



ПІДПИСАНО

заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗПО «Дніпровський професійний технологічний
коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«28» серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОГО

**Дисципліна: «Матеріалознавство» (ОК14) Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування» Освітньо- професійний ступінь: Фаховий молодший бакалавр
МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 1
ТЕМА: МАКРОСКОПІЧНИЙ ТА МІКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ.
БУДОВА МЕТАЛОГРАФІЧНОГО МІКРОСКОПА, ПІДГОТОВКА ШЛІФІВ.**

Тривалість заняття: 2 академічні години (1 пара).

Місце проведення: Лабораторія матеріалознавства та металографії ЗПО «ДПТК».

1. Мета та завдання практичного заняття

Навчальна мета: Ознайомитися з методологією макро- та мікроскопічного дослідження металів і сплавів. Вивчити будову та оптичну схему металографічного мікроскопа (на прикладі МІМ-7 або МІМ-8). Опанувати технологічний алгоритм виготовлення мікрошліфів (вирізання, шліфування, полірування, хімічне травлення).

Практична (фахова) мета: Набути первинних навичок візуальної оцінки макродефектів (усадочних раковин, ліквацій, тріщин) та мікроструктури, що є критично важливим етапом входного контролю заготовок на сучасних машинобудівних підприємствах (ТОВ "Аксор індастрі", ТОВ "Інтерпайп", ТОВ "ДАЗ").

Адаптаційна та соціально-психологічна мета: Створити безпечний, інклюзивний академічний простір. Організація роботи базується на принципах педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), що передбачає чітку алгоритмізацію дій, відсутність стресових дедлайнів під час виконання завдань, а також виключно технічний, емоційно-нейтральний опис дефектів і руйнувань металу, що гарантує психологічний комфорт для ветеранів та осіб, які постраждали внаслідок бойових дій.

2. Матеріально-технічне забезпечення

Металографічні мікроскопи (МІМ-7, МІМ-8 або сучасні цифрові аналоги).

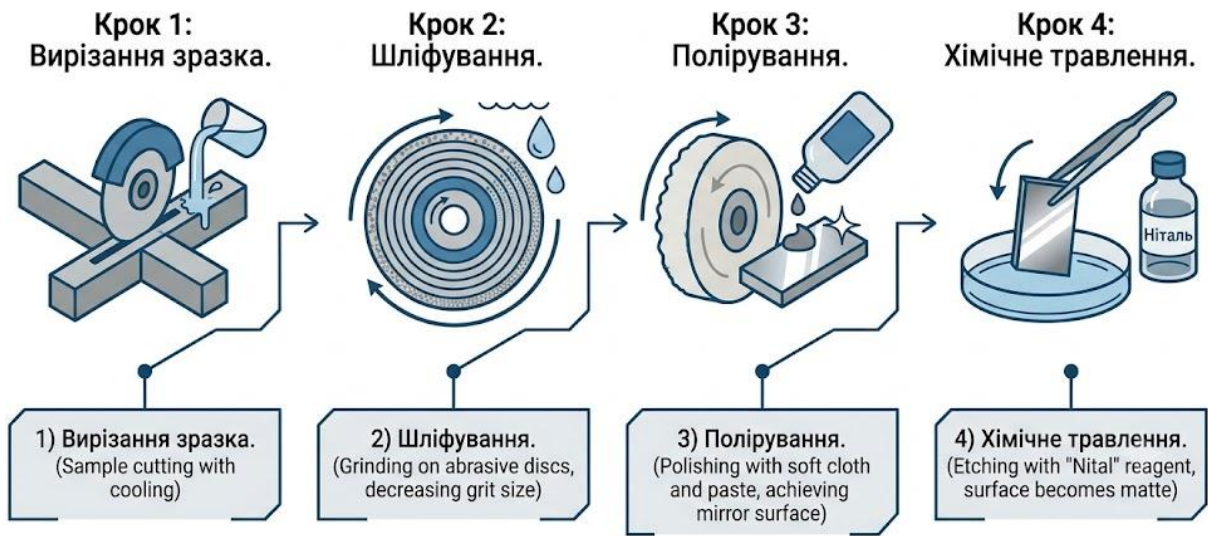
Набір зразків для макроаналізу: макрошліфи (поздовжні та поперечні перерізи злитків), зразки з різними видами зламів (в'язкий, крихкий, втомний).

Обладнання для підготовки шліфів: відрізний верстат, шліфувально-полірувальні верстати.

Витратні матеріали: набір шліфувального паперу різної зернистості, полірувальні пасти (наприклад, паста ГОІ, алмазні пасти), фетр, сукно.

