

ЛЕКЦІЯ 2

ОСОБЛИВОСТІ АТОМНО-КРИСТАЛІЧНОЇ БУДОВИ МЕТАЛІВ. КРИСТАЛІЗАЦІЯ МЕТАЛІВ

- 1 Особливості атомно-кристалічної будови.
- 2 Поняття про ізотропію та анізотропію.
- 3 Алотропія або поліморфні перетворення.
- 4 Магнітні перетворення.
- 5 Механізм і закономірності кристалізації металів.
- 6 Будова металевого злитка.

1 Особливості атомно-кристалічної будови

Усі метали, які тверднуть у нормальних умовах, являють собою кристалічні речовини, тобто розташування атомів у них характеризується певним порядком – періодичністю, як у різних напрямках, так і в різних площинах. Цей порядок визначається поняттям *кристалічної решітки*.

Іншими словами, кристалічна решітка - це уявна просторова решітка, у вузлах якої розташовуються атоми, що утворюють тверде тіло.

Елементарна комірка – елемент об'єму з мінімального числа атомів, багаторазовим переносом якого в просторі можна побудувати весь кристал.

Класифікація можливих видів кристалічних решіток була проведена французьким ученим О. Браве, відповідно вони одержали назву «решітки Браве».

Основними типами кристалічних решіток є:

1 об'ємно центрована кубічна (ОЦК) (рисунок 3,а), атоми розташовуються у вершинах куба і у його центрі (V, W, Ti, Fe_α);

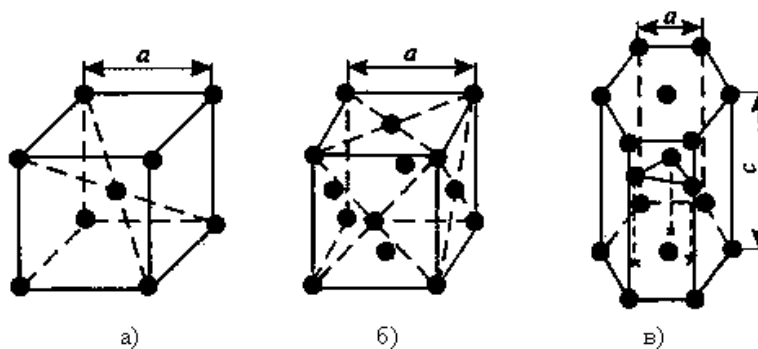
2 гранецентрована кубічна (ГЦК) (рисунок 3,б), атоми розташовуються у вершинах куба і в центрі кожної з 6 граней

(Ag, Au, Fe_λ);

3 гексагональна, в основі якої лежить шестикутник:

проста - атоми розташовуються у вершинах комірки і в центрі 2 основ (вуглець у вигляді графіту);

щільноупакована (ГЦУ) - є 3 додаткових атоми в середній площині (цинк).



а - об'ємно центрована кубічна; б - гранецентрована кубічна;
в - гексагональна щільноупакована

Рисунок 3 - Основні типи кристалічних решіток

2 Поняття про ізотропію та анізотропію

Властивості тіла залежать від природи атомів, з яких воно складається, і від сили взаємодії між цими атомами. Сили взаємодії між атомами значною мірою визначаються відстанями між ними. В аморфних тілах з хаотичним розташуванням атомів у просторі відстані між атомами в різних напрямках рівні, отже, властивості будуть однакові, тобто аморфні тіла - *ізо*тронні.

У кристалічних тілах атоми правильно розташовуються в просторі, причому в різних напрямках відстані між атомами неоднакові, що визначає істотні розходження в силах взаємодії між ними та різні властивості. Тобто властивості вздовж і впоперек зовнішніх деформаційних сил неоднакові - ця залежність властивостей від напрямку називається *ані*зотропією.

3 Алотропія або поліморфні перетворення

Здатність деяких металів існувати в різних кристалічних формах залежно від зовнішніх умов (тиск, температура) називається **алотропією або поліморфізмом**.

Кожний вид решіток являє собою *алотропічну видозміну* або *модифікацію*.

Прикладом алотропічної видозміни залежно від температури є залізо (*Fe*).

Fe:

$t < 911^{\circ}\text{C}$ – ОЦК - Fe_{α} ;

$911^{\circ} < t < 1392^{\circ}\text{C}$ - ГЦК - Fe_{β} ;

$1392 < t < 1539$ - ОЦК – Fe_{γ} ; (високотемпературне Fe_{α})

Перетворення однієї модифікації в іншу протікає при постійній температурі і супроводжується тепловим ефектом. Видозміни елемента позначаються буквами грецького алфавіту у вигляді індексу в основному позначенні металу.

Прикладом алотропічної видозміни, обумовленої зміною тиску, є вуглець: при низьких тисках утвориться графіт, а при високих - алмаз.

