

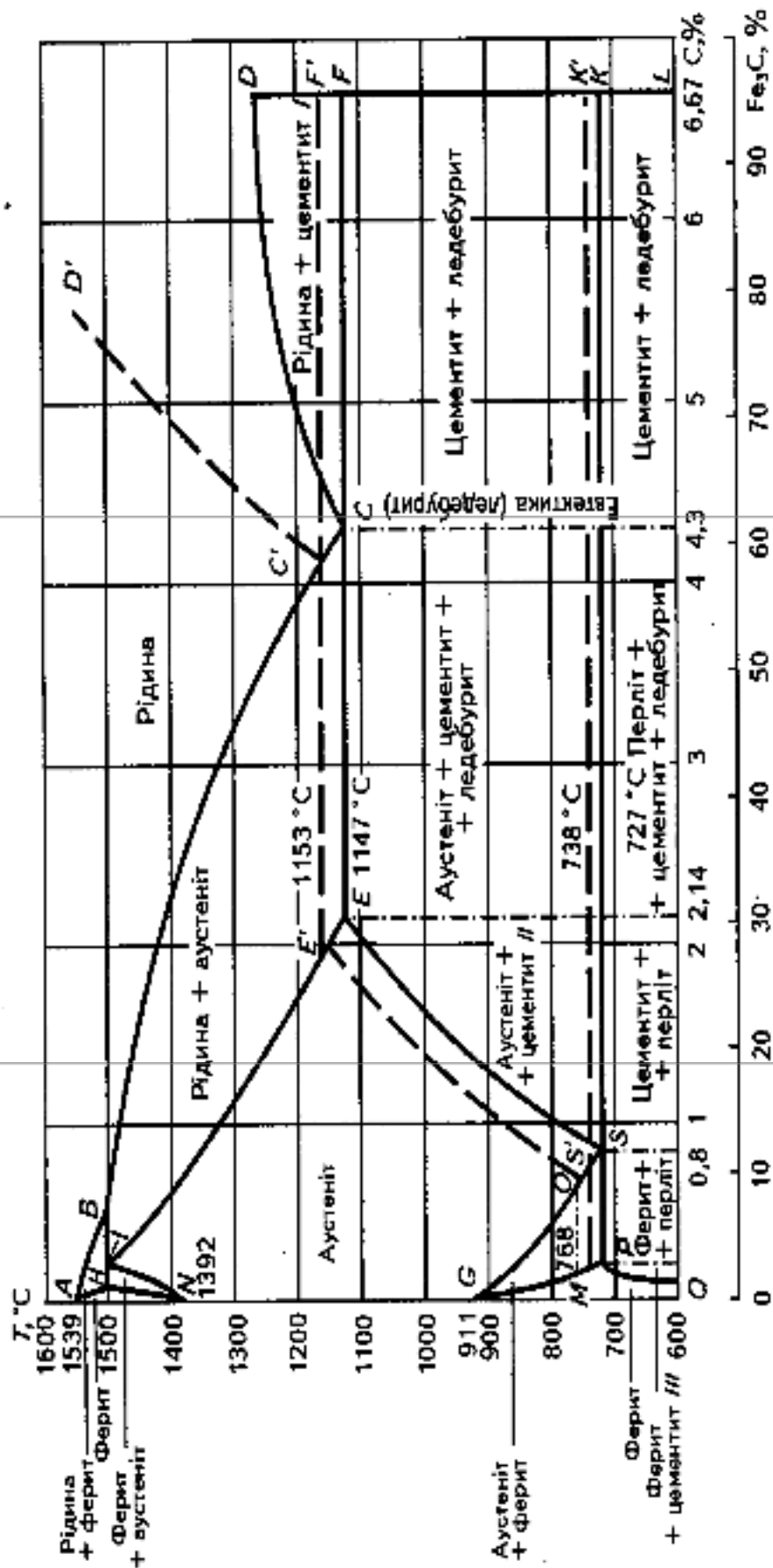
ЧАВУНИ ТА СТАЛІ.

1. ДІАГРАМА СТАНУ СИСТЕМИ ЗАЛІЗО-ВУГЛЕЦЬ.

Залежно від вмісту вуглецю залізовуглецеві сплави поділяють на сталі (до 2 % C) і чавуни (більше 2 %). Діаграма стану системи Fe-C графічно зображує фазовий стан залізовуглецевих сплавів залежно від вмісту вуглецю та температури за умови дуже повільного їх охолодження або нагрівання. Основою для побудови такої діаграми (рис.5.1) є дослідження Д.К. Чернова, пов'язані з відкриттям критичних температур (точок), що залежать від вмісту вуглецю у сплаві, а також уявлень щодо закономірності зміни при певних температурах структурного стану і властивостей залізовуглецевих сплавів. Діаграму Fe-C використовують для термічної обробки сталей і чавунів.

