схильності зерна аустеніту до росту. Способи визначення величини зерна за ДСТом. Вплив хімічного складу, способу виплавки на схильність зерна аустеніту до росту. Перегрів і перепал. Вплив величини зерна на технологічні і механічні властивості. Дійсне зерно сталі.

Література [3, с.209-216, 5, с.127-135, 6, с. 49-53; 9, с. 8]

Тема 14. Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні. Механізм і кінетика розпаду переохолодженого аустеніту. Загальна теорія переохолодженого аустеніту, вплив ступеня переохолодження. Кінетика і механізм перетворення переохолодженого аустеніту в перлітній і проміжній ділянках. Діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту, її

побудова, теоретична і практична значимість. Структура продуктів перетворення і властивості. Фактори, що впливають на механізм і кінетику розпаду переохолодженого аустеніту.

Література [3, с.216-228, 5, с.136-145, 6, 5 с. 4-69; 9, с. 10-12]

Тема 15. Мартенситне перетворення в сталях

Загальна теорія перетворення. Структура і властивості мартенситу. Механізм перетворення аустеніту в мартенсит. Природа мартенситу. Кінетика перетворення аустеніту в мартенсит. Мартенситна діаграма, залишковий аустеніт. Стабілізація залишкового аустеніту. Вплив умов охолодження на перетворення аустеніту в мартенсит.

Література [3, с.229-243, 5, с.181-226, 6, с. 70-90; 9, с. 13]

Тема 16. Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення. Перетворення, що відбуваються в сталі при безупинному охолодженні

Проміжне (бейнітне) перетворення. Природа бейніта. Механізм бейнітного перетворення. Механічні властивості сталі з бейнітною структурою. Вплив легуючих елементів на ізотермічне перетворення аустеніту.

Література [3, с.244-246, 5, с. 227-233, 6, с. 91-94; 9, с. 14-15]

Тема 17. Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні.

Вплив швидкості безупинного охолодження на критичні точки, структуру і властивості сталі. Критична швидкість охолодження. Вплив складу сталі і технологічних факторів на критичну швидкість охолодження. Розрахунково-графічне визначення критичної швидкості загартування. Термокінетичні діаграми перетворення аустеніту, їхнє практичне значення при термообробці виливків. Особливості структурних і фазових перетворень при нагріванні сталей, основні фактори, що стримують зростання зерна при нагріванні сталей, основні фактори, що впливають на перетворення при охолодженні, особливості бейнітного перетворення у сталях, основні види термічної обробки сталей та чавунів, особливості впливу нормалізації на властивості сталей залежно від їхнього складу, основні види гартування сталей, особливості впливу відпуску на структуру і властивості сталей.

Література [6, с. 95-103; 9, с. 16]

Тема 18. Технологія термічної обробки сталі і чавуну.

Технологія відпалу, види і призначення. Первинна і вторинна термообробка. Види і мета відпалу. Відпал першого роду: принципи вибору основних параметрів технології. Класифікація сталі за флокеночутливістю. Повний відпал сталі, призначення, режими. Неповний відпал сталі, призначення, режими. Ізотермічний відпал сталі, призначення, режими. Гомогенізуючий відпал сталей, призначення, режими. Світлий відпал. Режими відпалу крупних поковок. Відпал сталевого лиття. Низькотемпературний відпал. Відпал на зернистий перліт. Відпал холоднодеформованої сталі. Вплив відпалу на структуру і механічні властивості гарячODEформованої сталі.

Література [3, с.275-278, 4, с.154-168, 6, с. 145-168; 9 с. 17-22]

Тема 19. Нормалізація сталі, економічна ефективність застосування нормалізації.

Визначення операції нормалізації. Фактори, що впливають на результати нормалізації сталі. Вплив нормалізації на структуру і механічні властивості сталі, порівняння нормалізації з відпалом, економічна ефективність застосування нормалізації. Устаткування для відпалу і нормалізації. Окислювання й обезвуглецювання сталі. Захисні атмосфери, безокисне нагрівання, дефекти, що виникають при відпалі і нормалізації (обезвуглецювання, перегрів, перепал, короблення).

Література [6, с. 174-178; 9, с. 23]

Тема 20. Загартування сталі.

Вибір параметрів технології. Різновидності загартування.

Визначення операції загартування. Фактори, що визначають результати загартування. Швидкість і температура нагрівання під загартування. Швидкість охолодження і характеристика охолоджуючих середовищ, поняття про ідеальний охолоджувач. Деформація сталі при загартуванні. Прогартованість і загартуваність сталі. Методи визначення прогартуваності сталі. Вплив прогартуваності на структуру і властивості сталі, схема А.П. Гуляєва.

Література [3, с.256-260, 4, с.169-176, 6, с. 179-195; 9, с. 24-26]

Поняття про оптимальний спосіб загартування, вплив складу і форми деталей. Технологія й область застосування: згартування в одному охолоджувачі, загартування в двох середовищах, струйне гартування, гартування із самовідпуском, ступінчастого загартування, ізотермічного загартування. Поняття й область застосування бездеформаційного гартування. Гартування на стабільні розміри. Обробка холодом. Особливості загартування литої сталі.

Література [3, с.270-274; 6, с.198-200, 9, с. 27, 28]

Тема 21. Технологія відпуску.