Хімічні реактиви: 4-5% розчин нітратної кислоти в етиловому спирті (ніталь) для травлення сталей, фільтрувальний папір, промивочні рідини, пінцети.

Алгоритм підготовки мікрошліфа



3. Короткі теоретичні відомості

3.1. Макроскопічний аналіз

Макроаналізом називають метод дослідження будови металів і сплавів неозброєним оком або за допомогою лупи при невеликих збільшеннях (до 30 разів). Об'єктом макроаналізу є *макрошліф* (спеціально вирізаний, відшліфований і глибоко протравлений зразок) або природний *злам* деталі.

Макроаналіз дозволяє вирішувати такі промислові завдання:

1. Виявлення прихованих дефектів лиття та обробки: усадочні раковини, газова пористість, тріщини, непровари зварних швів, флокени.

2. Вивчення макроструктури злитку: визначення розміру та напрямку росту дендритів, ширини зон стовпчастих та рівновісних кристалів.

3. Оцінка хімічної неоднорідності (ліквації): за допомогою спеціальних реактивів (наприклад, реактив Баумана) можна візуалізувати скупчення шкідливих домішок, зокрема сірки. Зони, багаті на сірку, забарвлюються на макрошліфі у темно-коричневий колір.

4. Аналіз волокнистої будови: після пластичної деформації (кування, штампування) домішки та неметалеві включення витягуються вздовж напрямку течії металу, утворюючи макроволокна.

Макроаналіз дозволяє перевірити, чи не перерізані ці волокна при механічній обробці (що критично важливо для шестерень та валів).

Інженерно-психологічна ремарка: При аналізі зламів деталей (в'язких, крихких, втомних) слід фокусуватися виключно на геометричній формі поверхні та її фрактографічних ознаках (наявність фасеток сколу, кристалічного блиску, зон втомного росту). Категорично уникається обговорення катастрофічних наслідків руйнування реальних машин чи техніки для запобігання ретравматизації слухачів.

3.2. Підготовка мікрошліфів

Для вивчення структури металу під мікроскопом необхідно виготовити **мікрошліф** — невеликий зразок (зазвичай 15x15x15 мм), поверхня якого ідеально відшліфована, відполірована до дзеркального блиску та піддана хімічному травленню. Алгоритм підготовки вимагає прецизійної точності:

Вирізання зразка: Проводиться абразивними дисками при інтенсивному охолодженні емульсією. *Критична вимога:* не допустити термічного перегріву поверхні (припіку), інакше вихідна структура металу зміниться (відбудеться структурне перетворення або відпуск), і аналіз буде хибним.

Шліфування: Здійснюється послідовно на наждачних паперах з поступовим зменшенням розміру абразивного зерна. При переході на наступний (дрібніший) номер паперу зразок повертають на 90°, щоб нові риси перетинали старі під прямим кутом. Це дозволяє контролювати повне видалення глибоких подряпин від попереднього етапу.

Полірування: Мета — видалити всі мікрориски і зробити поверхню абсолютно дзеркальною.

Проводиться механічним (на обертовому диску з сукном, змоченим водною суспензією оксиду алюмінію, оксиду хрому або алмазною пастою) або електролітичним способом. Непротравлений полірований шліф під мікроскопом виглядає як суцільне світле поле; на ньому можна побачити лише неметалеві включення (оксиди, сульфід, силікати) або тріщини.

Хімічне травлення: Щоб побачити зерна та різні фази, поверхню піддають дії слабких кислот або лугів. Для вуглецевих сталей і чавунів стандартом є **ніталь** (2-5% розчин HNO_3 в етиловому спирті).

Фізика процесу хімічного травлення

Чому після травлення ми бачимо мікроструктуру? Процес базується на вибірковій (селективній) корозії різних елементів структури:

1. Межі зерен мають вищу концентрацію дефектів (дислокацій, вакансій) і домішок, тому вони розчиняються (травляться) кислотою значно швидше і глибше, ніж тіло самого зерна. Утворюються мікроканавки.
2. Різні фази (наприклад, ферит і цементит) мають різний електрохімічний потенціал, утворюючи мікрогальванічні елементи. Ферит (анод) розчиняється, а цементит (катод) залишається рельєфно виступати.
3. Коли світло від мікроскопа падає на протравлений шліф, гладкі поверхні зерен відбивають світло прямо в об'єктив (вони виглядають світлими). Натомість світло, що падає у протравлені канавки на межах зерен, розсіюється і в об'єктив майже не потрапляє (межі виглядають темними тонкими лініями). Різниця у відбивній здатності формує контрастне зображення.