Діаграма Fe-C показана лише для інтервалу концентрації вуглецю від 0 до 6,67 %, тобто до утворення хімічної сполуки Fe_3C (цементит). Лише ця частина має практичне значення, оскільки сплави з більш високим вмістом вуглецю дуже крихкі. По осі абсцис на діаграмі показано концентрацію вуглецю в масових частках (мас. %), а по осі ординат – температуру в градусах Цельсія (Т, °C). Якщо розглядати Fe_3C як компонент, то для переводу концентрації вуглецю в концентрацію цементиту вміст вуглецю слід помножити на 15.

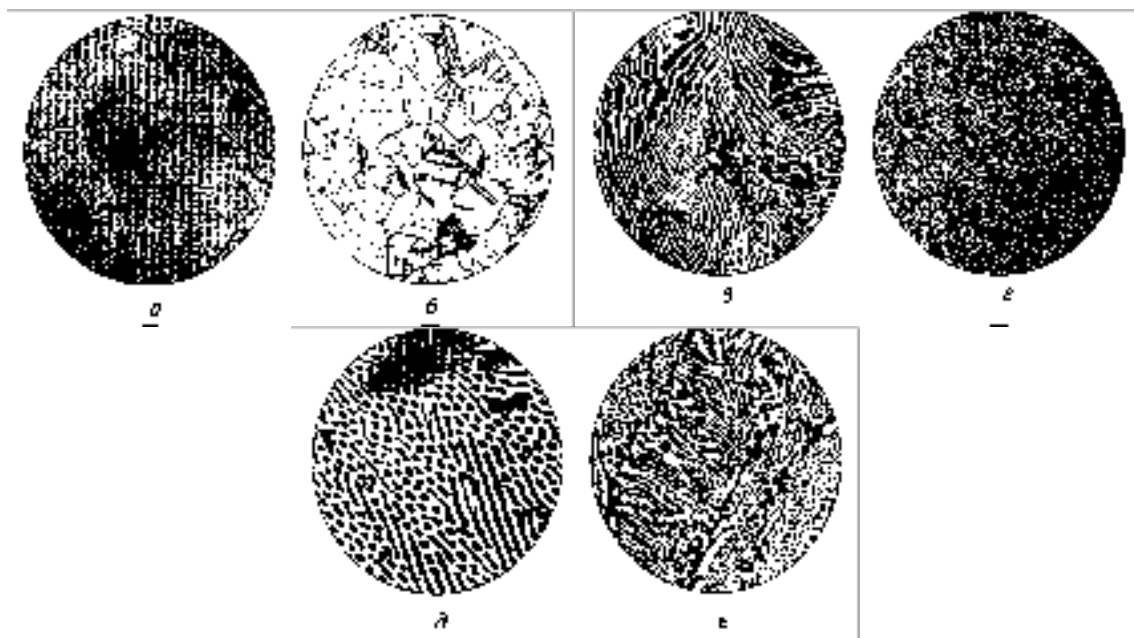
При охолодженні залізовуглецевих сплавів вуглець може не тільки хімічно взаємодіяти з залізом, утворюючи Fe_3C , але й виділятися у вільному стані у вигляді графіту. Тому розрізняють дві діаграми стану: залізо-цементит (Fe - Fe_3C) і залізо – графіт (Fe – C).



На діаграмі перша зображена суцільними лініями, друга – штриховими. Оскільки цементит за певних умов розпадається з утворенням вільного вуглецю

(графіту), то діаграму в системі Fe - Fe₃C називають нестабільною (метастабільною), а у системі Fe –C – стабільною.

Основними фазами залізовуглецевих сплавів є рідкі та тверді розчини вуглецю у залізі, цементит та графіт (рис.5.2). У розплаві заліза при температурі 1147 оС розчиняється до 4,3 % вуглецю. У твердих розчинах заліза (ферит, аустеніт) розчинність вуглецю значно менша.



Мікроструктури залізовуглецевих сплавів: а – ферит, x200; б – поліедри аустеніту, x100; в – перліт пластинчастий, x200; г – перліт зернистий, x200; д, е - ледебурит, x350

Твердий розчин вуглецю на основі об'ємноцентрованої кубічної ґратки (ОЦК) заліза називають феритом (Ф). Високотемпературний δ -ферит містить максимальну кількість вуглецю – 0,1 %. У низькотемпературному α -фериті максимальна розчинність вуглецю становить 0,025 % при 727 С_о, а при зниженні температури зменшується практично до нуля. Ферит м'який (80...100 НВ), пластичний, нижче 768 С_о магнітний.

