

## ЛЕКЦІЯ 24

### ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО БУДОВУ, СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

#### Атомно – кристалічна будова металів.

Кожному металу в твердому стані відповідає певна кристалічна будова, яка описується геометричними представленнями, а саме кристалічними решітками або ґратками.

*Кристалічні ґратки* – просторове періодичне розташування атомів (іонів, молекул) в кристалічній речовині.

Точки кристалічних ґраток, в яких розміщуються атоми називаються *вузлами*.

Напрямки, що проходять крізь два вузли ґраток називають *кристалографічними напрямками*, а площини, що проходять через три вузли – *кристалографічними (атомними) площинами*.

В основі кристалічних ґраток лежить *елементарна комірка* – це побудований на вузлах мінімальний об'єм кристалічної речовини, що відбиває всі його особливості і його повторення дозволяє побудувати всі ґратки.

Для однозначної характеристики елементарної комірки слід знати її параметри:

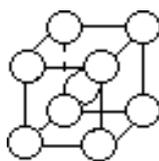
- *період* – відстань між сусідніми атомами в одній площині;
- *координаційне число* – кількість атомів ґраток, які знаходяться на найменшій рівній відстані відносно одного вибраного;
- *щільність упаковки* – відношення об'єму зайнятого атомами до об'єму всіх ґраток;

Для більшості металів характерні три типи кристалічних ґраток (рис.2): Об'ємно – центровані кубічні ґратки (ОЦК). Ці ґратки мають метали: Pb,

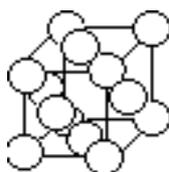
K, Na, Li, W, V, Cr, Nb, Ti<sub>β</sub>, Fe<sub>α</sub>.

Гранецентровані кубічні ґратки (ГЦК). Характерні металам: Ca<sub>α</sub>, Ni, Ag, Au, Cu, Co<sub>α</sub>, Fe<sub>γ</sub>.

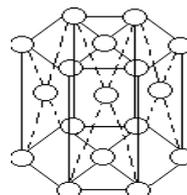
Гексагональні ґратки (ГГУ). Характерні металам: Mg, Ti<sub>α</sub>, Cd, Re, Os, Zn, Co<sub>β</sub>, Be.



а



б



в

Типи кристалічних ґраток металів: а – ОЦК, б – ГЦК, в – ГГУ.

Кристалічні ґратки в металі внаслідок фазових перетворень об'єднуються і утворюють *полікристал* або *кристаліт*. Сукупність полікристалів це *зерно* металу. Саме з зерен і складається на макроскопічному рівні структура металу.

Однак ідеальної будови в природі не існує. В наслідок фазових перетворень відбувається відхилення реальної будови матеріалу від ідеальної. Тому в металах можливі дефекти кристалічних ґраток. За геометричними ознаками їх розрізняють на точкові, лінійні, поверхневі, та об'ємні. За розташуванням та природою існують такі дефекти як вакансії, дислокації, міжвузловий атом, домішкові атоми. Властивості металів визначаються параметрами кристалічних ґраток та видом і кількістю дефектів.

#### Анізотропія властивостей кристалів.

У різних кристалографічних площинах, проведених через центри атомів у кристалічних решітках, число атомів і відстані між ними неоднакові. У зв'язку з цим властивості монокристалів у різних напрямках неоднакові. Таке явище називається *анізотропією*.

Анізотропія виявляється в неоднаковості опорів монокристала електричного струму і швидкості розчинення в хімічних реактивах, у відмінності механічних властивостей. Наприклад, міцність зразків, вирізаних у різних напрямках з монокристала міді, відрізняється приблизно в 3 рази, а пластичність – більше ніж у 5 разів.

Реальні метали є тілами полікристалічними, тобто складаються з великої кількості по-різному орієнтованих у просторі кристалітів (зерен). Тому властивості таких металів у будь-якому напрямку усереднені, однакові. Проте в тих випадках, коли обробка металів сприяє переважному орієнтуванню окремих кристалів (наприклад, при прокатуванні, куванні), полікристалічні метали стають також анізотропними. Наприклад, міцність зразків, вирізаних з листа вздовж і впоперек напрямку прокатування, різні; температурний коефіцієнт лінійного розширення листа з цинку залежно від напрямку прокатування може відрізнятись в 1,5...2 рази.