3.3. Будова металографічного мікроскопа (МІМ-7)

На відміну від біологічного мікроскопа, який працює на просвіт (пропускає світло через прозорий об'єкт), металографічний мікроскоп працює у **відбитому світлі**, оскільки метали абсолютно непрозорі.

Мікроскопи типу МІМ-7 (Мікроскоп Інструментальний Металографічний) або сучасні цифрові аналоги побудовані за перевернутою (інвертованою) схемою Лей Шателє.

Оптична схема та принцип роботи: Світловий промінь від потужного джерела (лампи) проходить через систему лінз, світлофільтрів та діафрагм. Далі він потрапляє на напівпрозору пластинку (світлоділителі) або призму, яка відхиляє промінь на 90° вгору, спрямовуючи його через об'єктив на поліровану поверхню мікрошліфа (який лежить на предметному столику обличчям донизу). Світло відбивається від структури металу, проходить назад через об'єктив, пронизує напівпрозору пластинку і прямує до окуляра або цифрової камери.

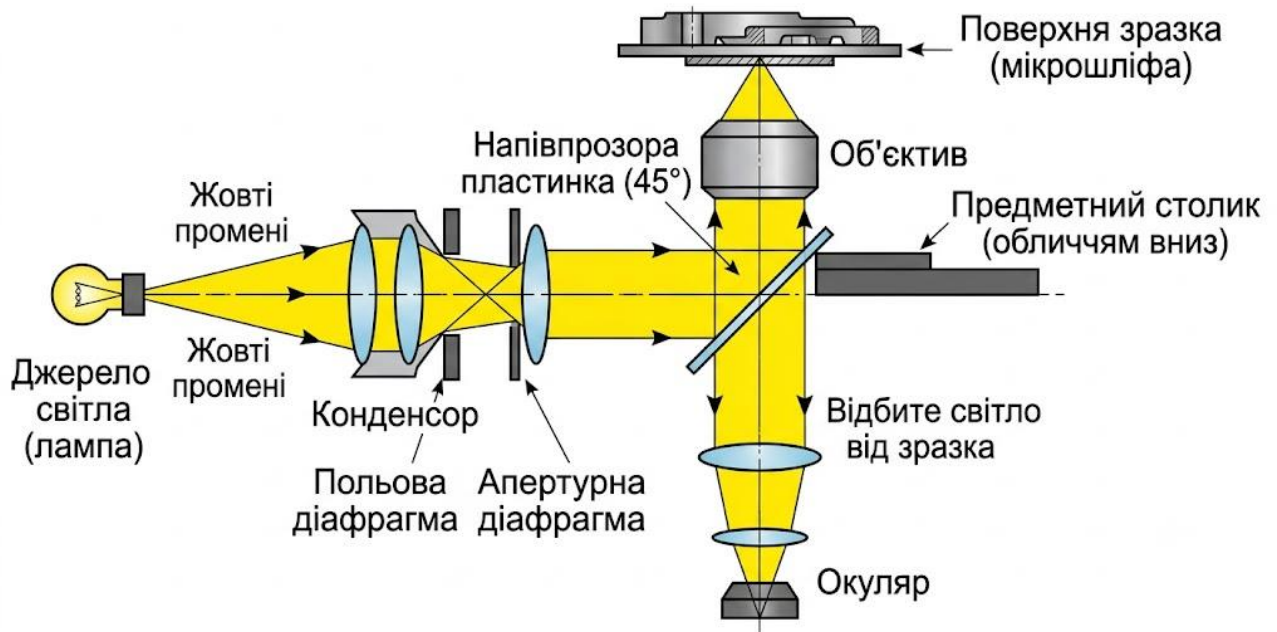
Основні вузли мікроскопа: Освітлювальна система: лампа, колектор, апертурна і польова діафрагми (для регулювання контрастності та ширини світлового пучка).

Механічна система: станина, предметний столик з мікрометричними гвинтами (для переміщення зразка), гвинти макро- і мікрофокусування.

Оптична система: об'єктиви (формують первинне збільшене зворотне дійсне зображення) та окуляри (додатково збільшують це зображення).

Загальне збільшення мікроскопа (V) дорівнює добутку збільшення об'єктива ($\nu_{об}$) на збільшення окуляра ($\nu_{ок}$): $V = \nu_{об} \cdot \nu_{ок}$. Зазвичай оптичні металографічні мікроскопи дозволяють досягти корисного збільшення від 50 до 1500-2000 разів.

Пресіна, принципла оптична схема (металургчний мікрососоп (інвертного типа))



4. Порядок виконання практичної роботи

Завдання 1. Вивчення макродефектів та видів зламів.

