



# МЕТАЛОЗНАВСТВО

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

|   |  |
|---|--|
| Галузь знань                                      | <i>Механічна інженерія<sup>1</sup></i>   |
| Спеціальність                                     | <i>Металургія</i>  |
| Освітня програма                                  | <i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>  |
| Статус дисципліни                                 | <i>Нормативна. Цикл професійної підготовки</i>   |
| Форма навчання                                    | <i>очна(денна)</i>   |
| Рік підготовки, семестр                           | <i>II курс, весняний семестр</i>   |
| Обсяг дисципліни                                  | <i>150 годин, 5,0 кредитів</i>   |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | <i>Екзамен</i>   |
| Розклад занять                                    | <i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>   |
| Мова викладання                                   | <i>Українська</i>  |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: к.т.н., доцент, Дудка Олександр Іванович,<br>Лабораторні: к.т.н., доцент, Дудка Олександр<br>Іванович  |
| Розміщення курсу                                  | <i><a href="https://drive.google.com/drive/folders/171X_1NqVUehPq7UVxKXSfueyTQaXqveF?usp=drive_link">https://drive.google.com/drive/folders/171X_1NqVUehPq7UVxKXSfueyTQaXqveF?usp=drive_link</a></i> |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни “Металознавство” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 136 «Металургія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 136 «Металургія».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки. Значення цього курсу обумовлене необхідністю якісної теоретичної та технологічної підготовки спеціалістів в області створення та вибору матеріалу у відповідності до експлуатаційних вимог, визначенню термічної обробки сталей та сплавів, впливу легуючих елементів на структуру та властивості.

**Предмет** навчальної дисципліни: уявлення про природу металів і сплавів, їх структуру та властивості; міжатомні зв'язки; атомно-кристалічну будову металів та дефекти такої будови; закономірності кристалізації металів та вплив різноманітних факторів на структуру та властивості литого металу; фази в металевих сплавах; аналіз формування структур сплавів за допомогою діаграм стану подвійних і потрійних систем; залізовуглецеві сплави, вплив хімічного, фазового складу структури та технологічних

<sup>1</sup> В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.

Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

умов створення таких сплавів на їх властивості та області використання; вплив термічної обробки на структуру та властивості сталей; основні кольорові метали та сплави та їх структура.

Значення цього курсу обумовлене необхідністю якісної теоретичної та технологічної підготовки спеціалістів в області створення та вибору матеріалу у відповідності до експлуатаційних вимог, зокрема впливу легуючих елементів на їх структуру та властивості.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів таких загальних та фахових (спеціальних) компетентностей освітньої програми як:

ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ФК3. Критично осмислювати наукові факти, концепції, теорії, принципи і методи, необхідні для професійної діяльності у металургії;

ФК 10. Здатність визначити характеристики специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації;

ФК 14. Здатність забезпечувати якість продукції;

ФК 19. Здатність використовувати професійні знання властивостей металів та сплавів для конструювання продукції в ливарному виробництві з заданими;

ФК 20. Здатність обирати та застосовувати стандартні методи випробовувань та розрахунків для визначення властивостей матеріалів та готової продукції і здійснювати їх контроль;

ФК 25. Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів, їх легування, модифікування та позапічного оброблення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

ПРН 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;

ПРН 06. Вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки;

ПРН 11 вміння поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань відповідної спеціалізації металургії;

ПРН 27 Розуміння особливостей впливу хімічного складу металів і сплавів та технологічних процесів їх плавлення на експлуатаційні властивості ливарної продукції;

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Деталі сучасних машин та механізмів (автомобілебудування, ракетобудування, авіаційна техніка, атомна енергетика, магістральні трубопроводи тощо) 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 вливу 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 теорією металургійних процесів призначена сформувати теоретичний базис металургійної підготовки.

Передбачається, що в результаті вивчення металознавства та термічної обробки студент набуває інженерні 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» 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 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 методик макро – та мікроаналізу, вивчають структури конструкційних матеріалів та технологію термічної обробки.

Для підвищення творчої активності та самостійності у роботі студентів при вивченні курсу передбачено виконаннямодульної контрольної роботи.

Дисципліна „Металознавство“ належить до циклу професійно-практичної підготовки. Набуті знання і уміння використовуються в подальшому при вивченні дисциплін цього ж циклу та вибіркового професійно-орієнтованих дисциплін.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### ВСТУП.

Роль вітчизняних і зарубіжних учених у розвитку металознавства та термічної обробки. Історичний огляд розвитку та сучасний стан металознавства. Взаємозв'язок між структурою і властивостями.

#### 1. Атомно кристалічна будова металів і сплавів.

Електронна будова і властивості металів. Природа сил міжатомного зв'язку. Типові кристалічні ґратки, їх характеристика і параметри, кристалографічні індекси площин і напрямків. Поліморфізм і анізотропія

Дефекти кристалічної будови. Класифікація дефектів кристалічної будови. Характеристика точкових і лінійних дефектів.

#### 2. Пластична деформація та рекристалізація металів.

Виникнення дефектів. Вплив дефектів кристалічної будови на механічні властивості. Механізмів пластичної деформації. Рекристалізація металів.

#### 3. Кристалізація металів.

Характеристика рідкого стану. Модельні уявлення про будову рідини. Термічний аналіз. Термодинамічні та кінетичні умови кристалізації. Гомогенне та гетерогенне зародкоутворення. Вплив переохолодження на параметри кристалізації. Ріст кристалів, форма і розміри кристалів. Ліквіація, усадкова раковина, пористість. Гази та газові пухирці. Неметалеві включення. Вторинні переплавні процеси і направлена кристалізація.

#### 4. Дифузія в металевих сплавах.

Атомний механізм дифузії. Закони дифузії. Параметри дифузійних процесів.

#### 5. Фази і фазові перетворення у металевих сплавах.

5.1. Теорія фаз у сплавах. Умови утворення твердих розчинів заміщення та проникнення. Хімічні сполуки у металевих сплавах. Фази Лавеса та інтерметалідні сполуки. Упорядкування твердих розчинів.

5.2. Діаграми стану подвійних і потрійних систем. Правило фаз. Необмежена розчинність у рідкому та твердому станах. Евтектичне перетворення. Перитектичне та евтектоїдне перетворення. Монотектичне перетворення. Природа мікроліквіації. Закони Курнакова: взаємозв'язок між структурою та властивостями. Особливості діаграм фазових рівноважень із поліморфними перетвореннями.

5.3. Діаграми стану потрійних систем. Властивості концентраційного трикутника. Рівновага в потрійній системі із нерозчинністю компонентів у твердому стані. Горизонтальні та вертикальні перерізи.

#### 6. Залізо та його сплави.

6.1. Діаграма стану залізо – цемент. Формування структури вуглецевих сталей при повільному охолодженні. Вплив вуглецю та постійних домішок на властивості вуглецевої сталі.

6.2. Білі та сірі чавуни. Умови формування структури білих чавунів. Термодинаміка і кінетика графітизації. Схеми структуроутворення вуглецевих сплавів.

6.3. Ковкі та високоміцні чавуни. Графітизуюче відпалювання. Вплив хімічного складу та режимів термічної обробки на формування металевої основи чавунів, їхні властивості, маркування, модифікування для отримання високоміцного чавуну. Чавун із вермикулярним графітом.

#### 7. Фазові перетворення в сплавах на основі заліза.

Основи теорії термічної обробки. Фазові перетворення при нагріві, фактори, що визначають розмір аустенітного зерна, діаграма утворення аустеніту, структурна

спадковість сталі, перлітне, бейнітне та мартенситне перетворення, властивості продуктів дифузійного та бездифузійного розпаду переохолодженого аустеніту. Класифікація видів термічної обробки, характеристика видів термічної обробки, гомогенізуюче відпалювання, зміна структури та властивостей, до рекристалізаційне та рекристалізаційне відпалювання, відпалювання для зменшення залишкових напружень. Практика гартування та відпуску. Перетворення при відпуску, види відпуску. Прогартованість сталі. Темокінетична діаграма розпаду аустеніту. Метод торцевого гартування.

