Властивості та діаграма стану залізо – вуглець. Структура перетворення при нагріванні

Найважливішими матеріалами в сучасній машинобудівній промисловості є залізовуглецеві сплави: технічне залізо, сталі та чавуни. Основою для вивчення процесів формування їх структури є діаграма стану системи Fe-C .

Залізо – сріблясто-білий метал, який має температуру плавлення 1539 ^{O}C і такі механічні властивості: твердість 80 НВ, границя міцності при розтягуванні 250 МПа, і відносне видовження 45 %. Залізо порівняно з деякими металами є м'яким і пластичним.

Вуглець неметалева хімічна речовина, температура плавлення якої становить 3500 ^{O}C, міцність 20-40 МПа.

У залізовуглецевих сплавах вуглець перебуває у вигляді графіту (в структурі чавунів), або у вигляді хімічної сполуки карбіду заліза Fe_3C із вмістом вуглецю 6,67 %.

Залізо і вуглець при відповідних концентраціях і температурах можуть утворювати механічні суміші, хімічні з'єднання і тверді розчини.

Алотропічне перетворення завжди супроводжується виділенням теплоти при охолодженні й поглинанням теплоти при нагріванні.

У твердому стані залізо може перебувати у двох модифікаціях – обємоцентрична кубічна ґратка і гранецентрична кубічна ґратка.

Зміна будови кристалічної ґратки заліза зумовлює зміну деяких його властивостей. Наприклад, у Fe_α (α - залізо) майже

не розчиняється вуглець, а у Fe_{γ} (γ залізо) розчиняється до 2,14 % за температури 1147 ^{O}C.

Діаграма стану залізо — цементит та перетворення структурних складових залізовуглецевих сплавів.



Рис. 2.22. Діаграма стану залізовуглецевих сплавів стану Fe — Fe_3C

Діаграму побудовано для системи залізо — цементит (Fe — Fe_3C). По осі абсцис відкладено вміст вуглецю у сплаві (у відсотках). Крайня ліва точка відповідає чистому залізу (0 % С), а крайня права точка — чистому цементиту (6,67 % С). Сплави з вмістом вуглецю, більшим за 6,67 %, на діаграмі не позначаються, бо вони не мають практичного значення.

По осі ординат відкладено температури, причому інтервал їх такий, що в ньому вкладаються всі внутрішні перетворення в залізовуглецевих сплавах: найвищою температурою на правій ординаті є температура плавлення чистого цементиту (1550 °С); на лівій ординаті -температура плавлення заліза (1539 °С).

На діаграмі лінії поділяють її на кілька ділянок, причому на ній зазначено, з яких структурних складових складається сплав на кожній ділянці і за яких температур. Діаграма розділена на

групи сталей і групи чавунів. Межею між ними є вміст вуглецю (2,14 %).

Лінія *ACD,* що є лінією *ліквідусу*, характеризує початок випадання твердих кристалів з рідкого сплаву: по лінії *AC* — кристали твердого розчину вуглецю в у-залізі, по лінії *CD* — хімічна сполука Fe_3C (цементит). Твердий розчин вуглецю в у-залізі називають ауст*енітом* (А). Лінія *AECF,* що є лінією *солідуса,* характеризує сплави в твердому стані. Отже, в проміжку температур між лініями ACD і AECF на ділянці *ACE* — сплав складається з рідкого сплаву (РС) і кристалів аустеніту (А), а на ділянці *DCF* — з рідкого сплаву (РС) і кристалів цементиту (Ц). Цементит, який виділяється по лінії CD, називають *первинним* цементитом.

У точці *С* (після затвердіння) утворюється *евтектика,* що складається з аустеніту і цементиту. Цю евтектику називають *ледебуритом* (Л), вміст вуглецю становить 4,3 %. При температурі 727 °С евтектоїдної концентрації, розпадається з утворенням перліту. Тому ледебурит за нормальної температури складається з перліту і цементиту. Чавун із такою структурою називають *евтектичним* Чавун, який містить вуглецю менше ніж 4,3 %, називають *доевтектичним.* Доевтектичні чавуни за нормальної температури складаються з перліту і ледебуриту. Чавун, який містить вуглецю більш як 4,3 %, називається *заевтектичним.* Він складається з кристалів цементиту і ледебуриту*).* На діаграмі нижче від лінії AECF всі сплави перебувають у твердому стані, але на діаграмі є ще ряд ліній: це означає, що й після затвердіння в сплавах ще відбуваються зміни. Це так, адже твердий розчин вуглецю в

у-залізі, що утворився нижче від лінії *АС* (аустеніт), при подальшому охолодженні сплаву розпадається на складові.