Оглянути колекцію макрошліфів та зламів.

Ідентифікувати усадочну раковину в макрошліфі сталевого злитку. Записати причину її утворення (зменшення об'єму металу при кристалізації).

Візуально порівняти крихкий злам (світлий, блискучий, крупнокристалічний, без слідів деформації) та в'язкий злам (сірий, матовий, волокнистий, із помітною пластичною деформацією країв). Записати висновки щодо умов експлуатації деталей з такими зламами.

5. Контрольні питання для самоперевірки

Яка принципова різниця між макроаналізом і мікроаналізом металів? Які задачі промислового контролю вирішує кожен метод?

Чому при вирізанні та шліфуванні мікрошліфа необхідно ретельно охолоджувати зразок?

Поясніть фізичну суть хімічного травлення. Чому після травлення межі зерен під мікроскопом виглядають темними?

Чим оптична схема металографічного мікроскопа відрізняється від біологічного? Чому мікроскоп перевернутий?

Як визначити загальне збільшення мікроскопа?

Опишіть фрактографічні ознаки крихкого та в'язкого зламів. Який з них є більш небезпечним для деталей машин, що працюють на підприємствах ТОВ "Інтерпайп" чи ТОВ "ДАЗ"?

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 2

ТЕМА: ПОБУДОВА КРИВИХ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПЕРЕТВОРЕНЬ У СПЛАВАХ СИСТЕМИ Fe-C ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРАВИЛА ВІДРІЗКІВ.

Тривалість заняття: 2 академічні години (1 пара).

Місце проведення: Аудиторія інженерних розрахунків та моделювання ЗПО «ДПТК».

1. Мета та завдання практичного заняття

-Навчальна мета: Опанувати методологію читання фундаментальної діаграми стану «Залізо- Цементит» (Fe-Fe₃C). Навчитися будувати термодинамічні криві охолодження для сплавів із заданою концентрацією вуглецю (доевтектоїдних, евтектоїдних сталей та білих чавунів).

Засвоїти алгоритм застосування правила відрізків (правила важеля) для визначення хімічного складу фаз та їх кількісного (масового) співвідношення при будь-якій заданій температурі.

-Практична (фахова) мета: Сформувати аналітичний інженерний апарат, необхідний для прогнозування поведінки металу при термічній обробці, литті та обробці тиском. Точне визначення кількості структурних складових (наприклад, фериту та перліту) є обов'язковою навичкою для розробки технологічних процесів на підприємствах-партнерах коледжу, таких як ТОВ "Аксор індастрі", ТОВ "Інтерпайп", ТОВ "ДАЗ", ПП "Висотпромсервіс", ТОВ "НВП РІЧ", ТОВ "Альтстрім".

-Адаптаційна та соціально-психологічна мета: Забезпечення інклюзивного освітнього середовища з використанням педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach).

Заняття побудовано на строгій, передбачуваній математичній і логічній алгоритмізації.

Процес розрахунків і побудов графіків є емоційно нейтральним, що створює психологічно безпечний простір, знижує тривожність та сприяє концентрації уваги у здобувачів-ветеранів та осіб, які постраждали внаслідок війни. Відсутність стресового публічного захисту розрахунків (допускається індивідуальна перевірка звітів).

2. Матеріально-технічне та методичне забезпечення

-Великоформатні плакати (або мультимедійна проєкція) повної діаграми стану Fe-Fe₃C із чітким позначенням усіх фазових областей, критичних ліній та точок.

-Роздруковані індивідуальні бланки з діаграмою Fe-Fe₃C формату А4 (для виконання графічних побудов).

-Креслярське приладдя (лінійки, олівці різних кольорів) та інженерні калькулятори.

-Методичні рекомендації з алгоритмами розв'язання задач.

-Довідкові таблиці вмісту вуглецю в типових марках конструкційних та інструментальних сталей (для прив'язки розрахунків до реальних промислових матеріалів).

3. Короткі теоретичні відомості

3.1. Діаграма стану Fe-Fe₃C: критичні точки та лінії

Діаграма стану «Залізо-Вуглець» графічно описує фазовий стан сплавів залежно від температури (вісь ординат) і концентрації вуглецю (вісь абсцис). Вона охоплює сплави від чистого заліза (0% C) до цементиту (6.67% C). Ключові фази, що існують у системі: **Рідина (Р), Аустеніт (А), Ферит (Ф), Цементит (Ц)**. Для успішного виконання розрахунків необхідно знати координати та фізичний зміст базових точок і ліній:

-Точка S (0.8% C, 727 °C): Евтектоїдна точка. Аустеніт такої концентрації при охолодженні розпадається на евтектоїдну суміш фериту і цементиту — **Перліт (П)**.