## Будова сплавів та їх характеристика.

*Сплави* – макроскопічно однорідні системи, що отримані поєднанням з двох чи більше металів чи неметалів і які мають виражені металеві властиво-сті.

Хімічні елементи, утворюючі сплав називають компонентами.

*Класифікацію сплавів* проводять за наступними ознаками:

- По числу компонентів – бінарні (подвійні), потрійні, багатокомпонентні;
- По виду основного компоненту – залізни, мідні, титанові тощо;
- По числу фаз – однофазні та багатофазні;
- По способу отримання – плавлені (одержані кристалізацією з розплаву), спечені (металокерамічним способом), стиснені (порошкова металургія), конденсацією з парів, дифузійним насиченням та іншими.
- По технологічним властивостям – ливарні, електротехнічні, корозійно-стійкі, зносостійкі тощо.

Металеві сплави на відміну від чистих металів мають більш складну будову, що визначається кількістю компонентів та їх хімічними ознаками. Компоненти, що входять до складу сплаву, можуть утворювати такі фази: рідкі розчини, тверді розчини, хімічні з'єднання та механічні суміші.

*Металеві рідкі розчини (розплави)* представляють рідкий стан сплавів, який по більшості характеристик споріднений твердому стану. Якісна відмінність розплаву у відсутності в ньому дальнього порядку в кристалічній будові.

Більшість металів необмежено розчинюються один в одному. Однак деякі повністю не розчинюються у рідкому стані і розділяються на шари по густині.

*Металевими твердими розчинами* називають однорідні тверді фази, які складаються з декількох компонентів, концентрації яких можуть бути змінені без порушення їх однорідності. Металеві тверді розчини утворюються в результаті проникнення в кристалічні ґратки основного металу атомів іншого металу чи неметалу. Розрізняють тверді розчини заміщення і вкорінення. Тип твердого розчину визначається різницею розмірів атомів основного металу та атомів домішки. У сплавах, будова яких є твердим розчином, співвідношення компонентів може бути перемінним, і один з компонентів зберігає свої кристалічні ґратки (розчинник) а атоми іншого розміщуються в цих ґратках, змінюючи їх параметри.

*Хімічне з'єднання* – це хімічно нова речовина, що суттєво відрізняється від вихідних компонентів і властивостями, і будовою. В цій будові у хімічній формулі завжди зберігається кратне співвідношення компонентів  $A_mB_n$ , температура плавлення (дисоціації) постійна, утворення хімічної сполуки завжди супроводжується значним тепловим ефектом. Хімічні з'єднання, що утворюються в сплавах, відрізняються по деяким особливостям від типових хімічних сполук тим, що не підпорядковуються законам валентності і не мають постійного складу. Від твердих розчинів відрізняються тим, що мають незмінні кристалічні ґратки до температури плавлення. Хімічні з'єднання в сплавах за будовою та властивостями розділяють на класи: електронні з'єднання (з'єднання між одновалентними металами та простими металами), інтерметаліди (з'єднання металів з неметалами, їм властивий металевий тип хімічного зв'язку), фази вкорінення (з'єднання типу карбідів, нітридів, гідридів, з певним металевим зв'язком) тощо.

*Механічна суміш* – це структура сплаву, що не має спільної будови і складається з окремих фаз, які утримуються слабкими силами тяжіння чи електростатичними силами, або за рахунок хімічної природи і мають споріднені компонентам сплаву властивості.

## Структура сплавів.

Розрізняють макро-, мікро- і субструктури металів і сплавів.

*Макроструктура* – структура сплаву, що видима неозброєним оком чи при незначному збільшенні (до 30-40 разів). Макроструктура відображає структурну і хімічну неоднорідність, наявність пор, пустот, тріщин, розшаруватість, технологічні наслідки та інше.

*Мікроструктура* – це структура, що досліджується при значному збільшенні, за допомогою металографічних мікроскопів. Вона відображає форму, розміри, орієнтацію та взаємне розташування зерен металу; фазовий склад, співвідношення фаз.

*Субструктура (тонка структура)* – структура усередині зерна сплавів, що спостерігається при дуже значному збільшенні. Субструктура визначає більшість механічних і фізичних властивостей, кінетику фазових перетворень та інше.