Твердий розчин втілення вуглецю на основі гранецентрованої кубічної ґратки (ГЦК) γ -заліза називають аустенітом (А). Розчинність вуглецю в γ -залізі при зростанні температури підвищується і досягає максимуму (2,14 % С) при 1147 С_о. Аустеніт пластичний, немагнітний, твердість його 170 НВ.

Хімічна сполука, яка утворюється в залізовуглецевих сплавах, карбід заліза Fe₃C, має назву цементит (Ц). Це найбільш тверда (780 НВ) і крихка фаза в системі залізо – вуглець, нижче 217 С_о магнітна. Цементит містить 6,68 % С, має складну орторомбічну кристалічну ґратку з 12 атомами заліза і 4 атомами вуглецю, температура плавлення становить близько 1600 С_о.

Евтектоїдна (механічна) суміш фериту та цементиту, яка утворюється при 727 C_0 і вмісті вуглецю 0,8 %, має назву перліт (П). Залежно від будови перліту змінюються і його властивості. Так, пластинчастий перліт біль твердий, крихкий та міцніший за зернистий (160...230 НВ; $\sigma_B = 600...800$ МПа; $\delta = 15...20$ %).

Евтектичну суміш аустеніту і цементиту (вище 727 C_0) або перліту і цементиту (нижче 727 C_0) називають ледебурит (Л). Він утворюється при вмісті вуглецю 4,3 % за температури 1147 C_0 , твердий (800 НВ) і крихкий. Це – структурна складова білих чавунів.

У промислових чавунах основною структурною складовою є графіт. Це одна з поліморфних модифікацій (різновидів) структурно вільного вуглецю з гексагональною кристалічною ґраткою. Твердість і міцність графіту низькі. У сірих чавунах він має вигляд пластин різної форми і розмірів, у ковкому – форму пластівців, у високоміцному – кулясту форму.

Лінії діаграми стану системи Fe - Fe₃C (див. рис.) показу- ють (визначають), за яких температур в залізовуглецевих сплавах відбуваються перетворення. Лінія ABCD, що об'єднує точки початку кристалізації розплавів з різним вмістом вуглецю, називається лінією ліквідусу. Лінія ANIECF, що відповідає точкам закінчення кристалізації, називається лінією солідусу. GOS – лінія верхньої границі області рівноваги α - і γ -фаз. При охолодженні по цій лінії починається виділення α -фази (при нагріванні - γ -фази). SE – лінія початку перетворення аустеніту з утворенням цементиту при охолодженні (критичні точки A_{rm}), при нагріванні сплаву критичні точки A_{cm} . PQ – лінія початку виділення цементиту (третинного) при охолодженні або розчинення третинного цементиту при нагріванні.

Однофазні області δ -фериту, α -фериту та аустеніту обмежені відповідно лініями AHN, GPQ і NIESG. Лінія HIB при перитектичній температурі 1499 C_0 характеризується наявністю трьох фаз: δ -фериту, аустеніту і рідини (розплаву). Сплави по лінії ECF, що відповідає евтектичній температурі 1147 C_0 , складаються з рідини, аустеніту і цементиту. Сплави на лінії PSK, яка відповідає евтектоїд ній температурі 727 C_0 , складаються з аустеніту, фериту і цементиту. При температурах 768 C_0 (лінія МО для сталі) і 210 C_0 (для чавуну) спостерігається магнітне перетворення відповідно фериту і цементиту.

Характерні точки на діаграмі відповідають певним температурам і концентраціям вуглецю (мас. %).

Точка А відповідає температурі плавлення (або тверднення) чистого заліза (1539 C_0). Точка В вказує на вміст вуглецю (0,5 %) у рідкій фазі при перитектичній температурі (1499 C_0). Точка Н відповідає граничній кількості вуглецю (0,1 %) у δ -фазі при перитектичній температурі. Точка І вказує на вміст вуглецю (0,16 %) в аустеніті, який перебуває в рівновазі з δ -фазою і рідиною при перитектичній температурі. Точка С вказує на вміст

вуглецю (4,3 %) у рідкій фазі в стані рівноваги з аустенітом при евтектичній температурі (1147 °C). Точка E відповідає 2,14 % C в аустеніті, що перебуває в рівновазі з цементитом при евтектичній температурі. Точка S відповідає 0,8 % C в аустеніті, який перебуває в рівновазі з перлітом (ферит+цементит) при евтектоїдній температурі (727°C). Точка P відповідає 0,02 % C – граничній кількості вуглецю, розчиненого у фериті, що перебуває у рівновазі з аустенітом і цементитом при евтектоїдній температурі.

2. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ СТАЛЕЙ.

Залежно від вмісту вуглецю сталі поділяють у відповідності з діаграмою стану на доевтектоїдні (від 0,025 % до 0,8 % C), евтектоїдні (0,8 % C) і заевтектоїдні (більше 0,8 % і до 2,14 % C). Відповідно кристалізація сталей може проходити в один, два або три етапи. В температурному інтервалі між лініями HIB та IE кристалізується аустеніт. Подальше формування структури залежить від складу сталі. В евтектоїдній сталі аустеніт залишається стабільним при охолодженні до точки S. При охолодженні відносно цієї точки при постійній температурі відбувається евтектоїдне перетворення. В результаті утворюється структура, що складається з суміші зерен (пластин) α -фериту і цементиту. Таку евтектоїдну суміш називають перлітом.

При охолодженні доевтектоїдної сталі нижче лінії GS аустеніт втрачає стабільність і починається поліморфне перетворення його у ферит. Кристали фериту утворюються переважно на стиках зерен аустеніту і ростуть здебільшого у вигляді рівноважних зерен. Перетворення супроводжується зміною складу аустеніту відповідно лінії GS. При евтектоїдній температурі 727 °C аустеніт завжди набуває евтектоїдної концентрації. При деякому переохолодженні відбувається евтектоїдне перетворення. Таким чином, структура доевтектоїдної сталі буде складатись з фериту та перліту.

У заевтектоїдній сталі нижче лінії ES аустеніт стає пересиченим щодо вуглецю. Надлишковий вуглець виділяється з аустеніту у вигляді вторинного цементиту по границях аустенітних зерен. Під час охолодження в інтервалі температур перетворення аустеніт збіднюється вуглецем відповідно лінії ES. Як і в доевтектоїдній сталі, аустеніт при евтектоїдній температурі матиме евтектоїдну концентрацію вуглецю і при подальшому охолодженні за постійної температури перетвориться на перліт. Структура заевтектоїдної сталі складається з перліту і вторинного цементиту. Перетворення при нагріванні сталей відбувається у зворотньому порядку.

3. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ БІЛИХ ЧАВУНІВ.

У білих чавунах весь надлишковий вуглець перебуває у зв'язаному стані, тобто у вигляді цементиту - Fe_3C . Структура чавуну формується за умов не дуже повільного охолодження розплаву у відповідності з метастабільною діаграмою системи залізо-цементит.

Розглянемо формування структури до евтектичного чавуну. Його кристалізація відбувається у два етапи. В інтервалі температур від лінії ліквідус до солідуса кристалізується аустеніт. При цьому склад рідкої фази змінюється відповідно нахилу лінії ВС діаграми, тобто розплав збагачується вуглецем. При евтектичній температурі концентрація рідкої фази буде відповідно точці С, тобто буде евтектичною. Евтектичний розплав, при деякому переохолодженні відносно евтектичної температури ($1147\text{ }^{\circ}\text{C}$), кристалізується в евтектику, яка складається з суміші аустеніту і цементиту (ледебурит). Провідною фазою під час евтектичної кристалізації є цементит, пластини якого пересікаються гілками аустеніту. По закінченні кристалізації структура чавуну складається з аустеніту та ледебуриту.

При подальшому охолодженні в інтервалі температур від $1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ аустеніт збіднюється вуглецем відповідно до лінії ES діаграми. З нього виділяється вторинний цементит, який може нашаровуватись на цементит ледебуриту, утворювати приграничну сітку або пластини. Здебільшого вторинний цементит у чавуні не є самостійною структурною складовою. При переохолодженні відносно евтектоїдної лінії діаграми аустеніт складу точки S перетворюється на евтектоїд – перліт. Таким чином структура доевтектичного білого чавуну буде складатись з перліту та ледебуриту. Оскільки у ледебуриті аустеніт також перетворився на перліт, такий ледебурит інколи називають видозміненим.

Користуючись діаграмою, неважко визначити, що структура евтектичного чавуну після повного охолодження являє собою ледебурит (видозмінений), а заевтектичного складається з первинного цементиту та ледебуриту.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняються сталь та чавун?
2. Чим відрізняються метастабільна і стабільна діаграми стану системи залізо-вуглець?
3. Які основні фази утворюються в залізовуглецевих сплавах?
4. Що таке критичні точки температури?
5. У якому вигляді знаходиться надлишковий вуглець у білому чавуні?
6. Які характерні точки діаграми стану системи залізо- вуглець вам відомі?
7. На які види поділяють сталі залежно від вмісту вуглецю?
8. Що таке ліквідус, солідус?