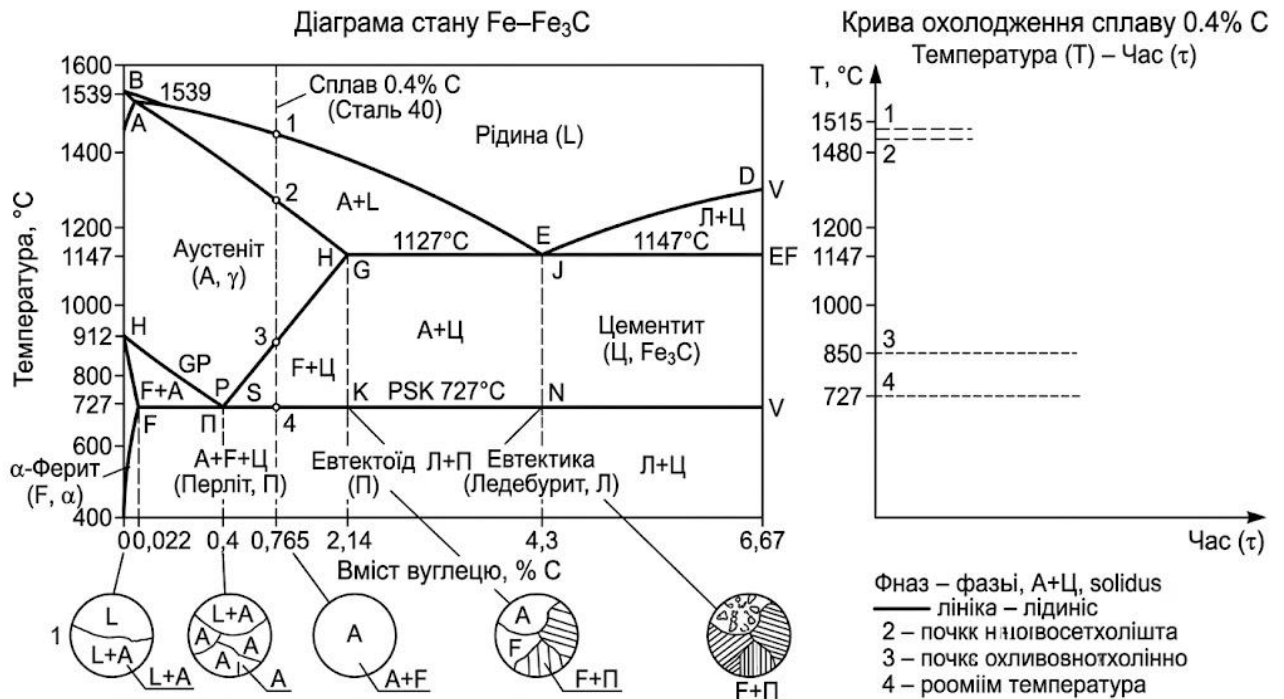
-Точка E (2.14% C, 1147 °C): Точка максимальної розчинності вуглецю в аустеніті. Відокремлює сталі (до 2.14% C) від чавунів.

-Точка C (4.3% C, 1147 °C): Евтектична точка. Рідкий розплав такої концентрації кристалізується в евтектичну суміш аустеніту і первинного цементиту — **Ледебурит (Л)**.

-Лінія PSK (727 °C): Лінія евтектоїдного перетворення (точка **A1**). Нижче цієї лінії аустеніт існувати не може.

-Лінія GS: Лінія початку виділення фериту з аустеніту при охолодженні доевтектоїдних сталей (точка **A3**).

-Лінія SE: Лінія початку виділення вторинного цементиту з аустеніту при охолодженні заевтектоїдних сталей (точка **Acm**).



3.2. Побудова кривих охолодження

Крива охолодження показує зміну температури сплаву в часі при рівномірному відведенні тепла.

Вигляд кривої суворо підпорядковується **правилу фаз Гіббса**: $C = K - F + 1$ (де C - кількість ступенів свободи, K - кількість компонентів, F - кількість фаз).

-Якщо в системі протікає процес зі зміною температури (охолодження однофазного розчину або виділення однієї твердої фази з рідини), то $C = 1$. На графіку це відображається **похилою лінією** (швидкість охолодження змінюється через виділення прихованої теплоти кристалізації).