## Фазові та структурні перетворення в сплавах.

Характер фазових і структурних перетворень в сплавах при зміні температури можна прослідити

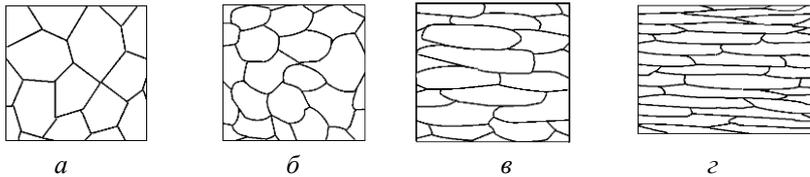
за допомогою аналізу мікроструктури, бо між мікроструктурою та властивостями існує чіткий зв'язок.

При кристалізації сплавів центри кристалізації мають перемінний склад, що залежить від температури. Це призводить до виникнення неоднорідності хімічного складу – ліквіції. При цьому неоднорідність всередині окремих зерен називають дендритною.

При охолодженні з дуже малими швидкостями в сплавах структури досягають рівноважного стану, тому що при цьому дифузія в рідких і твердих фазах відбувається разом одночасно з кристалізацією і склад кристалів вирівнюється, отримана структура називається гомогенною.

Структура, що формується в сплавах при фазових перетвореннях може бути однофазною чи багатофазною.

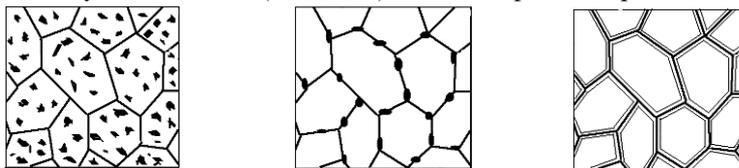
Однофазна структура формується в сплавах при повному взаємному розчиненні компонентів, або у випадку, коли кількість розчиненого компонента не перебільшує граничної розчинності. Форма зерен залежить від умов формування. Вони можуть бути полідрійні (в виді правильного багатогранника), рівноосними (однаковими у всіх напрямках), витягнутими, стовпчастими чи пластинчастими.



Схеми структур однофазних сплавів. Форма зерен: а – полідрійна; б – рівноосна; в – витягнута; з – пластинчаста

Двофазна чи багатофазна структура характерна для сплавів з обмеженою розчинністю компонентів. Якщо в сплаві вміст розчиненого компонента перебільшує його граничну розчинність в основному металі (розчиннику) при певній температурі, то утворюється структура, що складається з матриці (основного твердого розчину) і виділених фаз другого твердого розчинника. Таку структуру називають гетерогенною або матричною. Гетерогенна структура типова для сплавів на основі твердого розчину металу-розчинника і розчиненої хімічної сполуки.

В твердому стані можуть відбуватися два типи фазових перетворень, які формують структуру сплаву. По-перше, твердий розчин потерпає вторинну кристалізацію гетерогенних зерен. По-друге, формування структури відбувається внаслідок зміни температури чи зменшення розчинності компонентів при зниженні температури. Тоді в сплавах вторинна (надлишкова) фаза при повільному охолодженні виділяється по границям зерен у виді досить крупних новоутворень, або при швидкому охолодженні у вигляді сітки (оболонки) виділеної фази по границям матричних зерен.



Схеми структур двофазних сплавів:

а – виділення всередині зерен; б – виділення по границям зерен; в – виділення у вигляді сітки.

В певних умовах кристалізації при постійній температурі і заданій концентрації компонентів в самостійну структурну складову можуть виділитися дві чи більше окремі фази, що являють собою механічну суміш. Такі механічні суміші утворюються шляхом зростання зерен між собою. При виділенні з рідкої фази механічну суміш називають евтектикою чи перетектикою, а при вторинній кристалізації – евтектоїд.

Евтектика представляє собою пластинки структурних компонентів, утворених з двох чи більше фаз, які рівномірно чергуються. Інколи в евтектиці фази хаотично розмішені, або можуть бути присутні окремі кристали твердого розчину чи хімічних сполук. Структури евтектики і евтектоїду схожі, але останній більш дисперсний.