Основні відомості про металеві сплави та діаграму стану "залізо-вуглець"

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.

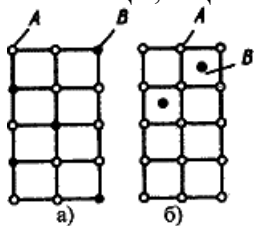

Рис.9.1. Кристалічні решітки твердих розчинів:а - заміщення,
б - проникнення (А – компонент розчинника,
В – атоми компонента, що розчиняється)

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, $CuAl_2$, 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.

Компоненти та фази в системі Fe – C

Діаграмою стану називають графічне зображення фаз та структурних складових в координатах "температура – концентрація".

Компонентами системи Fe-Fe_3C є залізо Fe і вуглець C.

Вуглець - це неметалевий елемент з температурою плавлення 3500 °C. Із залізом він утворює тверді розчини або хімічні сполуки, а в певних умовах може виділятись у вигляді графіту.

Залізо з вуглецем утворює ряд хімічних сполук. З них практичне значення має карбід Fe_3C, який містить 6,67 % C. Цей карбід називають *цементитом* (Ц).

Фазою називають відокремлену частину системи, яка має свою структуру, хімічний склад, властивості і відокремлена від решти системи поверхнею розділу. Розрізняють такі фази в системі Fe-Fe_3C:

Структурою називають форму, розміри та розташування фаз у системі.

L **(ліква)** – розчин вуглецю в розплавленому залізі.

Ф **(ферит)** – твердий розчин проникнення вуглецю в α-залізі з структурою ОЦК і розчинністю від 0% до 0,02%. Ферит має невисоку твердість і високу пластичність.

$Ф^{\delta}$ **(ферит δ)** – твердий розчин проникнення вуглецю в δ-залізі з структурою ОЦК і розчинністю від 0% до 0,1%.

А **(аустеніт)** – твердий розчин проникнення вуглецю в γ-залізі з структурою ГЦК і розчинністю від 0% до 2,14%. Аустеніт парамагнітний, пластичний, має низьку міцність і твердість.

Ц **(цементит)** - хімічне з'єднання заліза з вуглецем – карбід заліза (Fe_3C), містить 6,67% C. Температура плавлення цементиту – 1260°C. Цементит має дуже високу твердість та крихкість.

Існують різновиди цементиту:

$Ц_I$ - виділяється при кристалізації з рідкої фази у всіх залізовуглецевих сплавах, які містять вуглецю більше 4,3%;

$Ц_{II}$ - виділяється при вторинній кристалізації з аустеніту внаслідок зменшення розчинності вуглецю в γ-залізі при зниженні температурі від 1147°C до 727°C;

$Ц_{III}$- виділяється з фериту внаслідок зменшення розчинності вуглецю в α-залізі при зниженні температури від 727°C до кімнатної.

Діаграма метастабільного стану системи Fe – C

Координати точок діаграми Fe-Fe3C

Точка	t,ºC	%C	Визначення точки
A	1539	0	Температура плавлення заліза
C	1147	4,3	Склад евтектики
D	1260	6,67	Температура плавлення цементиту
E	1147	2,14	Гранична розчинність вуглецю в γ-залізі
G	911	0	Поліморфне перетворення α-заліза в γ-залізо
P	727	0,02	Гранична розчинність вуглецю в α-залізі
S	727	0,8	Евтектоїд не перетворення
Q	20	0,006	Мінімальна розчинність вуглецю в α-залізі

Основні лінії діаграми:

Лінія ABCD – лінія ліквідус. Вище цієї лінії всі сплави знаходяться в рідкому стані.

Лі*нія AHJECF – лінія солідус.* Нижче цієї лінії всі сплави знаходяться в твердому стані.

Лінії поліморфного перетворення:

Вуглець, розчиняючись в поліморфній модифікації α-заліза знижує температуру поліморфного перетворення від 911°С до 727°С.

GS і GP – лінії нижнього поліморфного перетворення.

HN, JN – лінії верхнього поліморфного перетворення.

Лінії змінного розчинення вуглецю в поліморфних модифікаціях:

ES – max 2,14% С min 0,8% С;

GP – max 0,02% С min 0,006% С.

Критичними точками називаються температури, за яких відбуваються фазові та структурні перетворення в сплавах системи "Fe-Fe_3C". Позначаються буквою А (arret – зупинка (фран.).

A_0 – цементит переходить з феромагнітного стану в парамагнітний;

A_1 – знаходяться на лінії PSK, при температурі 727°С аустеніт розпадається з утворенням перліту;

A_2 – знаходяться на лінії MO, при температурі 768°С залізо із феромагнітного стану переходить в парамагнітний;

A_3 – знаходяться на лінії GS, відбувається перетворення аустеніту в ферит;

A_{cm} – знаходяться на лінії SE, початок виділення цементиту вторинного.

При нагріві через тепловий гістерезис добавляють букву с (A_{C1}, A_{C3}), при охолодженні r (A_{r1}, A_{r3}).