## **8. Хіміко – термічна обробка.**

Механізм формування дифузійних шарів, основні стадії ХТО, цементация, азотування, нітроцементация, дифузійна металізація.

## **9. Основи легування сталі та чавуну.**

9.1. Основні принципи легування. Взаємодія легуючих елементів із вуглецем. Вплив на поліморфізм заліза, на властивості сталей та чавунів. Класифікація та маркування сталей та чавунів.

9.2. Конструкційні леговані сталі та чавуни, леговані конструкційні сталі для лиття, інструментальні леговані сталі, сталі та сплави з особливими властивостями, корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні сталі та чавуни, магнітні сплави, сплави з високим електричним опором, сплави із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення.

## **10. Кольорові метали та сплави на їх основі.**

Сплави на основі міді – латуні та бронзи, сплави на основі алюмінію, магнієві сплави, сплави на основі титану, аморфні сплави, антифрикційні матеріали (підшипникові сплави).

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

### **Базові:**

1. Металознавство: підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ : ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. – 84 с.
2. Кузін О. А. Металознавство та термічна обробка металів : підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – Київ : Основа, 2005. – 324 с.
3. Афтанділянц Є. Г. Матеріалознавство / Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. – Херсон : Олді-плюс, 2012. – 612 с.
4. Більченко О. В. Матеріалознавство: навч. посібник / О. В. Більченко, О. І. Дудка, П. І. Лобода. – Київ : Кондор, 2009. – 154 с.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по металознавству / О. І. Дудка [та ін.]. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 72 с.

### **Додаткові:**

6. Дивосвіт металів / Кондратюк С. Є., Геллер О. В.; НАН України, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів. – К. : Академперіодика, 2015. – 204 с.: іл.
7. Леговані сталі / О. В. Більченко, О. І. Дудка, В. Г. Хижняк [та ін.]. – Київ : Кондор, 2009. – 98 с.
8. Сплави на основі заліза: підручник: у 2 т./В. І. Мазур, В. З. Куцова, О. А. Носко, М. А. Ковзель; за ред. В. І. Мазура. – Київ : Вид-во «Політехніка», 2015. – 272 с.
9. Діаграми стану потрійних систем: навч. посібник / В. С. Черненко, О. І. Дудка, В. М. Писаренко, Л. В. Голуб ; під ред. В. С. Черненка. – Київ : ІЗМН, 2000. – 90 с.

#### Інформаційні ресурси:

10. <https://pmt0.kpi.ua/> (сайт кафедри ФМТО)
11. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

Доступ до відео для виконання лабораторних робіт:  
<https://www.youtube.com/channel/UCIcsevITnjMp4xMvyJhr6FjA>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### 5.1. Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)  |
|-------|--|
| 1     | <p><b>ВСТУП</b></p> <p><b>ЛЕКЦІЯ 1.</b> Предмет і задачі дисципліни. Історія розвитку металознавства та термічної обробки, роль науки та вчених металознавців у розвитку сучасного матеріалознавства, у створенні нових конструкційних матеріалів. Взаємозв'язок між структурою.</p>   |
| 2     | <p><b>РОЗДІЛ 1.</b> Атомно-кристалічна будова металів і сплавів.</p> <p><b>Лекція 2.</b> Параметри кристалічної будови. Поняття про періоди , кути, комірку, координаційне число, коефіцієнт компактності, атомний радіус. Типи кристалічних ґраток , їх характеристика . Поліморфізм, анізотропія.</p> <p>Завдання на СРС:</p> <p><b>Ознайомитися:</b></p> <p>З кристалічними ґратками заліза,їх характеристиками.</p> <p>Література: основна–1 ..- 13-34; 2 ..- 8-28;</p> <p>-</p> |
| 3     | <p><b>Лекція 3.</b> . Дефекти кристалічної будови. Класифікація дефектів. Характеристика точкових і лінійних дефектів. Механізм виникнення дефектів, їх вплив на властивості.</p> <p>Завдання на СРС.</p> <p><b>Розглянути:</b></p> <p>Механізм виникнення дефектів, їх вплив на властивості металів. Типи зв'язків.</p> <p>ЛІТЕРАТУРА ОСНОВНА 1 - 60-85 ; 2 - 41 -77;</p> <p>⋮</p>  |

|   |   |
|---|---|
|   | -   |
| 4 | <p><u>Лекція 4.</u> РОЗДІЛ 2. Пластична деформація і рекристалізація. Деформація, види деформації, механізм пластичної деформації, вплив деформації, на структуру та властивості. Рекристалізація. Завдання на СРС.</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Технологію гарячої та холодної деформації, діаграми рекристалізації, механізм руйнування металів.</p> <p>Література: основна - [1] – 149...180, 230...262 с., [2] – 32...78 с., [3] – 67...99, 112...116 с.</p> |
| 5 | <p><u>Лекція 5.</u> РОЗДІЛ 3. Кристалізація металів.<br/>Характеристика рідкого стану. Модельні уявлення про будову рідини. Термодинамічні умови кристалізації. Завдання на СРС.</p> <p><b>Ознайомитися:</b><br/>Характеристика аморфного стану.<br/>Література: основна - 1 - 35 – 60 ; 2 - 28-41 ;</p>  |
| 6 | <p><u>Лекція 6.</u> Кінетика кристалізації. Термічний аналіз. Гомогенне та гетерогенне зародкоутворення. Вплив переохолодження на параметри кристалізації. Завдання на СРС:</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Теорія Таммана, будова металевого зливку. Усадка. Гази в металі<br/>Література: основна - [1] – 416...420 с., [2] – 98...114 с, [5] – 280... 372 с.</p>   |
| 7 | <p><u>Лекція 7.</u> Ріст кристалів. Форма і розміри кристалів. Ліквіація, усадкова раковина, пористість. Гази та газові бульбашки. Неметалеві включення. Завдання на СРС.</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Дефекти литого металу</p>   |
| 8 | <p><u>Лекція 8.</u> РОЗДІЛ 4. Дифузія в металевих сплавах.</p> <p>Роль дифузійних процесів у фазових перетвореннях. Механізм дифузії. Параметри дифузії. Закони Фіка. Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Ефект Кіркендалла. Градієнт хімічного потенціалу, особливості дифузії в твердих розчинах.</p> <p>Література: основна - [2] – 125...135 с., [3] – 178...196 с.</p>   |
| 9 | <p><u>Лекція 9.</u> РОЗДІЛ 5. Фази в металевих сплавах. Діаграми стану подвійних та потрійних систем</p> <p>Теорія фаз у сплавах. Умови утворення твердих розчинів заміщення та проникнення. Хімічні сполуки в металевих сплавах. Фази Лавіса і інтерметалідні сполуки. Упорядковані тверді розчини. Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b></p>  |