Відпускна крихкість. Теорія перетворень. Визначення операції відпуску сталі. Теорія відпуску сталі. Вплив температури відпуску на структуру і механічні властивості загартуваної сталі. Термічне поліпшення. Крихкість сталі при відпуску. Оборотна і необоротна крихкість.

Література [4, с.175-181; 6, с.201-204, 9, с. 29-33]

Тема 22. Старіння сплавів на основі заліза.

Теорія старіння. Установлення режиму відпуску. Устаткування для нагрівання під загартування і відпуск сталі. Дефекти, що виникають при загартуванні і відпуску.

Література [6, с. 207-213]

Тема 23. Поверхневі методи загартування

Сутність і призначення поверхневого загартування, класифікація методів. Поверхнєве загартування при нагріванні у свинцевих ваннах. Полум'яне поверхнєве загартування. Поверхнєве загартування при нагріванні в електроліті. Контактне нагрівання. Загартування при нагріванні струмами високої частоти. Способи індукційного нагрівання під загартування. Параметри індукційного нагрівання для цілей термічної обробки. Вплив параметрів індукційного нагрівання на структуру і механічні властивості загартованої сталі. Напруження в поверхово загартованій сталі. Опір втомленості. Діаграми допустимих і переважних режимів при високочастотному нагріванні під загартування. Поверхнєве загартування при газополум'яному і лазерному нагріванні. Переваги і недоліки.

Література [3, с.279-283, 4, с.186-190, 6, с. 221-232; 9, с. 35, 36]

Тема 24. Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі. Технологія цементації

Визначення операції хіміко-термічної обробки сталі. Загальні закономірності дифузійних процесів, теорія явищ. Будова дифузійного шару в зв'язку з діаграмою стану. Цементация сталі. Вплив температури, тривалості цементації і вмісту в сталі легуючих елементів на результати цементації. Сталь для цементації. Тверді, рідкі і газоподібні карбюратори. Практика проведення цементації. Устаткування, що застосовується. Термічна обробка цементованих виробів. Структура і властивості цементованої сталі, область застосування цементації.

Література [3, с. 284-294; 4, с. 191-198; 6, с. 234-257; 9, с. 37, 38]

Тема 25. Хімізм процесу азотування

Властивості азотованого шару. Сталі для азотування. Антикорозійне азотування. Азотування легованої сталі з метою поверхневого зміцнення. Режими азотування і устаткування, що застосовується. Порівняння азотування і цементації як двох методів хіміко-термічної обробки. Галузі застосування азотування. Ціанування сталі. Структура і властивості ціанованої сталі. Низькотемпературне ціанування в рідких, газових і твердих середовищах. Ціанування інструментальних сталей. Техніка безпеки. Борування. Дифузійна металізація. Силіціювання сталі і чавуну.

Література [3, с. 295-300; 4, с. 191-198; 6, с. 258-272; 9, с. 39, 40]

Тема 26. Дифузійна металізація.

Структура та властивості поверхневих шарів сталей, підданих насиченню бором, хромом, титаном, алюмінієм, кремнієм, марганцем. Особливості технології однокомпонентного та багатокомпонентного насичення. Галузі застосування та перспективи розвитку одно та багатокомпонентних процесів насичення. Склад, термічна обробка і властивості конструкційних сталей

Література [3, с.301-302; 4, с. 202-204; 6, с. 273-281; 9, с. 41]

6. ТЕМИ ЛЕКЦІЙ

№з/п	Назва теми	Години
1	2	3
Модуль 1. Металознавство.		
1	Тема 1. Метали і їхні властивості. Атомно-кристалічна будова металів.	2
2	Тема 2. Плавлення і кристалізація металів.	2
3	Тема 3. Основи теорії сплавів. Сплави і їхня характеристика. Класифікація фаз.	2
4	Тема 4. Діаграми стану двокомпонентних систем.	3
5	Тема 5. Діаграма фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів.	3
6	Тема 6. Вуглецеві сталі, їхній склад. Властивості литої сталі.	2
7	Тема 7. Властивості гарячедеформованої сталі. Класифікація і маркування вуглецевих сталей.	3
8	Тема 8. Структура чавуна. Основні теорії графітизації.	2
9	Тема 9. Леговані сталі і чавуни	3
10	Тема 10. Спеціальні сталі.	2
11	Тема 11. Кольорові метали і сплави.	3
Всього годин за Модуль 1		27
Модуль 2. Термічна обробка		
12	Тема 12. Процеси, що відбуваються в сталі при нагріванні та охолодженні сталей.	2
13	Тема 13. Зерно в сталі.	2
14	Тема 14. Перетворення, що відбуваються в сталі при повільному охолодженні.	2
15	Тема 15. Мартенситне перетворення в сталях.	2
16	Тема 16. Механізм і кінетика проміжного (бейнітного) перетворення.	2
17	Тема 17. Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні.	2
18	Тема 18. Технологія термічної обробки сталі і чавуну.	2
19	Тема 19. Нормалізація сталі, економічна ефективність застосування нормалізації	2
20	Тема 20. Гартування сталі.	2
21	Тема 21. Технологія відпуску	2
22	Тема 22. Старіння сплавів на основі заліза.	2
23	Тема 23. Поверхневі методи гартування.	2
24	Тема 24. Загальні закономірності хіміко-термічної обробки сталі.	1