Розпад аустеніту настає, по-перше, тому, що, як видно з діаграми, розчинність вуглецю в у-залізі зменшується зі зниженням температури, а саме: за температури 1147 °С в у-залізі розчиняється 2,14 % вуглецю (точка *Е),* а за температури 727 °С — тільки 0,8 % (точка £); лінія *ЕБ* і зумовлює граничну розчинність вуглецю в у-залізі для різних температур. Отже, по лінії *ЕЗ* у місці критичних точок Ac_m з аустеніту випадає вуглець. Проте вуглець в аустеніті розчинений не у вигляді чистого вуглецю, а у вигляді цементиту, тому він у такому стані й випадає. Цементит, що виділяється з аустеніту по лінії *ES,* називають *вторинним цементитом* ($Ц_{вт}$). По лінії *GS*(геометричному місці точок Ac_3) з аустеніту виділяється *ферит* (Ф) (майже чисте залізо). Отже, в точці й утворюється *евтектика,* що складається з фериту та цементиту і називається *перлітом* (П). На відміну від першої евтектики (ледебуриту), цю евтектику називають *евтектоїдом.* Такий евтектоїд, що складається з суміші фериту і цементиту, називають перлітом.

Із діаграми видно, що перліт має завжди постійний склад (0,8 % вуглецю) і сталу найнижчу температуру перетворення 727 °С (місці критичних точок Ac_1). Сталь, склад якої відповідає точці S (0,8 % С), називається *евтектоїдною* і має структуру чистого перліту*).* Перліт складається з ряду найдрібніших смужок фериту і цементиту, що якнайтісніше змішані між собою.

Сталь із вмістом вуглецю менш як 0,8 % (зліва від точки 5) називається *доевтектоїдною* і має структуру, що складається з перліту і фериту.

Сталь із вмістом більше ніж 0,8 % вуглецю (праворуч від точки S) називається *заевтектоїдною* і має структуру, яка складається з перліту і цементиту. З віддаленням від точки S наявність цементиту збільшується, а з наближенням до точки S у ній більше перліту.

Характеристика структурних складових залізовуглецевих сплавів

Залежно від вмісту вуглецю, температури нагрівання і швидкості охолодження в залізовуглецевих сплавах утворюється шість структурних складових: ферит, перліт, аустеніт, ледебурит, цементит і графіт.

Ферит — твердий розчин вуглецю в а-залізі Просторова ґратка фериту — об'ємоцентричний куб. Ферит дуже м'який і має твердість 80 НВ, високі ударну в'язкість і пластичність. Пластичність фериту залежить від розміру зерна: чим дрібніші зерна, тим вища пластичність.

Перліт — евтектоїдна суміш зерен фериту і цементиту, відповідає повному розпаду твердого розчину аустеніту.

Аустеніт — твердий розчин вуглецю в у-залізі (з гранецентричною кубічною ґраткою). Найбільший вміст вуглецю в аустеніті за температури 1147 °С становить 2,14%. Зі зниженням температури до 727 °С вміст вуглецю зменшується до 0,8 %. Під мікроскопом аустеніт виявляється у вигляді світлих зерен з характерними подвійними лініями. Він має високу в'язкість, його твердість становить 170...220 НВ.

Ледебурит — евтектична суміш аустеніту і цементиту з вмістом вуглецю 4,3 %. За температури 727 °С аустеніт перетворюється на перліт, тому за температур, нижчих за 727 °С, ледебурит складається з перліту і цементиту. Твердість ледебуриту становить 700 НВ, він дуже крихкий. Ледебурит характерний для структури білих чавунів.

Цементит — хімічна сполука заліза з вуглецем (Fe_3C), вміст вуглецю — 6,67 %. Він має високу твердість (800 НВ) і

крихкість, пластичність його майже нульова. Цементит у сталях і чавунах буває у вигляді сітки на межах зерен або у вигляді вкраплень, які мають форму пластинок чи зерен.

У разі повільного нагрівання і витримування за високої температури він розпадається, виділяє вільний вуглець у вигляді графіту.

Графіт — кристалічна видозміна вільного вуглецю. Трапляється в чавунах і сталях після відпалювання. Міцність графіту дуже низька. Під мікроскопом графіт у сірому чавуні має вигляд пластинок різного розміру і форми.

Практичне застосування діаграми залізовуглецевих сплавів має велике значення при визначенні температури плавлення, кристалізації чавунів і сталей та температурних інтервалів для гарячої обробки сталі тиском, а найголовніше — при визначенні температури нагрівання сталі при різних видах термічної обробки.