|    |  |
|----|--|
|    | <p>Упорядковані тверді розчини.</p> <p>Література: основна 1 - 85 – 195 ; 2 - 77 – 116 ;-</p>  |
| 10 | <p><u>Лекція 10.</u> . Діаграми стану подвійних систем. Правило фаз. Необмежена розчинність у рідкому та твердому станах. Евтектичне перетворення.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Особливості нерівноважних фазових перетворень</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p>   |
| 11 | <p><u>Лекція 11.</u> . Діаграми стану подвійних систем. Перитектичне та евтектоїд не перетворення. Монотектичне перетворення.. Природа мікроліквації. Закони Курнакова.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Особливості діаграм фазових рівноважень із хімічними сполуками та поліморфним перетворенням.</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p>   |
| 12 | <p><u>Лекція 12.</u> Діаграми стану потрійних систем. Властивості концентраційного трикутника. Рівновага в потрійній системі із нерозчинністю компонентів у твердому стані. Горизонтальні та вертикальні перерізи.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Рівновага в потрійній системі із необмеженою розчинністю компонентів. Подвійні та потрійні хімічні сполуки.</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p> |
| 13 | <p><u>Лекція 13.</u> РОЗДІЛ 6. Залізо та його сплави.</p> <p>Діаграма стану залізо - цементит, фазовий та структурний стан, перитектичне, евтектичне та евтектоїдне перетворення. Формування структур при повільному охолодженні.</p> <p>Завдання на СРС.</p> <p><b>Побудувати криві охолодження сплавів:</b><br/>0,003% C; 0,01% C; 0,05% C; 0,12% C; 0,18 % C; 0,4 % c; 0,6% C; 0,8 % c; 1,2 % C; 2,5% C; 4,3% C; 5,0 % C.</p> <p>Література: основна - 1 - 198 – 224 ; 2 - 116 – 152</p>        |
| 14 | <p><u>Лекція 14.</u> Вплив вуглецю та постійних домішок на властивості залізо-вуглецевих сплавів. Класифікація сталей по структурі, якості, способу виробництва.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Маркування сталей</p> <p>Література: основна - 1 – 198-224; 2 – 116 -152.</p>  |
| 15 | <p><u>Лекція 15.</u> Конструкційні та інструментальні вуглецеві сталі. Властивості застосування та маркування .</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Дослідити:</b><br/>Вплив вуглецю та постійних домішків на властивості інструментальних сталей.</p>  |



|    |  |
|----|--|
|    | Література: основна - 1 – 198-224; 2 – 116 -152.   |
| 16 | <p><u>Лекція 16</u> Білі та сірі чавуни. Умови формування структури білих чавунів. Термодинаміка та кінетика процесу графітизації. Схеми структуроутворення вуглецевих сплавів .сірі чавуни.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Вплив постійних домішок на властивості чавунів.</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p>   |
| 17 | <p><u>Лекція 17</u> Ковкі та високоміцні чавуни. Графітизуючий відпал. Вплив хімічного складу та режимів термічної обробки на формування металевої основи чавунів, їхні властивості. Маркування. Модифікування для отримання чавуну із кульовим графітом.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Діаграма стану залізо-кремній-вуглець. Структурні діаграми для чавунів. Теорія модифікування. Діаграма залізо - графіт</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.;</p>   |
| 18 | <p><u>Лекція 18</u> РОЗДІЛ 7. Фазові перетворення в сплавах на основі заліза. (Теорія термічної обробки сталі .)</p> <p>ТЕМА 7.1. Основи теорії термічної обробки сталі .</p> <p>Фазові перетворення при нагріві : схема утворення аустеніту, структурна спадковість сталі, природна дрібнозернистість. Загальна характеристика перетворення переохолодженого аустеніту. Фактори, що визначають розмір зерна аустеніту.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Побудувати:</b><br/>Діаграму ізотермічного перетворення аустеніту.</p> <p>Література: основна - : 1 2 - 152 – 191 ; 224-241</p> |
| 19 | <p><u>Лекція 19</u>. ТЕОРІЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ.</p> <p>Перлитне, бейнітне та мартенітне перетворення продуктів дифузійного та бездифузійного розпаду переохолодженого аустеніту.</p> <p>Перетворення мартеніту та залишкового аустеніту при нагріві.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Побудувати:</b><br/>Термокінетичні діаграми перетворення переохолодженого аустеніту.</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p>   |
| 21 | <p><u>Лекція 21</u> . Практика термічної обробки. Гартування сталі. Відпуск сталі. Термомеханічна обробка. Поверхнєве гартування.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b><br/>Дефекти, що виникають при термічній обробці сталей та чавунів. Метод торцевого гартування.</p> <p>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.</p> <p>-</p>   |
| 22 | <p><u>Лекція 22</u> . РОЗДІЛ 8. ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛІ (ХТО)</p> <p>Література основна : 2 - 227 – 248 ;</p> <p>Загальна характеристика хіміко-термічної обробки сталей. Цементизація, азотування, нітроцементизація.</p> <p>Завдання на СРС :</p> <p><b>Розглянути:</b></p>  |

|    |   |
|----|---|
|    | <p>Дифузійна металізація.<br/>Література: основна - [2] –227 – 248</p>  |
| 23 | <p><u>Лекція 23</u> . РОЗДІЛ 9. Леговані сталі та сплави.<br/>РОЗДІЛ 9.1. Основи легування сталей.<br/>Вплив легувальних елементів на поліморфізм заліза. структуру та властивості сталі. Класифікація легованих сталей. Маркування легованих сталей.<br/>Завдання на СРС :<br/><b>Розглянути:</b><br/>Класифікація та маркування легованих чавунів. Мікролегування чавунів.<br/>Література: основна - [2] –2 - 2487 – 312</p>  |
| 24 | <p><u>Лекція 24</u> . ТЕМА 9.2 . Конструкційні леговані сталі.<br/>Конструкційні будівельні , автоматні, цементуємі, поліпшувані, ресорно-пружинні, кулькопідшипникові, сталі для лиття.<br/>Завдання на СРС :<br/><b>Розглянути:</b><br/>Вплив легуючих елементів на властивості литої сталі. Основи раціонального вибору сталі та чавуну і методів зміцнення деталей машин.<br/>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.<br/>-</p>  |
| 25 | <p><u>Лекція 25</u> . ТЕМА 9.3. Інструментальні леговані сталі.<br/>Сталі для різального інструменту , штампові сталі для деформування у гарячому стані.<br/>Завдання на СРС :<br/><b>Розглянути:</b><br/>Режими термічної обробки інструменту із вуглецевої та легованої інструментальної сталі.<br/>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.<br/>-</p>  |
| 26 | <p><u>Лекція 26</u> ТЕМА 9.4. Сталі та сплави з особливими властивостями.<br/>Корозійно - стійкі, зносостійкі та жароміцні сталі та сплави. Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями.<br/>Завдання на СРС:<br/><b>Розглянути:</b><br/>Класифікація жароміцних сплавів та їх термічна обробка, сплави з високим електричним опором для нагрівачів, сплави із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення.<br/>Література: основна - [2] – 147...181 с., [3] – 226...306 с.; додаткова: [1] – 4...71 с.<br/>-</p> |
| 27 | <p><u>Лекція 27</u> РОЗДІЛ 10. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ НА ЇХ ОСНОВІ<br/>Мідь та сплави на її основі (латуні, бронзи). Алюміній і сплави на його основі. Титан і сплави на його основі.<br/>Завдання на СРС:<br/><b>Розглянути:</b><br/>Термічна обробка сплавів на основі міді, алюмінію. Підшипникові сплави.<br/>Література: основна : 1 – 241 – 374 ; 2 - 313 – 359 ;</p>   |

## 5.2. Лабораторні заняття

Лабораторні роботи по , Металознавству мають на меті закріпити теоретичні знання, отримані на лекціях, ознайомитися з методами макро та мікроаналізу, основними структурами сталей у відпаленому стані, чавунів , навчити студентів схематично зображуватися мікроструктури, навчитись працювати на металографічному

обладнанні, термічних печах, навчитись проводити термічну обробку сталей, чавунів, вивчити мікроструктури сплавів на основі кольорових металів, уміти визначити фазовий склад, параметри технологічних процесів.