25	Тема 25. Хімізм процесу азотування.	1
26	Тема 26. Дифузійна металізація.	1
Всього годин за Модуль 2		27
Всього годин		54

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№з/п	Назва теми	Години
1	2	3
Модуль 1. Металознавство.		
1	Макро - і мікроскопічне дослідження металів.	2
2	Твердість і методи її вимірювання. Отримання емпіричної залежності твердості від вмісту вуглецю у відпаленій сталі.	2
3	Вивчення формування структури і властивостей твердих розчинів та подвійних сплавів евтектичного типу при кристалізації.	2
4	Вплив пластичної деформації і рекристалізації на мікроструктуру і властивості металів.	2
5	Мікроструктура вуглецевої сталі у рівноважному стані.	2
6	Мікроструктура чавунів.	2
7	Структура легованої сталі.	2
8	Мікроструктура інструментальних сталей і твердих сплавів.	2
9	Мікроструктура кольорових металів і сплавів.	2
10	Визначення класу легованої сталі за структурою після охолодження на повітрі.	2
Всього годин за Модуль 1		20
Модуль 2. Термічна обробка		
11	Визначення аустенітного зерна в сталі	2
12	Вплив попередньої термічної обробки на механічні властивості і мікроструктуру гарячодетформованої сталі.	2
13	Дослідження впливу рекристалізаційного відпалу на структуру і властивості холоднодетформованої вуглецевої сталі.	2
14	Експериментальне визначення критичної швидкості гартування.	2
15	Визначення оптимальної температури гартування сталі.	2
16	Визначення прогартуваності сталі методом торцевого гартування.	2
17	Термічна обробка конструкційних сталей.	2
18	Структура і властивості поверхневих шарів деталей, підданих цементації.	2
Всього годин за Модуль 2		16
Всього годин		36

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Денна форма
1	2	3
1	Властивості металів і методи їх дослідження, характерні кристалічні утворення металів.	7
2	Рекристалізація, поріг рекристалізації, збірна рекристалізація. Діаграми рекристалізації. Гаряча і холодна обробка металів тиском.	7
3	Класифікація проміжних з'єднань за М.С. Курнаковим.	7
4	Залежність властивостей сплавів від характеру діаграми стану (закон М.С.Курнакова).	7
5	Позначення критичних точок сталі.	7
6	Структура литої сталі: макро- і мікроструктура, дендрити.	7
7	Властивості литої, деформованої і рекристалізованої сталі.	7
8	Модифікований, високоміцний, сталистий і ковкий чавуни.	7
9	Структурні класи легованих сталей, класифікація легованих сталей у рівноважному і метастабільному станах.	7
10	Особливості структури легованих сталей і чавунів, класифікація легованих сталей.	7
11	Безолов'яністі бронзи: алюмінієві, кремєністі, берилієві, свинцеві, їхній склад, властивості, область застосування. Плакування. Високоміцні і жароміцні алюмінієві сплави. Олов'яно-свинцевисті припої. Магнієві сплави.	5
12	Дійсне зерно сталі.	5
13	Фактори, що впливають на механізм і кінетику розпаду переохолодженого аустеніту.	5
14	Вплив умов охолодження на перетворення аустеніту в мартенсит.	5
15	Вплив легуючих елементів на ізотермічне перетворення аустеніту.	5
16	Основні види гартування сталей, особливості впливу відпуску на структуру і властивості сталей.	5
17	Вплив відпалу на структуру і механічні властивості гарячодформованої сталі.	5
18	Захисні атмосфери, безокисне нагрівання, дефекти, що виникають при відпалі і нормалізації (обезвуглецювання, перегрів, перепал, короблення).	5
19	Методи визначення прогартованості сталі. Вплив	5

	прогартуваності на структуру і властивості сталі, схема А.П. Гуляєва.	
20	Обробка холодом. Особливості загартування литої сталі.	5
21	Оборотна і необоротна крихкість.	5
22	Дефекти, що виникають при загартуванні і відпуску.	5
23	Поверхнєве загартування при газополум'яному і лазерному нагріванні. Переваги і недоліки.	5
24	Структура і властивості цементованої сталі, область застосування цементациї.	5
25	Дифузійна металізація. Силіціювання сталі і чавуну.	5
26	Склад, термічна обробка і властивості конструкційних сталей	5
Всього годин		150

9. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Для опанування матеріалу дисципліни «Металознавство і термічна обробка» окрім лекційних, лабораторних занять, тобто аудиторної роботи, значну увагу необхідно приділяти самостійній роботі.

Основні види самостійної роботи здобувача:

1. Вивчення додаткової літератури.
2. Робота з довідковими матеріалами.
3. Підготовка до лабораторних занять.
4. Підготовка до проміжного й підсумкового контролю.
5. Виконання самостійного завдання.
6. Виконання індивідуальних завдань.

Контроль систематичного виконання самостійної роботи

Оцінювання проводять за такими критеріями:

- 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії і методології проблем, що розглядаються;
- 2) ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з тем, що розглядають;
- 4) уміння поєднувати теорію з практикою при розгляді ситуацій, вирішенні завдань, проведенні розрахунків при виконанні завдань, винесених для самостійного опрацювання, і завдань, винесених на розгляд в аудиторії;
- 5) структура, стиль викладання матеріалу в письмових роботах і при захисті в аудиторії, вміння обґрунтовувати результати, здійснювати узагальнення інформації і робити висновки. Самостійна робота здобувача контролюється протягом семестру. При оцінюванні індивідуальних завдань і самостійної роботи

увагу приділяють також їх якості і самостійності, своєчасності здачі виконаних завдань викладачу (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не буде виконана, то оцінка буде знижена.