-Якщо в системі (двокомпонентній, $K=2$) протікає ізотермічна реакція, коли одночасно існують три фази ($F=3$, наприклад, розпад рідини на аустеніт і цементит в точці C, або розпад аустеніту на ферит і цементит на лінії PSK), то $C = 2 - 3 + 1 = 0$. Система нонваріантна. На графіку з'являється строга **горизонтальна площадка** (температура не падає, поки перетворення повністю не завершиться).

3.3. Правило відрізків (Правило важеля)

Правило відрізків є потужним аналітичним інструментом, який дозволяє у **двофазній області** діаграми стану розв'язати дві фундаментальні задачі:

Завдання 1: Визначення хімічного складу фаз, що існують при даній температурі.

Через задану точку (яка відповідає температурі T_x і початковій концентрації сплаву C_0) проводять горизонтальну лінію — **коноду**, до перетину з лініями, що обмежують цю двофазну область. Проекції точок перетину на вісь концентрацій (вісь X) покажуть точний вміст вуглецю в кожній з двох фаз.

Завдання 2: Визначення кількісного (масового) співвідношення фаз.

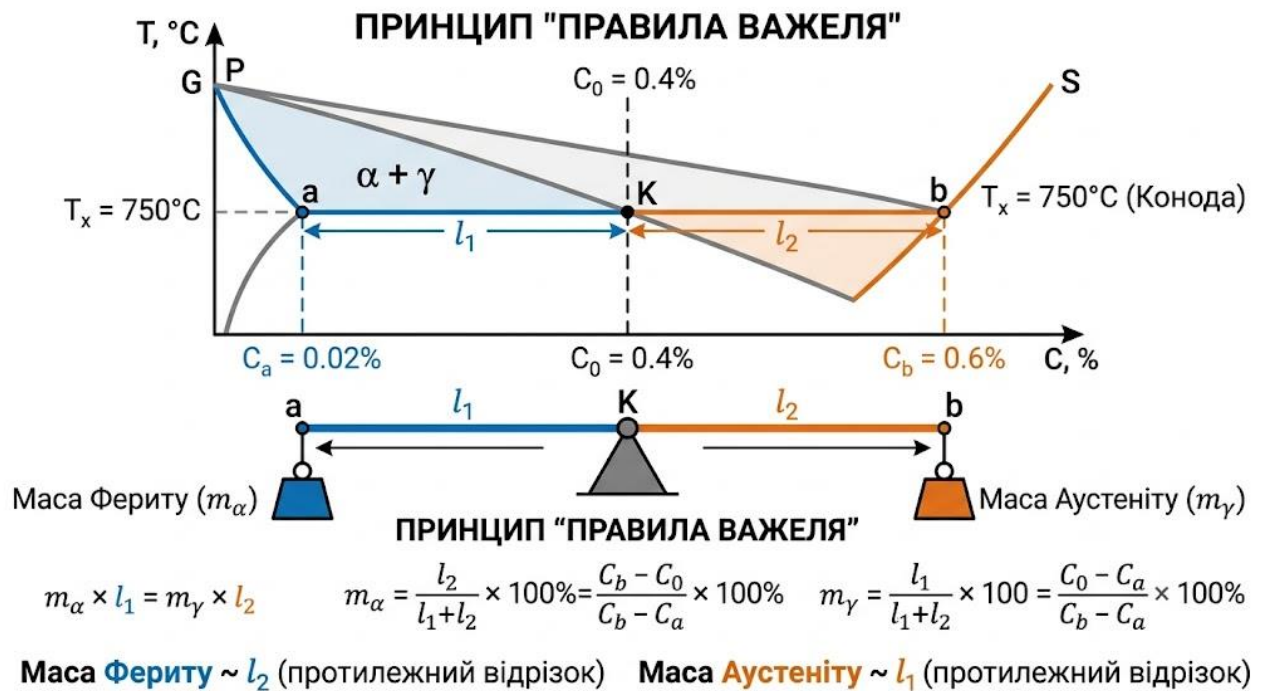
Сама точка сплаву (опора важеля) ділить коноду на два відрізки. Масова частка будь-якої фази дорівнює відношенню довжини **протилежного** (від цієї фази) відрізка до загальної довжини коноди. Точне математичне вираження:

$$Q_{\text{фаза1}} (\%) = (I_{\text{протилежний}} / I_{\text{загальний}}) \cdot 100\%$$

Або через концентрації (якщо точка сплаву лежить між концентрацією першої фази C_1 та другої фази C_2):

$$Q_{\text{фаза1}} (\%) = [(C_2 - C_0) / (C_2 - C_1)] \cdot 100\%$$

$$Q_{\text{фаза2}} (\%) = [(C_0 - C_1) / (C_2 - C_1)] \cdot 100\%$$



4. Порядок виконання практичної роботи

ЗАВДАННЯ 1. Побудова кривої охолодження для доєвтектоїдної сталі.