При проведенні лабораторних робіт студентам видаються методичні розробки, в яких наведені практичні рекомендації по виконанню лабораторних робіт і оформленню протоколів. До екзамену допускаються тільки ті студенти, які виконали в повному обсязі всі лабораторні роботи та успішно написали МКР.

| № п/п | Назва лабораторної роботи  | Кількість ауд. годин |
|-------|--|----------------------|
| 1.    | Мікроструктурний аналіз (будова мікроскопу, виготовлення мікро шліфів)       | 2                    |
| 2.    | Макроскопічний аналіз  | 2                    |
| 3.    | Термічний аналіз   | 4                    |
| 4.    | Пластична деформація та рекристалізація                                      | 2                    |
| 5.    | Діаграми подвійних систем  | 4                    |
| 6.    | Діаграма стану залізо-вуглець. Колоквіум по діаграмі стану залізо – цементит | 2                    |
| 7.    | Структури відпалених сталей та білих чавунів                                 | 2                    |
| 8.    | Структури сірих чавунів  | 2                    |
| 9.    | Гартування сталі. Структури сталей після гартування                          | 2                    |
| 10.   | Відпуск сталі. Структури сталей після відпуску                               | 2                    |
| 11.   | Структура литої та перегрітої сталі  | 2                    |
| 12.   | Структура зварного з'єднання   | 2                    |
| 13.   | Визначення прогартованості та загартованості сталі                           | 2                    |
| 14.   | Структура сплавів на основі міді та антифрикційні сплави                     | 2                    |
| 15.   | Структура сплавів на основі алюмінію   | 2                    |
| 16.   | Структура сплавів на основі титану   | 2                    |

## 6. Самостійна робота студента

Об'єм самостійної роботи включає проробку конспектів лекцій, основної і додаткової літератури, читання статей періодичних видань, участь у наукових семінарах, виступи з доповідями; участь у науковій роботі кафедри, підготовку до екзамену, підготовка до лабораторних робіт

На самостійну роботу відводиться 60 годин.

## Політика та контроль

### 7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту

Викладання навчальної дисципліни базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які створені для того щоб спонукати студентів бути зацікавленими в отриманні знань з дисциплін, що визначають їх професійні компетенції та придатність. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є правило відвідування усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння їх знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та відношенням до собі рівних та послідовників (або противників). Не завжди кількість відвідувань занять пропорційні якості засвоєння матеріалів дисципліни, більш визначальним є активність, цікавість, творчість під час виконання завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється у пошуку та знаходженні

оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому у заслугу студенту ставиться активна праця над заданими даними та при пошуку нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння матеріалу лекцій, на практичних заняттях та при виконанні лабораторних робіт на відповідному обладнанні більш цінні та корисні, ніж вивчені заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто оцінюються викладачем з більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не заборона використання відповідних гаджетів може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості бази даних Інтернету, засобів обчислювальної техніки та наочних матеріалів.

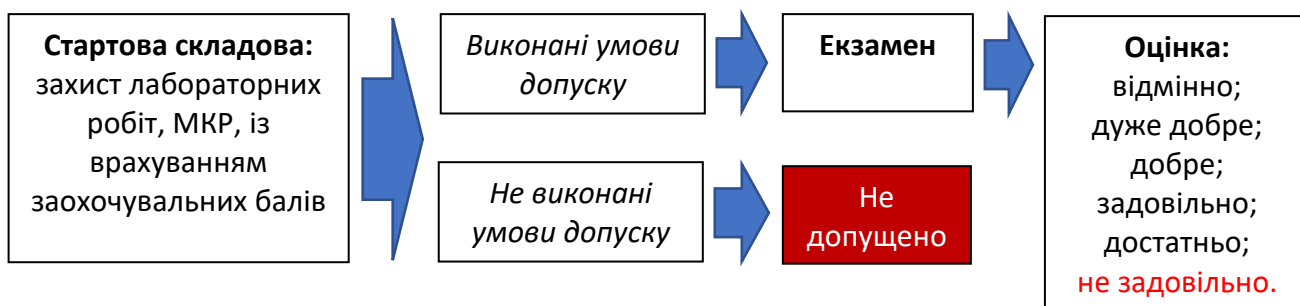
Деякі види навчання, такі як лабораторні роботи, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують прискіпливого приготування до них за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в лабораторіях, вимагається готовність відповідного рівня до роботи, наявність у студента вихідних даних, бланків відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови захисту лабораторних робіт та відповідна його оцінка повинні враховувати особливості виду занять та відображена в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на плагіат, дотримання академічної доброчесності, а також досягнення позитивного результату при різних видах контролю повинні відповідати нормативним документам Університету та не суперечити законодавству України.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання**

### ***Рейтингова система оцінювання (PCO) результатів навчання студентів***

*Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:*



Види контрольних заходів:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Якість навчальної роботи студента визначається за рейтинговою системою оцінювання, яка дозволяє здійснити поопераційний контроль і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально - пізнавальну діяльність студентів в процесі засвоєння

навчальної програми ( положення про рейтингову систему оцінювання з кредитного модуля „ Металознавство”.

**Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни  
„ Металознавство ”.**

| Семес<br>тр | Навчальний час |            | Розподіл навчальних<br>годин |                  |     | Контр.заходи |    |             | Семес<br>тр.<br>контр. |
|-------------|----------------|------------|------------------------------|------------------|-----|--------------|----|-------------|------------------------|
|             | кредити        | акад.годин | Лекц.                        | Лабор.<br>роботи | СРС | МКР          | ЕК | Рефера<br>т |                        |
| 4           | 5.0            | 150        | 54                           | 36               | 60  | 1            |    |             |                        |

Для отримання атестації з першого та другого календарного контролів має наступний мінімальний набір виконання:

На перший календарний контроль за виконання всіх вимог (МКР + 3 лабораторні роботи), що складає не менше 10 балів;

На другий календарний контроль за виконання всіх МКР та 6 лабораторних робіт, що складає не менше 20 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання та захист 16 лабораторних робіт;
2. Модульна контрольна робота (МКР) поділяються на дві частини тривалістю по 1 годині;
3. Відповідь на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:

**1.Лабораторні роботи.**

Ваговий бал - 2. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює :  $16 \cdot 2 = 32$  бали

**Критерії оцінювання :**

- Повні знання теорії та виконання всіх завдань +2 бали
- Неповні знання теорії, участь в роботі + 2 ... 1 бали
- Незнання теорії, участь в роботі - 0 балів

**2.Модульний контроль.**

- Ваговий бал + 10 ( за кожен частину МКР)
- Максимальна кількість балів за всі контрольні заходи в рамках МКР дорівнює  $10 \cdot 2 = 20$  балів.

**Критерії оцінювання:**

- Повна відповідь + 10 балів
- Неповна відповідь + 9...6 бали
- Незадовільна відповідь - 0...5 балів

**3. Відповіді на екзамені**

Екзаменаційна складова ( $R_E$ ) рейтингової шкали дисципліни ( $R$ ) за семестр зараховується таким чином:

$R = R_C + R_E$  де  $R_C$  – сума вагових балів контрольних заходів на протязі семестру.

$R_E = 48$  балів

$R_C = 32 + 20 = 52$  балів

Таким чином рейтингова шкала з дисципліни складає

$$R = R_C + R_E = 52 + 48 = 100 \text{ балів}$$

Необхідною умовою допуску до іспиту є зарахування усіх лабораторних та контрольних робі, а також значення стартового рейтингу ( $R_C$  не менше 40% від  $R_C$ , тобто – 21 бал.

### Критерії екзаменаційного опитування

1. Студент демонструє повні і міцні знання навчального матеріалу, необхідний рівень умінь і навичок, приймає правильні рішення в нестандартних ситуаціях

Оцінка А : 100...95 бали ;

2. Студент демонструє хороші знання та достатній рівень умінь навичок щодо стандартних ситуацій.