Самостійна робота оцінюється за такими критеріями:

- 1) самостійність виконання;
- 2) логічність і послідовність викладання матеріалу;
- 3) повнота виконання розрахунків;
- 4) використання й аналіз додаткових літературних джерел;
- 5) якість оформлення.

10. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ЗЕКЗАМЕНУ

1. Як впливає швидкість охолодження при відпуску на твердість сталі?
2. Яка відпустка забезпечує найбільш високі пружні властивості?
3. Який графік правильно відображає режим термообробки (t – температура; $V_{охл}$ – швидкість охолодження; $V_{нагр}$ – швидкість нагрівання; τ – час)?
4. Оберіть найбільш доцільний спосіб виявлення розміру зерна аустеніту маловуглецевих сталей
5. Що мається на увазі під дійсним зерном?
6. Яка основна умова для початку мартенситного перетворення?
7. Визначте область існування продуктів бездифузійного перетворення переохолодженого аустеніту
8. Який з наведених способів зміцнення відноситься до поверхневого?
9. Вкажіть структуру сталі, що надходить на азотування
10. Сталь після гартування та наступного відпуски має твердість нижчу, ніж передбачено технічними умовами. Чому?
11. Дайте визначення трооститу відпуски вуглецевої сталі
12. Яка крива правильно відображає зміну розміру зерна аустеніту з підвищенням температури?
13. На наведеній діаграмі ізотермічного утворення аустеніту визначте лінію початку розпаду перліту
14. Вкажіть основні чинники впливу при термічній обробці
15. Визначте область існування стійкого аустеніту і надлишкового фериту
16. Вкажіть чинник, від якого вирішальною мірою залежить розмір цементитних частинок в продуктах розпаду аустеніту
17. Яка з перелічених структур утворюється в результаті дифузійного розпаду переохолодженого аустеніту?
18. Виберіть сталь для цементації
19. Вкажіть сталь, розроблену для азотування
20. Після термообробки сталь 45 набуває найбільшу пластичність?
21. Визначте температуру нормалізації сталі 45
22. Як впливають карбидоутворюючі елементи на процес аустенітизації?
23. Яка структура відповідає заевтектоїдній сталі, нагрітої до температури в інтервалі A_{c1} – A_{cm} ?
24. Що мається на увазі під природним «спадковим» зерном?

25. На наведеній схемі виберіть криву швидкості охолодження, що призводить до утворення структури, що складається з мартенсіту, троостіту залишкового аустеніту
26. Визначте область існування стійкого аустеніту
27. Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту який параметр служить мірою нестійкості переохолодженого аустеніту?
28. Висока твердість азотованого шару обумовлена наявністю в поверхневому шарі:
29. Вкажіть переваги іонного азотування
30. Дайте визначення троостіту відпустки вуглецевої сталі
31. Після гарту твердість сталі 45 не змінилася. Чому?
32. Як змінюється температура початку утворення аустеніту зі збільшенням ступеня перегріву?
33. Користуючись наведеною схемою, визначте умови рівноваги між перлітом і аустенітом при нагріванні якщо F_P – вільна енергія перліту, F_A – вільна енергія аустеніту, t – температура
34. Яке призначення витримки (виключаючи необхідність повного прогріву) перед охолодженням при термообробці сталі?
35. Яка діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту відповідає евтектоїдній сталі?
36. Визначте область існування продуктів дифузійного перетворення переохолодженого аустеніту
37. Яка структура (з перерахованих) володіє найбільшою дисперсністю?
38. Вкажіть основні переваги газової цементації в порівнянні з цементацією в твердому карбюраторе
39. Вкажіть спосіб визначення твердості виробів після азотування
40. Яка з зазначених кривих охолодження відповідає ізотермічного загартування
41. Яка з зазначених швидкостей охолодження відповідає критичній?
42. Вкажіть умову аустенізації доевтектоїдних сталей
43. Оберіть найбільш доцільний спосіб виявлення розміру зерна аустеніту маловуглецевих сталей
44. Що мається на увазі під дійсним зерном?
45. Яка з перелічених структур утворюється в результаті дифузійного розпаду переохолодженого аустеніту?
46. Яка структура утворюється в результаті бездифузійного відпалу переохолодженого аустеніту?
47. Із зазначених структур сталі, яка утворюється при більш низькій температурі?
48. Вкажіть елемент, яким насичують поверхневі шари деталей при цементації
49. Як впливає температура на глибину проникнення струму в деталь?
50. Чим відрізняються умови утворення перліту і троостіту?
51. Яка відпустка забезпечує найбільш високі пружні властивості?
52. Що таке перліт?
53. Як змінюється коефіцієнт в'язкості руйнування K_{1C} із збільшенням розміру

зерна?

54. Яку властивість характерна для мартенсіту?

55. Яка діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту відповідає доэвтектоїдній сталі?

56. Визначте область існування стійкого аустеніту і надлишкового фериту

57. Які переваги в технології цементації створює застосування спадково дрібнозернистих сталей?

58. Яку сталь доцільно застосовувати для поверхневого гарту?

