**Тема № 10**

**Металічні сплави та діаграми стану**

**1. Основні фази в сплавах**

**Металевими сплавами** називають речовини, отримані внаслідок сплавляння двох або більше вихідних речовин, переважно металевих. Крім сплавляння, сплави отримують спіканням, електролізом та ін.. способами. Сплави мають більш цінні фізичні та хімічні властивості, ніж окремі компоненти, що входять до їх складу. Тому перевагу у практичному використанні віддають сплавам.

Речовини, з яких утворений сплав, називають **компонентами** сплаву. В якості компонентів сплавів можуть бути як чисті елементи, так і стійкі хімічні з’єднання. При кристалізації сплавів можуть утворитися наступні основні тверді фази:

* тверді розчини;
* хімічні з’єднання;
* механічні суміші.

**Тверді розчини** є найбільш розповсюдженою фазою в металевих сплавах. У твердих розчинах атоми розчиненого компонента або заміщають атоми компонента розчинника, або розташовуються між ними, не порушуючи при цьому структури кристалічної решітки.

За характером розподілу атомів речовини в кристалічній решітці розчинника розрізняють три типи твердих розчинів:

* тверді розчини заміщення;
* тверді розчини проникнення;
* тверді розчини вилучення.

**Тверді розчини заміщення** утворюються тоді, коли атоми розчиненого компонента заміщають атоми компонента розчинника. Вони бувають з обмеженою та необмеженою розчинністю.

**Тверді розчини проникнення** утворюються проникненням атомів розчиненого компонента у міжвузлях кристалічної гратки розчинника. Вони завжди з обмеженою розчинністю. Найчастіше тверді розчини проникнення утворюють перехідні метали (кобальт, титан, молібден, вольфрам, марганець, ванадій) з так званими металоїдами (вуглець, кисень, азот, водень). Вони утворюються в гратках ОЦК, ГЦК з великими порожнинами.



Рис.9.1. Кристалічні решітки твердих розчинів:а - заміщення,

б - проникнення (А – компонент розчинника,

В – атоми компонента, що розчиняється)

**Тверді розчини вилучення** утворюються на основі хімічних сполук. Характерною особливістю є відсутність атомів у деяких вузлах кристалічної решітки, що створює залишкові напруження у кристалічній гратці. Вони утворюють сполуки FeO, CuAl2, TiC, NbC, ZrC та ін.

Утворення хімічної сполуки при кристалізації зумовлено здатністю різнорідних атомів (які значною мірою відрізняються за будовою і властивостями) об’єднуватись у певній атомній пропорції, утворюючи тип кристалічної гратки, що відрізняється від граток компонентів. Характерними особливостями хімічних з’єднань є:

* постійність складу, яка може бути виражена формулою хімічного з’єднання;
* наявність нового типу кристалічної решітки, відмінного від типу решіток компонентів, які сплавляються;
* чітко виражені індивідуальні властивості;
* сталі температури кристалізації, як у чистих компонентах.

Виникнення структурних складових у сплавах пов’язане зі специфічними процесами кристалізації, які викликані частковою або повною нерозчинністю компонентів. За таких умов у сплавах формуються **механічні суміші**. У разі повної нерозчинності компонентів формується механічна суміш компонентів сплаву, атоми кожного з яких утворюють власні кристалічні гратки, тобто кожний елемент кристалізується самостійно. За формою об’єднання фаз механічні суміші бувають глобулярні, пластинчасті та ін.

**2. Принцип побудови діаграм стану**

Побудова діаграм стану сплавів базується на експериментальному одержанні серії графіків охолодження розплавів з різним (заданим) співвідношенням (вмістом) компонентів системи та визначення за ними критичних температур (точок) фазових перетворень. Температури початку кристалізації сплаву називають *точками ліквідус*, а закінчення кристалізації – *солідус*. Обладнання для термічного аналізу складається з нагрівальної та контролюючої температур апаратури. Для побудови діаграми стану на осі абсцис відкладають концентрацію (вміст) компонентів досліджуваних сплавів (рис. 9.2). Крайня точка ліворуч по осі концентрації відповідає 100 % компонента *А* і 0 %В(початок осі абсцис), а крайня точка праворуч відповідає 100 % компонента Ві 0 % компонента А. Значення температури відкладають по осі ординат. У цих координатах будують графіки охолодження чистих компонентів та сплавів на їхній основі. З'єднуючи всі точки початку кристалізації на кривих охолодження в одну лінію, а всі точки кінця кристалізації в іншу, одержують основні лінії (відповідно ліквідус і солідус) діаграми стану сплавів системи А - В.Вище лінії ліквідус сплави перебувають в рідкому стані, нижче лінії солідус - у твердому, а у межах між ними водночас існують рідка і тверда фази.