Оцінка В: 94...85 бали;

3. Студент демонструє хороші знання, але допускає деякі неточності, і має деякі проблеми з трансформації знань в уміння

Оцінка С : 84...75 балів;

4. Студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві неточності і має проблеми з прийняттям рішення в стандартних ситуаціях.

Оцінка D : 74...65 бали;

5. Студент задовільно засвоїв основний теоретичний матеріал, але допускає помилки при трансформації знань в уміння.

Оцінка E : 64...60 бали;

6. Незадовільне знання теорії та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань.

Оцінка F<sub>x</sub> : 0...59 балів:

### **Штрафні та заохочувальні бали за :**

- Додаткову інформацію в усних чи письмових відповідях, що виходить за рамки програми курсу; участь в модернізації лабораторних робіт, удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни; стабільно високі результати і сумлінне ставлення до навчання додаються заохочувальні бали - (+1...10 балів).

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних), його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблиці:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| <i>Кількість балів</i>    | <i>Оцінка</i> |
|---------------------------|---------------|
| 100-95                    | Відмінно      |
| 94-85                     | Дуже добре    |
| 84-75                     | Добре         |
| 74-65                     | Задовільно    |
| 64-60                     | Достатньо     |
| Менше 60                  | Незадовільно  |
| Не виконані умови допуску | Не допущено   |

### **9. Додаткова інформація з освітнього компоненту**

У освітньому компоненті "Металознавство" виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру. Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної

роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Перевірка засвоєння цих питань відбувається на МКР та екзамені.

В МКР та екзамені передбачено виконання практичного завдання. Рекомендації для їх виконання наведені в Додатку Г.

Бали за рейтинговою системою проставляються у в системі "Електронний кампус" в розділі Поточний контроль, результати календарного контролю в розділі Календарний контроль. Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється також в системі "Електронний кампус", доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перескладання наступного дня не допускаються).

Для дистанційної форми навчання протягом лекційних занять передбачається більш детальний опис теоретичного матеріалу, який студенти повинні засвоїти самостійно, і використання методик змішаного навчання. Зокрема для виконання лабораторних робіт записаний і викладений в мережу ряд відеороликів. Вся можлива наочна інформація та комплект необхідних навчально-методичних матеріалів, включно із завданнями для самостійного виконання надається здобувачам в електронному вигляді, може надсилатися на адресу електронної пошти групи. Спілкування з викладачем через Telegram.

Весь контроль здійснюється через відповідні розділи в системі "Електронний кампус". Відомості для контролю відкриваються та закриваються в певний час, про який заздалегідь повідомляють. Для перескладання семестрового контролю студент має дві спроби, які також лімітовані по часу.

Результати навчання за даним освітнім компонентом, здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних онлайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі лабораторні чи практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті" (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склад: доцент, к. т. н., доцент Дудка Олександр Іванович

Ухвалено:

кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 32 від 21 червня 2024 р.)

Погоджено:

Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

## Додаток 1

### Методичні рекомендації для вивчення дисципліни.

Методичні рекомендації призначені для якісної організації СРС, підвищення свідомості студентів у навчанні і, в решті-решт, поліпшення результатів навчання.

Методичні вказівки спрямовані на засвоєння теоретичного матеріалу по металознавству та освоєння методик проведення мікроструктурного аналізу металів та сплавів на їх основі та набуття навичок проведення термічної обробки.

Самостійна робота студентів включає підготовку до лекцій, лабораторних робіт, модульних контрольних робіт і складання іспиту. Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку.

Підготовка до наступної лекції полягає в опрацюванні матеріалів попередньої лекції, самоперевірка якості якої провадиться по контрольним питанням та завданням, що викладені в цій методичці.

Підготовка до кожної лабораторної роботи полягає в засвоєнні мети роботи та об'єкта дослідження, теоретичних відомостей, устаткування, приладів та матеріалів, заходів техніки безпеки. Самоперевірка якості підготовки провадиться по контрольним запитанням та завданням, що викладені в цій методичці.

Підготовка до модульної контрольної роботи полягає в опрацюванні лекційного матеріалу, матеріалу лабораторних робіт відповідних розділів. Самоперевірка якості підготовки провадиться по контрольним запитанням та завданням, що викладені в цій методичці.

Підготовка до складання іспиту полягає в опрацюванні лекційного матеріалу, матеріалу лабораторних робіт, модульної контрольної роботи за всіма розділами дисципліни. Самоперевірка якості підготовки провадиться по контрольним запитанням та завданням, що викладені нижче.

## ПІДГОТОВКА ДО ЛЕКЦІЙ

**ЛЕКЦІЯ 1.** Предмет і задачі дисципліни. Історія розвитку металознавства та термічної обробки.

**РОЗДІЛ 1. Атомно-кристалічна будова металів і сплавів.**

Література, основна 1 ..- 13-34; 2 ..- 8-28;

**ЛЕКЦІЯ 2.** Параметри кристалічної будови. Поняття про періоди, кути, комірку, координаційне число, коефіцієнт компактності, атомний радіус. Типи кристалічних ґраток, їх характеристика.

**Завдання на СРС.** Поліморфізм, анізотропія.

**ЛЕКЦІЯ 3.** Дефекти кристалічної будови. Класифікація дефектів. Характеристика точкових і лінійних дефектів. Механізм виникнення дефектів, їх вплив на властивості.

**Завдання на СРС.** Перспективи виробництва та використання у техніці нових матеріалів. Характеристика основних кристалічних систем металів. Аморфні матеріали. Механізм виникнення дефектів, їх вплив на властивості металів. Типи зв'язків.

**ЛІТЕРАТУРА ОСНОВНА** 1 - 60-85; 2 - 41 -77;

**Контрольні запитання.** 1. У чому полягає сутність металевого, іонного і ковалентного типів зв'язку? Назвіть характерні властивості металів і чим вони визначаються? 3.Що таке елементарна кристалічна комірка? 4. Що таке поліморфізм? 5. Що таке параметр кристалічної ґратки, щільність упакування і координаційне число? 6. Що таке мозаїчна структура? 7. Різновиди точкових дефектів. Види дислокацій і їхня будова. 8. Яка будова крайових і гвинтових дислокацій? Що таке вектор Бюргерса? 9. Що таке анізотропія властивостей кристалів?

**РОЗДІЛ 2. Пластична деформація і рекристалізація.**



**ЛЕКЦІЯ 4.** Деформація, види деформації, механізм пластичної деформації, вплив деформації, на структуру та властивості. Рекристалізація.

**Завдання на СРС.** Технологія гарячої та холодної деформації, діаграми рекристалізації, механізм руйнування металів.

**Контрольні запитання.** 1. У чому полягає відмінність між пружною і пластичною деформаціями? 2. Як змінюється будова металу в процесі пластичного деформування? 3. Як змінюється густина дислокацій при пластичній деформації? 4. Як впливають дислокації на міцність металу? 5. Чому спостерігається значне розходження теоретичної і практичної міцності металів? 6. Як впливає зміна будови на властивості деформованого металу? 7. У чому сутність явища наклепу і яке він має практичне використання? 8. Які характеристики механічних властивостей визначаються при дослідженні на розтягування? 9. Що таке твердість? Які методи визначення твердості ви знаєте? 10. Як впливають температура і швидкість навантаження на характер руйнування? Що таке ударна в'язкість? 12. Що таке поріг холодноламкості? 13. Що таке конструкційна міцність? 14. Від чого залежить і як визначається конструкційна міцність металу? 15. Як змінюються властивості деформованого металу при нагріванні? 16. У чому сутність процесу повернення? 17. Що таке полігонізація? 18. У чому сутність процесів первинної і вторинної рекристалізації? 19. Як впливають склад сплаву і ступінь пластичної деформації на температуру рекристалізації? 20. Що таке критичний ступінь деформації? 21. У чому різниця між холодною і гарячою пластичними деформаціями? 22. Як змінюються будова та властивості металу при гарячій пластичній деформації? 23. Яке призначення рекристалізаційного відпалу і як він здійснюється?