59. Яка структура виникає в зразку сталі 45 діаметром 8-10 мм після нормалізації?

60. Що таке термічне поліпшення?

61. Як змінюється поріг холодноламкості з ростом зерен?

62. З перерахованих видів термічної обробки вкажіть той, який відноситься до хіміко-термічної

63. Що мається на увазі під початковим зерно аустеніту?

64. Вкажіть, який перетворення не йде до кінця

65. Який з перерахованих елементів сприяє укрупненню зерна?

66. Вкажіть можливі типи перлітних структур

67. Виберіть один з процесів, що проходять при хіміко-термічній обробці

68. Чим досягається висока твердість цементованого шару?

69. Визначте температурний інтервал повного відпалу доэвтектоїдній сталі

70. Сталь після гартування та наступного відпустки має твердість нижчу, ніж передбачено технічними умовами. Чому?

71. Яка структура відповідає доэвтектоїдній сталі, нагрітої до температури в інтервалі $A_{c1} - A_{cm}$?

72. Вкажіть мета будь-якого процесу термічної обробки

73. З перерахованих видів термічної обробки вкажіть той, який відноситься до хіміко-термічної

74. Вкажіть чинник, від якого вирішальною мірою залежить розмір цементитних частинок в продуктах розпаду аустеніту

75. Яка особливість характерна тільки для мартенситного перетворення?

76. Вкажіть вирішальний фактор, що визначає структуру і будову продуктів перетворення аустеніту

77. Назвіть цементуєму сталь

78. Який з наведених способів зміцнення відноситься до поверхневого?

79. Яка крива охолодження відповідає ізотермічному відпалу?

80. Яка з перерахованих структурних складових володіє найбільшою твердістю?

81. Яка структура відповідає доэвтектоїдній сталі, нагрітої до температури в інтервалі $A_{c1} - A_{c3}$?

82. Що таке перліт?

83. Яка лінія характеризує нагрівання з найбільшою швидкістю?

84. Яка діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту відповідає доэвтектоїдній сталі?

85. Вкажіть вирішальний фактор, що визначає структуру і будову продуктів

перетворення аустеніту

86. На наведеній схемі виберіть криву швидкості охолодження, що призводить до утворення структури, що складається з мартенсіту, троостіту залишкового аустеніту

87. Збігається за величиною температура гарту однієї і тієї ж сталі при пічному нагріві і індукційному?

88. Висока твердість азотованого шару обумовлена наявністю в поверхневому шарі:

89. Після термообробки сталь 45 набуває найбільшу пластичність?

90. При якій температурі нагріву відбудеться неповна загартування сталі 45?

91. Яка структура відповідає доевтектоїдній сталі, нагрітої до температури в інтервалі $A_{c1} - A_{c3}$?

92. Яка структура відповідає заевтектоїдній сталі, нагрітій вище A_{cm} ?

93. Яка умова є головним для можливості виконання зміцнюючої термообробки? У сплавах повинні бути:

94. Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту який параметр служить мірою нестійкості переохолодженого аустеніту?

95. Визначте область існування стійкого аустеніту і надлишкового фериту

96. Яка з перелічених структур стали забезпечує найбільшу твердість?

97. Зазначте структурні складові у заевтектоїдній зоні поверхневого шару деталей після цементації

98. Оберіть технологію обробки сталі 20 для отримання твердості на поверхні 60 HRC

99. Яка охолоджуюча середовище забезпечить нормальну загартування деталі діаметром 10-15мм зі сталі 45?

100. Що таке термічне поліпшення?

101. Як зміниться тривалість гомогенізації аустеніту в легованих сталях, у порівнянні з вуглецевими (при однаковому вмісті вуглецю)?

102. Для оцінки величини зерна використовується шкала зернистості, причому, величина зерна характеризується номером бали.

103. Як змінюється розмір зерна зі збільшенням номера бали?

104. В яких сталях (по способу розкислення) можливо виникнення найбільш крупного зерна?

105. Яка структура утворюється в результаті охолодження сталі зі швидкістю, більшою критичною?

106. Яка лінія відображає початок розпаду аустеніту в дифузійній області

107. На наведеній схемі виберіть криву швидкості охолодження, що призводить до утворення структури, що складається з мартенсіту, троостіту залишкового аустеніту

108. Вкажіть структурно-фазовий стан сталі при виконанні цементації

109. Підвищення швидкості нагріву при індукційному гартуванні деталей призводить до:

110. У чому різниця у фізичній природі перліту, сорбіту, троостіту?

111. З якоїсь кривої охолодження сталі 45 буде отримана структура мартенсит + ост. аустеніт + троостіт?