Умова: Задано сплав із вмістом вуглецю **0.4%** (конструкційна середньовуглецева сталь, аналог марки Сталь 40). Необхідно проаналізувати його охолодження від рідкого стану до кімнатної температури.

На бланку з діаграмою Fe-C проведіть вертикальну пунктирну лінію, що відповідає концентрації 0.4% C.

Відмітьте точки перетину цієї вертикалі з лініями діаграми. Позначте їх цифрами: 1 (перетин з ліквідусом AC), 2 (перетин з солідусом AE), 3 (перетин з лінією GS), 4 (перетин з лінією PSK).

Поруч збудуйте систему координат "Температура – Час" і перенесіть температури точок 1-4 на вісь ординат.

Аналіз перетворень:

Вище точки 1 сплав — однорідна Рідина (P). $C = 2 - 1 + 1 = 2$. Охолодження йде плавною кривою.

Між точками 1 і 2 йде первинна кристалізація. Утворюються кристали Аустеніту (A). Фази: P + A. $C = 2 - 2 + 1 = 1$. На кривій утворюється злам (зменшення нахилу через виділення тепла).

Між точками 2 і 3 сплав повністю твердий. Фаза — однорідний Аустеніт (A).

$C = 2 - 1 + 1 = 2$. Крива йде більш стрімко.

Між точками 3 і 4 аустеніт перенасичується залізом, з нього починають виділятися кристали Фериту (Ф). Фази: A + Ф. $C = 2 - 2 + 1 = 1$. Крива знову змінює нахил.

У точці 4 (727 °C) досягається евтектоїдна температура. Аустеніт, що залишився (який накопичив 0.8% C), розпадається на Перліт. Реакція: $A_{0.8} \rightarrow P(\Phi + \Psi)$. Одночасно існують три фази: A, Ф, Ц. Згідно з правилом фаз: $C = 2$

$- 3 + 1 = 0$. На кривій охолодження утворюється **горизонтальна площадка**.

Нижче точки 4 структура сталі складається з **Фериту та Перліту**.

Охолодження йде монотонно до кімнатної температури.

5. Контрольні питання для самоперевірки

Сформулюйте правило фаз Гіббса. У яких випадках на кривій охолодження сплаву з'являється горизонтальна площадка?

Чому при побудові кривої охолодження чистого металу температура залишається постійною до повного завершення кристалізації?

Для чого застосовується правило відрізків (правило важеля)? Які дві величини воно дозволяє визначити?

Чому при розрахунку кількості певної фази в правилі важеля використовується довжина відрізка, що прилягає до протилежної фази?

Опишіть структурні зміни, що відбуваються зі сплавом концентрації 4.3% С (евтектичний чавун) при охолодженні від 1200 °С до кімнатної температури.

Як визначити за допомогою правила відрізків масову частку перліту і цементиту в заевтектоїдній сталі (наприклад, 1.2% С) при кімнатній температурі?

Список використаної та рекомендованої літератури:

1. Пахолюк А.П., Пахолюк О.А. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали. Львів: Світ. [cite: 3]
2. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Суми: Університетська книга. [cite: 3]
3. Бойко В.М. Матеріалознавство та технологія металів. Київ: Либідь. [cite: 3]

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ № 3

ТЕМА: ВИВЧЕННЯ МІКРОСТРУКТУР ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ І БІЛИХ, СІРИХ, КОВКИХ ТА ВИСОКОМІЩНИХ ЧАВУНІВ У РІВНОВАЖНОМУ СТАНІ.

Тривалість заняття: 2 академічні години (1 пара).

Місце проведення: Лабораторія матеріалознавства та металографії ЗПО «ДПТК».

1. Мета та завдання практичного заняття

Навчальна мета: Практично закріпити знання про фазовий склад залізовуглецевих сплавів у рівноважному (відпаленому) стані. Навчитися розпізнавати під металографічним мікроскопом структурні складові вуглецевих сталей (ферит, перліт, вторинний цементит) та чавунів (ледебурит, пластинчастий, кулястий і пластівчастий графіт). Опанувати методику наближеного розрахунку вмісту вуглецю в доєвтектоїдних сталях за площею мікроструктурних складових.