### **РОЗДІЛ 3. Кристалізація металів.**

Література основна : 1 - 35 – 60 ; 2 - 28-41 ;

**ЛЕКЦІЯ 5.** Характеристика рідкого стану. Модельні уявлення про будову рідини. Термодинамічні умови кристалізації.

**Завдання на СРС.** Характеристика аморфного стану.

**ЛЕКЦІЯ 6.** Кінетика кристалізації. Термічний аналіз. Гомогенне та гетерогенне зародкоутворення. Вплив переохолодження на параметри кристалізації.

**Завдання на СРС.** Теорія Таммана, будова металевого зливку. Усадка. Газу в металах.

**ЛЕКЦІЯ 7.** Ріст кристалів. Форма і розміри кристалів. Ліквіація, усадкова раковина, пористість. Газу та газові пухирі. Неметалеві включення.

**Завдання на СРС.** Визначення дефектів литого металу

**Контрольні запитання.** 1. Які термодинамічні умови фазового перетворення? 2. У чому полягає фізична сутність процесу кристалізації? 3. У чому полягає фізична сутність процесу плавлення? 4. Які параметри процесу кристалізації? 5. Що таке переохолодження? 6. Який зв'язок між величиною зерна, швидкістю зародження зерен, швидкістю росту кристалів та ступенем переохолодження? 7. Форми кристалів і вплив реального середовища на процес кристалізації. Утворення дендритної структури. 8. Що таке ліквіація та її різновиди? 9. У чому полягає сутність модифікування?

### **РОЗДІЛ 4. Дифузія в металевих сплавах.**

**ЛЕКЦІЯ 8.** Роль дифузійних процесів у фазових перетвореннях. Механізм дифузії. Параметри дифузії. Закони Фіка.

**Завдання на СРС :** Ефект Кіркендалла. Градієнт хімічного потенціалу, особливості дифузії в твердих розчинах.

### **РОЗДІЛ 5. Фази і фазові перетворення у металевих сплавах.**

Література основна : 1 - 85 – 195 ; 2 - 77 – 116 ;

**ЛЕКЦІЯ 9.** Теорія фаз у сплавах. Умови утворення твердих розчинів заміщення та проникнення. Хімічні сполуки в металевих сплавах. Фази Лавіса і інтерметалідні сполуки. Упорядковані тверді розчини.

**Завдання на СРС :** Хімічні сполуки та інтерметаліди в металевих системах. Упорядковані тверді розчини.

**ЛЕКЦІЯ 10.** Діаграми стану подвійних систем. Правило фаз. Необмежена розчинність у рідкому та твердому станах. Евтектичне перетворення.

**Завдання на СРС :** Особливості нерівноважних фазових перетворень.

**ЛЕКЦІЯ 11.** Діаграми стану подвійних систем. Перитектичне та евтектоїд не перетворення. Монотектичне перетворення.. Природа мікроліквації. Закони Курнакова.

**Завдання на СРС :** Особливості діаграм фазових рівноважень із хімічними сполуками та поліморфним перетворенням.

**ЛЕКЦІЯ 12.** Діаграми стану потрійних систем. Властивості концентраційного трикутника. Рівновага в потрійній системі із нерозчинністю компонентів у твердому стані. Горизонтальні та вертикальні перерізи.

**Завдання на СРС :** Рівновага в потрійній системі із необмеженою розчинністю компонентів. Подвійні та потрійні хімічні сполуки.

**Контрольні запитання** 1. Що таке компонент, фаза, структурна складова, число ступенів свободи? 2. Дати визначення твердого розчину, механічної суміші, хімічної (металевої) сполуки. 3. Що представляють собою тверді розчини заміщення і проникнення? 4. Основні групи металевих сполук і їхні особливості. 5. Як будують діаграми стану? 6. Наведіть рівняння правила фаз і поясніть фізичний зміст числа ступенів свободи. 7. Поясніть принцип побудови термічної кривої нагрівання й охолодження за допомогою правила фаз. 8. Показати зовнішній вигляд ділянки кривої охолодження сплаву, якщо число ступенів свободи дорівнює одиниці у випадку випадання твердої фази з рідкої. Те ж, для числа ступенів свободи, рівної нулю. 9. Накресліть і проаналізуйте діаграму стану для випадку утворення неперервного ряду твердих розчинів. 10. Накресліть і проаналізуйте діаграму стану для випадку повної нерозчинності компонентів у твердому стані. 11. Накресліть і проаналізуйте діаграму стану для випадку утворення евтектики, що складається з обмежених твердих розчинів. 12. Яким чином визначаються концентрація фаз та їх кількісне співвідношення? 13. У чому різниця між евтектичною і перитектичною кристалізаціями? 14. У чому різниця між евтектоїдним і евтектичним перетвореннями? 15. Типи ліквації та методи їх усунення? 16. Правило Курнакова.

## **РОЗДІЛ 6. Залізо та його сплави.**

**Література основна :** 1 - 198 – 224 ; 2 - 116 – 152

**ЛЕКЦІЯ 13.** Діаграма стану залізо - цементний, фазовий та структурний стан, перитектичне, евтектичне та евтектоїдне перетворення. Формування структур при повільному охолодженні.

**Завдання на СРС.** Побудувати криві охолодження сплавів 0,003% C; 0,01% C; 0,05% C; 0,12% C; 0,18 % C; 0,4 % c; 0,6% C; 0,8 % c; 1,2 % C; 2,5% C; 4,3% C; 5,0 % C.

**ЛЕКЦІЯ 14.** Вплив вуглецю та постійних домішок на властивості залізо-вуглецевих сплавів. Класифікація сталей по структурі, якості, способу виробництва.

**Завдання на СРС :** Маркування сталей.

**ЛЕКЦІЯ 15.** Конструкційні та інструментальні вуглецеві сталі. Властивості застосування та маркування .

**Завдання на СРС :** Вплив вуглецю та постійних домішків на властивості інструментальних сталей.

**ЛЕКЦІЯ 16.** Білі та сірі чавуни. Умови формування структури білих чавунів. Термодинаміка та кінетика процесу графітизації. Схеми структуроутворення вуглецевих сплавів .Сірі чавуни.

**Завдання на СРС :** Вплив постійних домішок на властивості чавунів.

**ЛЕКЦІЯ 17.** Ковкі та високоміцні чавуни. Графітизуюче відпалювання. Вплив хімічного складу та режимів термічної обробки на формування металевої основи чавунів, їхні властивості. Маркування. Модифікування для отримання чавуну із кульовим графітом.

**Завдання на СРС :** Діаграма стану залізо-кремній-вуглець. Структурні діаграми для чавунів. Теорія модифікування. Діаграма залізо - графіт.

**Контрольні запитання.** 1. Що таке ферит, аустеніт, перліт, цементит і ледебурит? 2. Які перетворення відбуваються у сплавах при температурах  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$   $A_{cm}$ ? 3. Побудувати за допомогою правила фаз термічну криву охолодження для сталі з 0,8 %С і для чавуну з 4,3 %С. 4. Які структура і властивості технічного заліза, сталі та білого чавуну? 5. Як класифікують за структурою сталі і білі чавуни? 6. У яких умовах виділяються первинний, вторинний і третинний цементити? 7. Яка будова ледебуриту при кімнатній температурі, дещо вище евтектоїдної температури  $727\text{ }^\circ\text{C}$  і трохи нижче евтектичної температури  $1147\text{ }^\circ\text{C}$ ? 8. Як впливають легуючі елементи на положення критичних точок  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$   $A_{cm}$ ? 9. Які легуючі елементи сприяють графітизації? 10. Які легуючі елементи є карбідоутворюючими? 11. Як впливають легуючі елементи на властивості фериту та аустеніту? 12. Як класифікують леговані сталі за структурою у рівноважному стані? 13. У чому відмінність сірого чавуна від білого? 14. Яка будова евтектики і евтектоїда в сірому і білому чавунах? 15. Яка класифікація та маркування сірих чавунів? 16. Яка структура сірих чавунів? 17. Як одержують високоміцний чавун? Його будова, властивості і призначення. 18. У чому різниця у будові ковкого і модифікованого чавунів? 19. Порівняйте механічні властивості сірого, ковкого і високоміцного чавунів.