112. Користуючись наведеною схемою, визначте умови рівноваги між перлітом і аустенітом при нагріванні якщо F_P – вільна енергія перліту, F_A – вільна енергія аустеніту, t – температура
113. Вкажіть кінетичну криву утворення аустеніту в умовах перетворення з найбільшим перегрівом
114. Вкажіть умову переходу перліту в аустеніт в сталях Що таке «ступінь тетрагональності мартенситу»
115. Яка структура утворюється в результаті бездифузійного розпаду переохолодженого аустеніту?
116. Яка лінія відображає початок розпаду аустеніту в дифузійній області
117. Яка твердість азотованого шару?
118. Оберіть технологію обробки сталі 38ХМЮА для отримання твердості на поверхні 1200 HV
119. Яка твердість відповідає сорбіту?
120. Визначте раціональну температуру гарту сталі евтектоїдній
121. Яке фазове перетворення є основним при нагріванні вуглецевих сталей вище критичних температур A_1 ?
122. Як зміщуються критичні точки сталей із збільшенням швидкості нагріву?
123. В яких сталях (по способу розкислення) можливо виникнення найбільш крупного зерна?
124. Яка діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту відповідає заевтектоїдним сталям
125. Чим відрізняються умови утворення перліту, сорбіту і троостіту?
126. Визначте температурний інтервал утворення перліту, троостіту і сорбіту
127. Вкажіть основні переваги газової цементації в порівнянні з цементацією в твердому карбюрізаторі.
128. Збігається за величиною температура гарту однієї і тієї ж сталі при пічному нагріві і індукційному?
129. Яка твердість відповідає мартенситу?
130. Який інтервал температурного нагріву загартованої сталі 45 відповідає низькотемпературного відпуску?
131. Як зміщуються критичні точки сталей із збільшенням швидкості нагріву?
132. Як змінюється температура початку утворення аустеніту зі збільшенням ступеня перегріву?
133. В яких сталях (по способу розкислення) можливо виникнення найбільш дрібного зерна?
134. Яка структура утворюється в результаті бездифузійного розпаду переохолодженого аустеніту?
135. Яка лінія відображає початок виділення надлишкового фериту при охолодженні доевтектоїдних сталей?
136. Визначте температурний інтервал освіти голчастого троостіту (бейніту)
137. Вкажіть елемент, яким насичують поверхневі шари деталей при цементації
138. Які основні властивості поверхневих шарів виникають в деталях в результаті азотування?
139. Яка відпустка забезпечує найбільш високий комплекс хутро. властивостей?

140. Яка структура виникає в зразку сталі 45 діаметром 8-10 мм після нормалізації?
141. Яка крива правильно відображає зміну розміру зерна аустеніту з підвищенням температури?
142. Вкажіть принципове поділ термообробки на види, прийняте за класифікацією
143. Як впливають карбидоутворюючі елементи на процес аустенітизації?
144. Яка лінія відображає початок виділення надлишкового фериту при охолодженні доєвтектоїдних сталей?
145. Визначте область існування переохолодженого аустеніту
146. В яких умовах охолодження від температури вище критичних вуглецевих сталях утворюється феріто-перлітна суміш?
147. Зазначте структурні складові у заєвтектоїдній зоні поверхневого шару деталей після цементації
148. Що таке ціанування?
149. Яка з перелічених структур володіє найбільшою твердістю?
150. Яка температура є оптимальною для загартування заєвтектоїдних сталей?
151. Для оцінки величини зерна використовується шкала зернистості, причому, величина зерна характеризується номером бали.
152. Як змінюється розмір зерна зі збільшенням номера бали?
153. Визначте термодинамічне умова рівноваги між аустенітом і перлітом, якщо $F_{\text{П}}$ – вільна енергія перліту, $F_{\text{А}}$ – вільна енергія аустеніту
154. Що таке перліт?
155. Яка з перелічених структур утворюється в результаті дифузійного розпаду переохолодженого аустеніту?
156. Виберіть криву охолодження, яка для сталі, що має наведену с-образну діаграму, забезпечить отримання найбільшої твердості
157. Яка структура утворюється в результаті охолодження сталі зі швидкістю, більшою критичною?
158. Вкажіть твердість цементованих деталей після гарту і низькотемпературного відпуску
159. Як впливає частота змінного струму на глибину його проникнення ?
160. Визначте раціональну температуру гарту евтектоїдної сталі.
161. Яким способом рекомендується визначення твердості після нормалізації зразків сталі 45?
162. Вкажіть умову переходу перліту в аустеніт в сталях
163. Вкажіть мета будь-якого процесу термічної обробки
164. Яка структура відповідає заєвтектоїдної сталі, нагрітій вище Асм?
165. Визначте криву початку дифузійного перетворення переохолодженого аустеніту Вкажіть, яке з названих перетворень є бездифузійним
166. Яка з перелічених структур сталі забезпечує найбільшу твердість?
167. Як впливає температура на глибину проникнення струму в деталь?
168. Що таке ціанування?
169. Яка температура є оптимальною для загартування заєвтектоїдних сталей?
170. Визначте умови охолодження сталі 45 при виконанні відпалу?