Практична (фахова) мета: Сформувати навички візуального металографічного контролю, які є стандартом якості на провідних металургійних та машинобудівних потужностях. Здатність інженера безпомилково відрізнити сірий чавун від високоміщного, або доєвтектоїдну сталь від заєвтектоїдної, є критичною вимогою для технологічного супроводу виробництва на підприємствах-партнерах (ТОВ "Інтерпайп", ТОВ "ДАЗ", ТОВ "Аксор індастрі", ПП "Висотпромсервіс", ТОВ "Альтстрім", ТОВ "НВП РІЧ").

Адаптаційна та соціально-психологічна мета: Реалізація педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), шляхом створення спокійного, аналітичного середовища. Робота з мікроскопами та графічними схемами дозволяє змістити фокус уваги на точні, технічні алгоритми. Аналіз мікроструктур і металургійних дефектів проводиться в академічно-нейтральному ключі, уникаючи будь-яких тригерних асоціацій з руйнуваннями, що забезпечує інклюзивність для ветеранів та слухачів із бойовим досвідом.

2. Матеріально-технічне забезпечення

-Оптичні металографічні мікроскопи (МІМ-7, МІМ-8) або цифрові металографічні комплекси зі збільшенням $\times 100 \dots \times 500$.

-Набір еталонних мікрошліфів, протравлених 4% розчином нітратної кислоти в етиловому спирті (ніталем):

*Доевтектоїдні сталі (Сталь 10, Сталь 20, Сталь 45).

*Евтектоїдна сталь (У8).

*Заєвтектоїдна сталь (У10, У12).

*Білі чавуни (доевтектичний, евтектичний, заєвтектичний).

*Графітизовані чавуни (сірий СЧ, високоміщний ВЧ, ковкий КЧ).

-Альбоми мікрофотографій структур металів і сплавів (еталони ГОСТ/ДСТУ).

3. Короткі теоретичні відомості

Мікроструктура залізовуглецевих сплавів у рівноважному стані (після дуже повільного охолодження або повного відпалу) суворо відповідає діаграмі стану Fe-Fe₃C. Хімічне травлення ніталем по-різному забарвлює структурні складові: **ферит** залишається світлим (травляться лише його межі), **цементит** виступає у вигляді світлої блискучої сітки або пластин (він не травиться взагалі), а **перліт** під невеликим збільшенням здається темним (через тіні, що відкидають мікроскопічні виступаючі пластинки цементиту на витравлений ферит).

3.1. Мікроструктура вуглецевих сталей

Сталі містять від 0.02% до 2.14% вуглецю і поділяються на три групи:

1.Доевтектоїдні сталі ($C < 0.8\%$): Структура складається зі світлих зерен *фериту* та темних зерен *перліту*. Чим більше вуглецю в сталі, тим більшу площу мікрошліфа займає темний перліт. У Сталі 10 перліту близько 12%, а у Сталі 45 — понад 50%.

2.Евтектоїдна сталь ($C = 0.8\%$): Структура складається виключно зі 100% *перліту*. Під збільшенням $\times 500$ чітко видно пластинчасту будову: чергування світлих ліній цементиту і темніших ліній фериту (виглядає як відбиток пальця).

3. Заевтектоїдні сталі ($0.8\% < C \leq 2.14\%$): Структура складається з *перліту* (темний фон) та *вторинного цементиту*, який виділяється у вигляді розірваної або суцільної світлої жорсткої сітки по границях перлітних зерен.



3.2. Мікроструктура білих чавунів

У білих чавунах весь вуглець знаходиться у зв'язаному стані (у вигляді цементиту). Свою назву вони отримали через світлий, блискучий (білий) колір зламу. Головна структурна ознака білих чавунів — наявність евтектики **ледебуриту**.

1. Доевтектичні білі чавуни ($2.14\% < C < 4.3\%$): Структура: *Перліт + Вторинний цементит* +

Ледебуриг перетворений. Під мікроскопом: темні дендрити перліту (часто у вигляді ялинок) розташовані на тлі рябого ледебуриту (світла цементитна матриця з дрібними темними крапками перліту).

2. Евтектичний білий чавун ($C = 4.3\%$): Структура: 100% *Ледебуриг перетворений*. Це суцільна світла матриця цементиту, рівномірно засіяна дрібними темними острівцями перліту ("леопардова шкіра").

3. Заевтектичні білі чавуни ($4.3\% < C \leq 6.67\%$): Структура: *Первинний цементит + Ледебуриг*

перетворений. Під мікроскопом: на рябому тлі ледебуриту виділяються дуже великі, рівні, світлі пластини (або голки) первинного цементиту, який кристалізувався першим з розплаву.

Документ містить ознайомчий фрагмент (стор. 1–10). Повна версія доступна в електронній бібліотеці закладу після входу в особистий кабінет студента