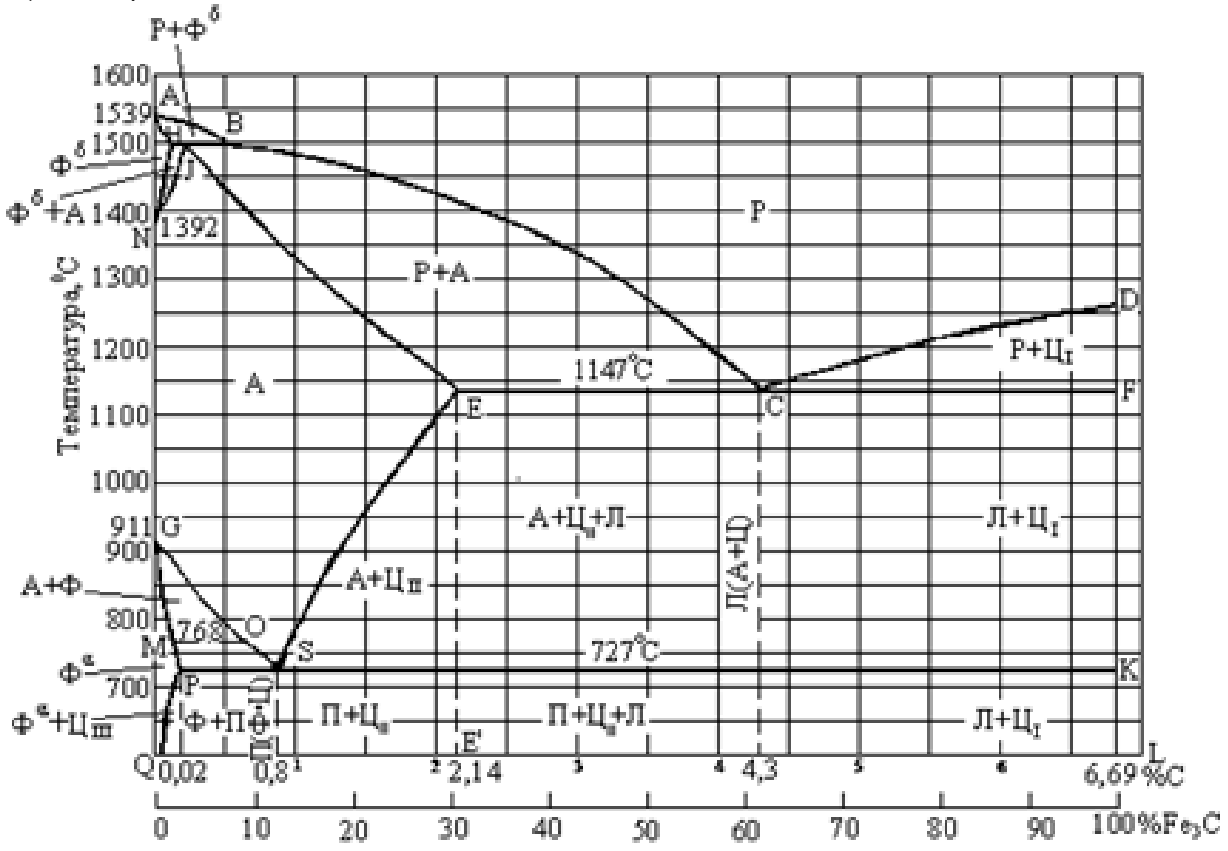

Рис. Діаграма стану залізо – цементит

Структурні складові діаграми Fe – C

Структурними складовими називають частину системи, що містить дві і більше фаз.

В системі Fe-Fe_3C розрізняють такі структурні складові.

П **(перліт)** – евтектоїдна механічна суміш, яка складається з дрібних різних за розміром пластинок цементиту в феритній основі. Вміст вуглецю становить 0,8%. Утворюється при розпаді аустеніту визначеного складу при температурі 727°С. Структура має перламутровий блиск.

Л **(ледебурит)** – евтектична механічна суміш цементиту і аустеніту, містить 4,3% вуглецю. При температурі вище 727°С і нижче 1147°С ледебурит називають високотемпературним, він складається з аустеніту і цементиту $Ц_I$ і позначається як $Л^В$. При

температурі нижчій 727°С ледебурит називають низькотемпературним, він складається з перліту і цементиту і позначається як $Л^{Н}$.

Нонваріантні перетворення залізовуглецевих сплавів

Три горизонтальні ліній на діаграмі (HJB, ECF, PSK) вказують на наявність трьох нон варіантних перетворень.

Лінії ізотермічного перетворення:

По лінії JHB при 1499°С відбувається перитектичне перетворення 9рідина взаємодіє з кристалами $Ф_{\delta}$ з утворенням аустеніту):

$$L_{0,5\%C} + Ф^{\delta}_{0,1\%C} \rightarrow A_{0,16}$$

Ця реакція властива тільки сплавам з вмістом вуглецю 0,1…0,5%.

По лінії ECF при температурі1147°С відбувається евтектичне перетворення

$$L_{4.3\%C} \rightarrow Л^{В} = А + Ц_{I}$$

Евтектична механічна суміш аустеніту і цементиту названа ледебуритом. Таке перетворення властиве всім сплавам з вмістом вуглецю понад 2,14%

По лінії PSK відбувається при температурі 727°С евтектоїдне перетворення

$$A_{0,8\%C} \rightarrow П = Ф + Ц$$

Евтектоїдну механічну суміш фериту та цементиту назвали перлітом. Це перетворення властиве усім сплавам з вмістом вуглецю понад 0,02%.