## **РОЗДІЛ 7. Фазові перетворення в сплавах на основі заліза. (Теорія термічної обробки сталі .)**

**Література основна :** 1 2 - 152 – 191 ; 224-241

### **ТЕМА 7.1. Основи теорії термічної обробки сталі .**

**ЛЕКЦІЯ 18.** Фазові перетворення при нагріві : схема утворення аустеніту, структурна спадковість сталі, природна дрібнозернистість. Загальна характеристика перетворення переохолодженого аустеніту. Фактори, що визначають розмір зерна аустеніту.

**Завдання на СРС :** Діаграма ізотермічного перетворення аустеніту.

### **ЛЕКЦІЯ 19. ТЕОРІЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ.**

Перлітне, бейнітне та мартенситне перетворення продуктів дифузійного та бездифузійного розпаду переохолодженого аустеніту.

Перетворення мартенситу та залишкового аустеніту при нагріві.

**Завдання на СРС :** Термокінетичні діаграми перетворення переохолодженого аустеніту. Термічне та деформаційне старіння вуглецевої сталі.

### **ТЕМА 7.2. Практика термічної обробки.**

Класифікація видів термічної обробки, їх характеристика. Відпал I-го роду. Відпал II - го роду..

**Завдання на СРС :** Термічна обробка чавунів

**ЛЕКЦІЯ 21.** Практика термічної обробки. Гартування сталі. Відпуск сталі. Термомеханічна обробка. Поверхнєве гартування.

**Завдання на СРС :** Дефекти, що виникають при термічній обробці сталей та чавунів. Метод торцевого гартування.

**Контрольні запитання.** 1. Який механізм утворення аустеніту при нагріванні сталі. 2. Які механізми і температурні режими утворення структур перлітного типу (перліту, сорбіту, трооститу) і бейніту? 3. У чому розходження між перлітом, сорбітом і трооститом? 4. Що таке мартенсит і в чому сутність та особливості мартенситного перетворення? 5. Що таке критична швидкість гартування? 6. Що описує мартенситна крива? 7. Від чого залежить кількість залишкового аустеніту? 8. У чому сутність перетворень, що відбуваються при відпуску сталі? 9. Що таке коагуляція карбідів і як змінюються структура і властивості сталі у зв'язку з коагуляцією карбідної фази при відпуску? 10. Чим відрізняються структури трооститу, сорбіту і перліту відпуску від однойменних структур, що утворюються при розпаді переохолодженого аустеніту? 11. Яке практичне значення термокінетичних діаграм? 12. Як впливають легуючі елементи на перлітне перетворення? 13. Як впливають легуючі елементи на мартенситне перетворення? 14. Як протікає проміжне перетворення в легованій сталі? 15. Як впливають легуючі елементи на

перетворення при відпуску? 18. У чому сутність явища відпускнуї крихкості? 17. Як можна усунути відпускну крихкість другого роду? 18. Приведіть визначення основних процесів термічної обробки: відпалу, нормалізації і гартування? 19. Які вам відомі різновиди процесу відпалу і для чого вони застосовуються? 20. Яка природа фазових і термічних напружень? 21. Які вам відомі різновиди гартування та у яких випадках вони застосовуються? 22. Які види і причини браку при гартуванні? 23. Які вам відомі групи охолоджувальних середовищ і які їхні особливості? 24. Від чого залежить прогартуваність сталі та у чому полягає її технологічне значення? 25. Які вам відомі технологічні прийоми зменшення деформації при термічній обробці? 26. Для чого і як застосовується обробка холодом? 27. Як змінюються швидкість і температура нагрівання виробів з легованої сталі у порівнянні з вуглецевою? 28. У чому полягає сутність і особливості термомеханічної обробки? 29. Як впливає поверхневе гартування на експлуатаційні характеристики виробів? 30. Як регулюється глибина загартованого шару при обробці струмами високої частоти? 31. Які сутність і призначення діаграми допустимих і переважних режимів нагрівання під гартування струмами високої частоти? 15. Які переваги поверхневого індукційного гартування?

## **РОЗДІЛ 8. ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛІ (ХТО)**

Література основна : 2 - 227 – 248 ;

**ЛЕКЦІЯ 22.** Загальна характеристика хіміко-термічної обробки сталей. Цементизація, азотування, нітроцементизація.

**Завдання на СРС :** Дифузійна металізація.

**Контрольні запитання.** 1. У чому полягають фізичні основи хіміко-термічної обробки? 2. Хімізм процесу азотування. 3. Хімізм процесу цементизації. 4. Призначення і режим термічної обробки після цементизації. 5. Чим відрізняються режими цементизації легованої сталі від вуглецевої? 6. Які властивості цементованих і азотованих виробів? 7. Хімізм і призначення процесу ціанування. 8. У чому розходження між дифузійним і гальванічним хромуванням? 9. Для яких цілей і як застосовується нітроцементизація? 10. Сутність і призначення процесу борування. 11. Як змінюються властивості виробів при дробоструменевій обробці і яка природа цих змін? 12. Як впливає поверхневе зміцнення на експлуатаційні характеристики виробів?

## **РОЗДІЛ 9. Леговані сталі та сплави.**

Література основна : 2 - 287 – 312 ;

### **РОЗДІЛ 9.1. Основи легування сталей.**

**ЛЕКЦІЯ 23.** Вплив легувальних елементів на поліморфізм заліза. структуру та властивості сталі. Класифікація легованих сталей. Маркування легованих сталей.

**Завдання на СРС :** Класифікація та маркування легованих чавунів. Мікро легування чавунів.

**Контрольні запитання.** 1. Назвіть причини введення легуючих елементів у сталь. 2. Який вплив мають легуючі елементи на положення критичних точок сталі? 3. Назвіть структурні класи легованих сталей в умовах рівноваги. 4. Які особливості утворення та перетворення аустеніту у легованій сталі? 5. Вплив легуючих елементів на кінетику і характер ізотермічного перетворення аустеніту в перлітній, проміжній і мартенситній областях. 6. Вплив легування на кількість залишкового аустеніту. 7. Яка мета обробки загартованої сталі холодом? 8. Відпуск легованої сталі та вплив легуючих елементів на перетворення при відпуску. 9. Явища вторинної твердості та відпускнуї крихкості. 10. Які технологічні особливості термічної обробки легованої сталі. 11. Прогартуваність легованої сталі. 12. Яка класифікація легованої сталі за призначенням. 13. Маркування легованої сталі.

### **ТЕМА 9.2 . Конструкційні леговані сталі.**

**ЛЕКЦІЯ 24.** Конструкційні будівельні , автоматні, цементуємі, поліпшувані, ресорно-пружинні, кулькопідшипникові, сталі для лиття.

**Завдання на СРС :** Вплив легуючих елементів на властивості литої сталі. Основи раціонального вибору сталі та чавуну і методів зміцнення деталей машин.