171. Що таке перліт?
172. Визначте термодинамічне умова перетворення перліту в аустеніт, якщо F_P – вільна енергія перліту, F_A – вільна енергія аустеніту
173. Яка лінія характеризує нагрівання з найбільшою швидкістю?
174. Визначте температурний інтервал освіти мартенсіту по наведеній діаграмі перетворення переохолодженого аустеніту
175. На наведеній схемі виберіть криву швидкості охолодження, що призводить до утворення структури, що складається з мартенсіту, троостіту залишкового аустеніту
176. Зазначте структурні складові у заевтектоїдній зоні поверхневого шару деталей після цементації
177. Який з перерахованих елементів сприяє укрупнення зерна?
178. Яку властивість змінного електричного струму використовується для поверхневої індукційної загартування?
179. У чому різниця будови перліту, сорбіту, троостіту?
180. Яка відпустка забезпечує найбільш високі пружні властивості?
181. Вкажіть мета будь-якого процесу термічної обробки
182. В яких сталях (по способу розкислення) можливо виникнення найбільш крупного зерна?
183. Що таке ферит?
184. Яка діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту відповідає евтектоїдній сталі?
185. Яка структура (з перерахованих) володіє найбільшою дисперсністю?
186. Яку властивість характерна для мартенсіту?
187. Виберіть вид відпустки після поверхневої гарту
188. Виберіть один з процесів, що проходять при хіміко-термічній обробці
189. Яка крива охолодження відповідає ізотермічному відпалу?
190. Яка структура утворюється в результаті загартування і подальшого високотемпературного відпуску сталі 45?
191. Як зміниться температура початку аустенітизації зі збільшенням швидкості нагріву?
192. Вкажіть умову аустенітизації доевтектоїдних сталей
193. Вкажіть головну особливість перетворення перліту в аустеніт
194. Визначте температурний інтервал освіти голчастого троостіту (бейніту)
195. Вкажіть, який перетворення не має інкубаційного періоду
196. Визначте область існування продуктів дифузійного перетворення переохолодженого аустеніту
197. Як впливає температура азотування на твердість шару?
198. Як впливає температура на глибину проникнення струму в деталь?

11. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Протягом семестру здобувачі вищої освіти денної форми навчання паралельно з аудиторними лекційними і лабораторними заняттями виконують індивідуальні завдання в вигляді розрахунково-графічних завдань за означеними у таблиці 11. 1 темами;

Теми та види індивідуальних завдань

№з/п	Назва теми або тем, з яких виконується індивідуальне завдання	Назва і вид індивідуального завдання
Модуль 1	Тема 4. Діаграми стану двокомпонентних систем.	Індивідуальне завдання 1 Аналіз діаграм стану двокомпонентних систем
	Тема 5. Діаграма фазової рівноваги залізовуглецевих сплавів.	Індивідуальне завдання 2 Аналіз діаграми стану «Залізо-карбід залізо»
Модуль 2	Тема 17. Перетворення аустеніту при безупинному охолодженні.	Індивідуальне завдання 3 Перетворення в сталях при охолодженні
	Тема 18. Технологія термічної обробки сталі і чавуну.	Індивідуальне завдання 4 Технологія термічної обробки

Індивідуальні завдання виконуються в рамках самостійної роботи здобувача з обов'язковими консультаціями викладача та оцінюються балами до загальної оцінки знань здобувачів.

12. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

(«Положення про організацію освітнього процесу в ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 05.11.2020 р. протокол №4; «Положення про навчальний дистанційний курс і організацію навчального процесу за заочною (заочно-дистанційною) формою в системі Moodle DDMA у ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 23.06.2017 р. протокол №6).

В процесі вивчення дисципліни використовуються наступні методи навчання:

МН 1 - пояснювально-ілюстративні, репродуктивні, проблемного викладу, частково-пошукові, дослідницькі методи, методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (пояснення, розповідь, лекція, бесіда, робота з підручником; ілюстрування, демонстрування, практичні і дослідні роботи);

МН 2 - методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, забезпечення успіху в навчанні, створення ситуації інтересу у процесі викладення, створення ситуації новизни, опора на життєвий досвід студента; стимулювання обов'язку і відповідальності в навчанні);

МН 3 - методи контролю і самоконтролю у навчанні (усний, письмовий, тестовий, графічний, програмований, самоконтроль і самооцінка);

МН 4 - практичні методи навчання (лабораторні роботи);

МН 5 - самостійна робота з вивченням оприлюднених у системі Moodle електронних матеріалів з можливістю проведення консультацій.

МН 6 - виконання індивідуальних домашніх завдань.

13. МЕТОДИ, КРИТЕРІЇ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

(«Положення про організацію освітнього процесу в ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 05.11.2020 р. протокол №4; «Положення про навчальний дистанційний курс і організацію навчального процесу за заочною (заочно-дистанційною) формою в системі Moodle DDMA у ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 23.06.2017 р. протокол №6).

В процесі вивчення дисципліни використовуються наступні методи оцінювання:

МО 1. Попереднє (вхідне) оцінювання знань (письмовий метод або тестування).

МО 2. Поточне оцінювання (письмовий метод або тестування на лекційних та практичних заняттях та/або у системі Moodle, виконання модульних контрольних робіт, виконання індивідуальних завдань, рефератів, презентацій).

МО 3. Тематичне або періодичне оцінювання (письмовий метод на лекційних та лабораторних заняттях, усне опитування або тестування на лабораторних заняттях та/або у системі Moodle).

МО 5. Підсумкове (семестрове) оцінювання, зокрема: залік (письмовий метод або тестування, зокрема у системі Moodle). Передбачається використання модульно-рейтингової системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань здобувачів в кредитно-модульній системі є складання здобувачами всіх запланованих модулів. Формою контролю є накопичувальна система. Складання модуля передбачає виконання здобувачем комплексу заходів, передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань здобувачів, затверджених деканом факультету.