Використовуючи явище поліморфізму, можна зміцнювати і знеміцнювати сплави за допомогою термічної обробки.

4 Магнітні перетворення

Деякі метали намагнічуються під дією магнітного поля. Після видалення магнітного поля вони мають залишковий магнетизм. Це явище вперше виявлене на залізі й одержало назву феромагнетизму. До феромагнетиків належать залізо, кобальт, нікель і деякі інші метали.

При нагріванні феромагнітні властивості металу зменшуються поступово: спочатку слабо, потім різко і при певній температурі (т. Кюрі) зникають (т. Кюрі для заліза - 768°C). Вище цієї температури метали стають парамагнетиками. Магнітні перетворення не пов'язані зі зміною кристалічних решіток або мікроструктури, вони обумовлені змінами в характері міжелектронної взаємодії.

5 Механізм і закономірності кристалізації металів

При відповідному зниженні температури в рідкому металі починають утворюватися кристали – *центри кристалізації* або *зародки*. Для початку їх росту необхідне зменшення вільної енергії металу, в іншому випадку зародок розчиняється.

Мінімальний розмір здатного до росту зародка називається *критичним розміром*, а зародок – *стійким*.

Перехід з рідкого стану в кристалічний потребує витрати енергії на утворення поверхні розділу рідина - кристал. Процес кристалізації буде здійснюватися, коли вигравш від переходу у твердий стан більше втрати енергії на утворення поверхні розділу.

Зародки з розмірами, рівними і більшими критичного, ростуть зі зменшенням енергії і тому здатні до існування.

Механізм кристалізації поданий на рисунку 4.

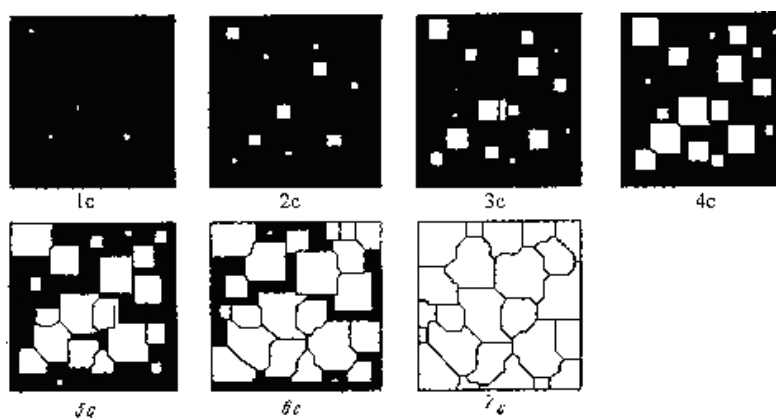


Рисунок 4 - Модель процесу кристалізації

Центри кристалізації утворюються у вихідній фазі незалежно один від одного у випадкових місцях. Спочатку кристали мають правильну форму, але по мірі зіткнення і зрощення з іншими кристалами форма порушується. Ріст триває в напрямках, де є вільний доступ живильного середовища. Процес спочатку прискорюється, доки зіткнення кристалів не починає перешкоджати

їх росту. Об'єм рідкої фази, у якій утворюються кристали, зменшується. Після кристалізації 50 % об'єму металу швидкість кристалізації буде сповільнюватися.

Після закінчення кристалізації маємо полікристалічне тіло.

Таким чином, процес кристалізації складається з утворення центрів кристалізації і росту кристалів із цих центрів.

У свою чергу число центрів кристалізації (ч.ц.) і швидкість росту кристалів (ш.р.) залежать від ступеня переохолодження (рисунок 5).

Розміри кристалів, що утворилися, залежать від співвідношення числа центрів, що утворилися, кристалізації і швидкості росту кристалів при температурі кристалізації.

При рівновісній температурі кристалізації T_s число утворених центрів кристалізації й швидкість їх росту дорівнюють нулю, тому процес кристалізації не відбувається.

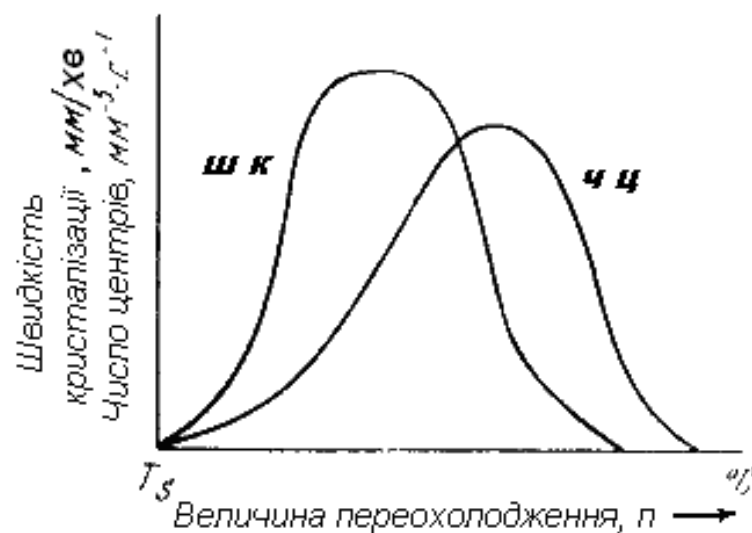


Рисунок 5 - Залежність числа центрів кристалізації (а) і швидкості росту кристалів (б) від ступеня переохолодження

Якщо рідину переохолодити до температури, що відповідає т. а, то утворяться крупні зерна (число центрів, що утворилися, невелике, а швидкість росту - велика).