**Контрольні запитання.** 1. Розшифруйте хімічний склад сталі марок: 40, 20X, 30ХГСА, 50Г,

110Г13, ШХ15, 18Х2Н4ВА, 5ХНМ, І2Х18Н9Т, Н18К8М5Т. 2. Як класифікуються леговані сталі? 3. Як класифікуються конструкційні сталі за технологією термічної обробки? 4. Які вимоги пред'являються до виробів, що цементуються? 5. Чим визначається вибір марки сталі, що цементується, для виробів різного призначення? Приведіть приклади марок сталі, що використовуються у різних умовах роботи. 6. Яка термічна обробка деталей, що цементуються? 7. У чому полягає призначення процесу поліпшення для конструкційної сталі? 8. Як впливає ступінь легування на механічні властивості сталі, що поліпшується? 9. Яка термічна обробка сталей, що поліпшуються? 10. Чим визначається вибір марки сталі, що поліпшується, для виробів різного призначення? Приклади марок сталі, що використовуються у різних умовах роботи. 11. Які вимоги пред'являються до ресорно-пружинних сталей і як вони класифікуються по властивостям міцності? 12. Приведіть приклади марок сталі для ресор і пружин, що працюють у різних умовах. 13. Термічна обробка ресорно-пружинної сталі.

### **ТЕМА 9.3. Інструментальні леговані сталі.**

**ЛЕКЦІЯ 25.** Сталі для різального інструменту, штаповані сталі для деформування у гарячому стані.

**Завдання на СРС:** Режими термічної обробки інструменту із вуглецевої та легової інструментальної сталі.

**Контрольні запитання.** 1. Розшифруйте хімічний склад сталей марок: У10, 9ХС, ХВГ, Р18, Р18Ф2, Р9К10, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С, Х12М. 2. Як класифікуються інструментальні сталі? 3. Які вимоги пред'являються до сталей для ріжучого інструменту. 4. Приведіть приклади вуглецевих і легованих сталей, які використовуються для ріжучих інструментів. Укажіть їх склад, режим термічної обробки, структуру і властивості. 5. Вкажіть і розшифруйте основні марки швидкорізальної сталі. 6. У чому полягає сутність явища червоностійкості і яким чином можна підвищити червоностійкість інструменту? 7. Яка термічна обробка швидкорізальної сталі? 8. Як підрозділяються штапові сталі? Вимоги, що пред'являються до штапових сталей для деформування металу в холодному стані та для деформування металу в гарячому стані. 9. Які сталі застосовуються для штампів холодного штампування? Укажіть їх склад, термічну обробку, структуру і властивості. 10. Які сталі застосовуються для прес-форм лиття під тиском? 11. Які вимоги пред'являються до сталей для виготовлення вимірювального інструменту? Укажіть марки сталі, їх склад, термічну обробку, структуру і властивості. 12. Що представляють собою тверді сплави? Які їх властивості і переваги? 13. Укажіть марки твердих сплавів, їх склад і призначення.

### **ТЕМА 9.4. Сталі та сплави з особливими властивостями.**

**ЛЕКЦІЯ 26.** Корозійно - стійкі, зносостійкі та жароміцні сталі та сплави. Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями.

**Завдання на СРС:** Класифікація жароміцних сплавів та їх термічна обробка, сплави з високим електричним опором для нагрівачів, сплави із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення.

**Контрольні запитання.** 1. Що таке окалиностійкість? 2. Які вимоги пред'являються до жаростійких сталей? 3. Якими способами можна підвищити окалиностійкість? 4. Які вимоги пред'являються до жароміцних сталей? 5. У чому сутність явища повзучості? 6. Приведіть визначення межі повзучості і межі тривалої міцності. Що таке швидкість повзучості? Який фізичний зміст цих характеристик? 7. Якими способами можна підвищити жароміцність сталі? Поясніть природу зміцнення. 8. Приведіть приклади жароміцних сталей перлітного, мартенситного та аустенітного класів. Укажіть їхній склад, обробку, властивості та області застосування.

**Контрольні запитання.** 1. Які зносостійкі сталі Ви знаєте? 2. Які особливості мартенситостаріючих сталей? 3. Приведіть приклади марок високоміцної сталі, призначте режим обробки. 4. Які вимоги висуваються до нержавіючих сталей? 5. У чому сутність електрохімічної корозії (основи теорії)? 6. Укажіть марки хромистих нержавіючих сталей. Їхній склад, термічна обробка, властивості і призначення. 7. Укажіть марки хромонікелевих нержавіючих сталей. Їхні властивості, склад, термічна обробка, призначення. 8. Які особливості та області застосування

металокерамічних сплавів? 9. Як класифікуються магнітні сталі і сплави? Вимоги, що висуваються до магнітом`яких матеріалів, і вимоги, що висуваються до магнітотвердих матеріалів. 10. Які ви знаєте магнітом`які сталі і сплави? Укажіть їх склад, властивості і призначення. 11. Які ви знаєте магнітотверді матеріали? Укажіть їх склад, термічну обробку, властивості і призначення. 12. Які вимоги висуваються до сплавів з високим електроопором? Наведіть приклади таких сплавів із зазначенням їх структури, складу, властивостей і області застосування. 13. Приведіть приклади сплавів з особливостями теплового розширення. Їх склад, властивості і призначення. 14. Які ви знаєте сплави з заданими пружними властивостями? Вкажіть їх склад, властивості і призначення. 15. Які особливості сплавів на основі нікелю і області їхнього застосування? 16. Приведіть приклади сплавів на основі нікелю. Укажіть їх склад, обробку, властивості й області застосування. 17. Які особливості сплавів на основі кобальту і області їхнього застосування? 18. Приведіть приклади сплавів на основі кобальту. Укажіть їх склад, обробку, властивості й області застосування.

## **РОЗДІЛ 10. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ НА ЇХ ОСНОВІ**

**Література основна :** 1 – 241 – 374 ; 2 - 313 – 359 ;

**ЛЕКЦІЯ 27.** Мідь та сплави на її основі (латуні, бронзи). Алюміній і сплави на його основі. Титан і сплави на його основі.

**Завдання на СРС:** Термічна обробка сплавів на основі міді, алюмінію. Підшипникові сплави.

**Контрольні запитання.** 1. Як впливають домішки на властивості чистої міді? 2. Як класифікують мідні сплави? 3. Які сплави відносять до латуней? Їхнє маркування і склад. 4. Наведіть кілька прикладів латуней із зазначенням їх структури, складу, властивостей і призначення. 5. Які сплави відносять до бронз? Їх маркування і склад. 6. Укажіть структуру, властивості і призначення різних бронз. 7. Якій термічній обробці піддають берилієву бронзу? 8. Укажіть призначення і властивості сплавів на основі цинку. 9. Які вимоги висуваються до антифрикційних сплавів? 10. Вкажіть склад, властивості й області застосування сплавів на основі олова. 11. Те ж, про сплави на основі свинцю.

**Контрольні запитання.** 1. Властивості і застосування алюмінію. 2. Як класифікуються алюмінієві сплави? 3. Які сплави зміцнюються шляхом термічної обробки? Укажіть їх марку, структуру, режим термічної обробки, властивості. 4. У чому полягає сутність процесу старіння? 5. Які сплави зміцнюються нагартовкою? 6. Які ви знаєте ливарні алюмінієві сплави? Вкажіть їх марки, склад, обробку, властивості? 7. Як і для чого проводиться модифікування силуміну? 8. Які ви знаєте жароміцні алюмінієві сплави? Укажіть граничні робочі температури їх використання. 9. Назвіть алюмінієві сплави, отримані методом порошкової металургії і вкажіть область їхнього застосування. 10. Які властивості магнію? 11. Як класифікуються магнієві сплави? 12. Укажіть марку, склад, обробку, властивості і призначення різних сплавів на основі магнію. 13. Які особливості титанових сплавів і області їхнього застосування? 14. Якій термічній обробці піддають сплави на основі титана? 15. Приведіть приклади сплавів на основі титана. Укажіть їх склад, обробку, властивості й області застосування.