**Графік освітнього процесу та оцінювання знань з дисципліни
«Металознавство і термічна обробка»
Денна (заочна) форма здобуття освіти**

Вид навчальних занять та контролю	Розподіл між навчальними тижнями																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекції	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Прак. роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сам. робота	8	8	8	8	8	8	8	10	8	8	8	8	10	8	8	8	10	8
Консультації				К				К					К				К	
Контр. роботи								ЗІЗ									ЗІЗ	
		Т		Т		Т			ПКР		Т		Т			Т		ПКР
Підсумковий семестровий контроль	Екзамен																	

ІЗ – індивідуальне завдання; ПКР – підсумкова контрольна робота; К – консультація; Т – тестування, ЗІЗ – захист індивідуального завдання

Система оцінювання знань здобувачів у 4а, 4б навчальних семестрах денна/заочна форма здобуття освіти

Система оцінки					
Склад модулів	Сума балів	ECST	Оцінка	Рівень компетентності	
Форми та методи контролю	Рейтингова оцінка, бали	90-100	А	відмінно	Високий Повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни. Власні пропозиції студента в оцінках і вирішенні

					практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивченні питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.
Тестування за темами курсу	20	81-89	В	добре	Достатній Забезпечує здобувачу освіти самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при вивченні дисципліни
Виконання та захист індивідуального завдання	30	75-80	С		Достатній Конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають утруднення.
Виконання та захист	20	65-74	D	задовільно	Середній Забезпечує достатньо

практичних робіт					надійний рівень відтворення основних положень дисципліни
		55-64	E		Середній Є мінімально допустимим у всіх складових навчальної програми з дисципліни
Підсумкова контрольна робота	30	30-54	FX	незадовільно	Низький Не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни
Екзамен	100	0-29	F		Незадовільний Здобувач освіти не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни
Силабус за змістом повністю відповідає робочій програмі навчальної дисципліни					

З метою формування та реалізації індивідуальної траєкторії навчання здобувача визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті, здійснюється шляхом оцінювання в межах певного контрольного заходу у відповідності до Положення про порядок визнання в Донбаській державній машинобудівній академії результатів навчання, отриманих у неформальній освіті

14. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Ноутбук Dell G3, мультимедійний проектор unic UC28, OpenOffice.org 4.1.7, GoogleDocs, Internet-браузер Google Chrome 85.04183.121, маркерна дошка і екран; Система дистанційного навчання і контролю Moodle – <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php>

15. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

1. Белкін М. Я., Заблоцький В. К., Шашко О. Я. Розробка технології термічної обробки сталевих виробів : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2002. 104 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Металознавство, теорія і технологія металообробки” (для студентів напрямку підготовки “Металургія”) / уклад. М.Я. Белкін. Краматорськ : ДДМА, 2002. 92 с.

3. Методичні вказівки і індивідуальні завдання до самостійної роботи з курсу “Металознавство, теорія і технологія металообробки” (для студентів напрямку підготовки “ЛВ”) / уклад. М.Я. Белкін. Краматорськ : ДДМА, 2002. 104 с.

4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Металознавство і рентгенографія” для студентів спеціальностей ОМТ, ЛВ / уклад. М.Я. Белкін. Краматорськ : ДДМА, 2002. 48 с.

16. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Прокопович І.В. Металознавство : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2020. 308 с.

2. Кузін О. А., Яцюк Р. А. Металознавство та термічна обробка металів : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Національний ун-т Львівська політехніка : Львів : Афіша, 2002. 304 с.

3. Металознавство і термічна обробка металів і сплавів із застосуванням комп'ютерних технологій навчання: підручник / Ю. М. Таран та ін. Дніпропетровськ : Дніпрокнига, 2002. 360 с.

4. Металознавство: підруч. / О. М. Бялік та ін. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ : ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2002. 384 с.

5. Киричок П. О., Роїк Т. А., Морозов А. С. Основи металознавства і порошкової металургії: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 128 с.

6. Гарнець В.М. Металознавство і зварювання : навч. посіб.— Київ : КНУБА, 2012. 132 с.

7. Колачев Б. А., Елагін, В. І., Ліванов В. А. Металознавство і термічна обробка кольорових металів і сплавів : підручник для вузів. М. : "МИСИС", 1999. 416 с.

8. Котик В.Т. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань : навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом підготовки «Зварювання». Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 184 с.

9. Холявко В. В., Владимирський І. А. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 272 с.

Додаткова

10. Прикладне матеріалознавство: підруч. для вищ. навч. закладів III-IV ступенів акредитації / О. В. Сушко та ін. Мелітополь : ТПЦ «Forward press», 2019. 352 с.

11. Матеріалознавство : підручник / Т.М. Мещерякова та ін. Дрогобич : Коло, 2015. 400 с.

12. Сушко О. В., Кюрчев С. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. 232 с.

13. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підруч. Київ : Вища освіта, 2012. 548 с.

Дистанційні курси та інформаційні ресурси

14. Виробництво чавуну і сталі

<https://www.youtube.com/watch?v=uzwnfQ6krV8>

15. Виробництво міді:

<https://www.youtube.com/watch?v=M2hju6FS67g>

16. Виробництво алюмінію:

<https://www.youtube.com/watch?v=JBso28su0G4>

17. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL:

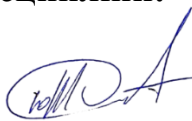
<http://www.nbuv.gov.ua/>

Робочу програму навчальної дисципліни:

Складено

к.т.н., доцент кафедри ТОЛВ

посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ



Юрій ДЬЯЧЕНКО

Розглянуто і ухвалено на засіданні кафедри ТОЛВ (протокол № 1 від 28.08.2025 р.)