При переохолодженні до температури, відповідної т. в, утвориться дрібне зерно (утвориться велика кількість центрів кристалізації, а швидкість їх росту невелика).

Якщо метал дуже сильно переохолодити, то число центрів і швидкість росту кристалів дорівнюють нулю, рідина не кристалізується, утвориться аморфне тіло. Для металів, що мають малу схильність до переохолодження, експериментально виявляються тільки гілки кривих, що зростають.

6 Будова металевого злитка

Схема сталевого злитка, дана Черновим Д.К., подана на рисунку 6.

Злиток складається із трьох зон:

- 1 дрібнокристалічна коркова зона;
- 2 зона стовпчастих кристалів;
- 3 внутрішня зона великих рівновісних кристалів.

Кристалізація коркової зони йде в умовах максимального переохолодження. Швидкість кристалізації визначається більшим числом центрів кристалізації. Утворюється дрібнозерниста структура.

Рідкий метал під корковою зоною знаходиться в умовах меншого переохолодження. Число центрів обмежене і процес кристалізації реалізується за рахунок їх інтенсивного росту до великого розміру.

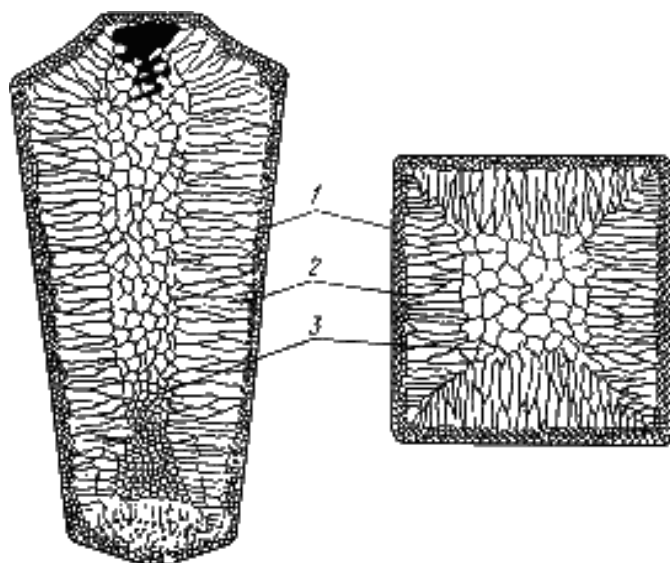


Рисунок 6 - Схема сталевго злитка

Ріст кристалів у другій зоні має спрямований характер. Вони ростуть перпендикулярно стінкам виливниці, утворюються деревоподібні кристали - дендрити (рисунок 7). Ростуть дендрити в напрямку, близькому до напрямку тепловідведення.

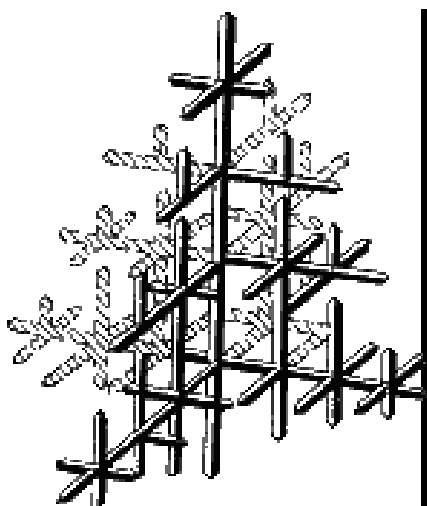


Рисунок 7 - Схема дендриту за Черновим Д.К.

Так як тепловідведення від незакристалізованого металу усередині злитка в різні сторони вирівнюється, то в центральній зоні утворюються великі дендрити з випадковою орієнтацією.

Зони стовпчастих кристалів у процесі кристалізації стикаються, це явище називається *транскристалізацією*.

Для малопластичних металів і для сталей це явище небажане, тому що при наступній прокатці, куванні можуть утворюватися тріщини в зоні стикання.

У верхній частині злитка утворюється усадочна раковина, що підлягає відрізанням і переплавленню, тому що метал більш пористий (близько 15...20 % від довжини злитка).