Рис. 9.2. Принцип побудови діаграм стану сплавів:

а - експериментальні криві охолодження;

б - діаграма стану сплавів А-В

Сплави з різним вмістом компонентів А і Вмають різний фазовий склад, структуру, а отже, і властивості. Діаграми стану дають уявлення про формування структури і фазового складу будь-якого сплаву даної системи залежно від концентрації компонентів, температури, заданої швидкості охолодження; дозволяють простежити зміни (за визначених умов) певних фізичних і механічних властивостей.

**3. Визначення складу та кількості фаз за діаграмою стану**

**Сплав**– це речовина, яку одержують поєднанням (сплавленням, спіканням, електролізом) двох або більше хімічних елементів.

**Система**– це сукупність металів або металів та неметалевих елементів, обраних для спостереження впливу на них певних факторів (температури, тиску, концентрації). Систему називають рівноважною, якщо перетворення в ній при нагріванні та охолодженні відбуваються зворотно, а рівноважні умови досягаються за незначних ступенів перегріву чи переохолодження.

**Компонент** – незалежна складова частина системи (сплаву). Компонентами можуть бути чисті метали (елементи) або стійкі хімічні сполуки.

**Фаза** – це хімічно однорідна частина системи, відокремлена від інших частин (фаз) поверхнею розділу. У сплавах фазами можуть бути чисті метали, рідкі або тверді розчини, хімічні сполуки. Фази відрізняються одна від одної за агрегатним станом, хімічним складом, типом кристалічної ґратки.

**Число ступенів вільності**визначає кількість незалежних перемінних (температура, концентрація, тиск), які, не порушуючи рівноваги системи, можна змінювати у певних межах. Рівноважним називають такий стан сплаву, що не змінюється у часі. При рівновазі зберігається й кількість співіснуючих фаз. Якщо за таких умов можна змінювати лише температуру (одна змінна), то число ступенів вільності дорівнює одиниці (система **моноваріантна**); якщо температура і склад фаз будуть постійними, число ступенів вільності дорівнюватиме нулю (система **нонваріантна**).

Закономірності всіх змін системи, залежно від внутрішніх і зовнішніх умов, підпорядковані **правилу фаз**(правилу фаз Гіббса). Цей математичний вираз умов рівноваги системи визначає залежність між кількістю фаз, компонентів і числом ступенів свободи системи:

С = К – Ф + 1,

де С – число ступенів свободи; К – кількість компонентів;

Ф – число фаз.

Визначення кількісного співвідношення рідкої і твердої фази при заданій температурі (в точці *m):*

Кількісна маса фаз обернено пропорційна відрізкам проведеної коноди. Розглянемо проведену через точку *m* коноду і її відрізки.

Кількість всього сплаву (*Qсп*) визначається відрізком *pq.*

Відрізок, прилеглий до лінії ліквідус *pm*, визначає кількість твердої фази.

.

Відрізок, прилеглий до лінії солідус (або до осі компонента) *mq*, визначає кількість рідкої фази.

.

4. Зв'язок між властивостями сплавів і типом діаграми стану

Оскільки вид діаграми, також як і властивості сплаву, залежить від того, які з'єднання або які фази утворили компоненти сплаву, то між ними повинен існувати певний зв'язок. Ця залежність встановлена Курнаковим.



Рис. 9.3. Зв'язок між властивостями сплавів і типом діаграми стану

1. При утворенні механічних сумішей властивості змінюються по лінійному закону. Значення характеристик властивостей сплаву знаходяться в інтервалі між характеристиками чистих компонентів.
2. При утворенні твердих розчинів з необмеженою розчинністю властивості сплавів змінюються за криволінійною залежністю, причому деякі властивості, наприклад, електроопір, можуть значно відрізнятися від властивостей компонентів.
3. При утворенні твердих розчинів з обмеженою розчинністю властивості в інтервалі концентрацій, що відповідають однофазним твердим розчинам, змінюються за криволінійним законом, а в двофазній області – за лінійним законом. Причому крайні точки на прямій є властивостями чистих фаз, гранично насичених твердих розчинів, які утворюють дану суміш.
4. При утворенні хімічних з'єднань концентрація хімічного з'єднання відповідає максимуму на кривій. Ця точка перелому, відповідна хімічному з'єднанню, називається сингулярною точкою.