VAS-KARBON DIAGRAM

A gyakorlati vasötvözeteink mindig tartalmaznak több-kevesebb karbont. Az ipari vasötvözetek mindig tartalmaznak tizedszázaléknyi vagy még kisebb mennyiségben sok egyéb elemet is. A legnagyobb mennyiségben használt vasötvözetek ennek ellenére lényegében Fe-C ötvözeteknek tekinthetők.

A 2.1%-nál kevesebb karbont tartalmazó ötvözeteket acéloknak, míg az ennél nagyobb karbontartalmúakat pedig öntöttvasaknak nevezzük.

1. A rendszer leírásához szükséges alapvető fogalmak

Rendszer:

A környezetétől fizikailag leválasztott anyagrész.
Jelen esetben a rendszer tömege állandó, összetétele és hőmérséklete változhat.

Rendszer állapota:

Hány és milyen halmazállapotú fázist tartalmaz a rendszer, a fázisoknak milyen a koncentrációja és egymáshoz viszonyított mennyisége (tömeg aránya).

Állapothatározók:

Azon fizikai paraméterek melyek a rendszer állapotát meghatározzák. Ezek: a hőmérséklet, a nyomás, a rendszert alkotó kémiai elemek koncentrációja, valamint a térfogat. Kondenzált rendszerekben az első három hatását vizsgálják.

Fázis:

A rendszer egy fizikai határfelülettel elválasztott része, amelyre jellemző, hogy a fázis határán belül semmilyen tulajdonság sem változhat ugrásszerűen, folyamatosan azonban bármelyik tulajdonság változhat. A rendszer lehet, egyfázisú (homogén), vagy többfázisú (heterogén). A szilárd fázisok szemcsékből állnak, melyeket szemcsehatárok választanak el egymástól. A fázisok mennyiségét (tömeg hányadát) adott hőmérsékleten fázismennyiség diagramokban szemléltetjük.

Szövetelem:

Egy adott fázisátalakulási folyamatban keletkező fázisok összege. A szövetelemek lehetnek egy vagy több fázisúak (homogének, illetve heterogének). A szövetelemek mennyiségét (tömeg hányadát) mindig adott folyamat befejező hőmérsékletén állapítjuk meg, a fázisátalakulási diagramok ezeket az adatokat tartalmazzák. Következésképpen a szövetelem mennyiség diagram egyes pontjai különböző hőmérsékletekhez tartozhatnak. A fénymikroszkóp vizsgálat során (annak nem túl nagy felbontóképessége miatt) többnyire a szövetelemeket látjuk, míg a szövetelemeket tartalmazó fázisokat (ha a szövetelem heterogén) gyakran nem.

Alkotó vagy komponens:

Kémiai elemek, melyekről a rendszer felépül. Lehet egy kémiai elemet tartalmazó, azaz egyalkotós, vagy két, illetve több kémiai elemet tartalmazó, azaz többalkotós a rendszer.

Koncentráció:

A rendszerben (illetve a fázisokban) levő kémiai elemek arányát az elemek koncentrációjával adjuk meg. A gyakorlatban kétféle koncentrációt használunk, tömeg-, illetve az atomszázalékot. (Mivel a tömegszázalék értékét tekintve azonos a súlyszázalékkal, és a gyakorlatban súlyt mérünk, ezért súlyszázalékot is használják.)

Gibbs-féle fázisszabály (fázistörvény):

A Gibbs által levezett fázisszabály összefüggést állapított meg a rendszerben levő, egymással egyensúlyt tartó fázis száma (F), az alkotók (komponensek, esetünkben mindig a szín elemek) száma (K) és a szabadon megváltoztatható állapothatározók száma (szabadsági fok, SZ) között.

$$F+SZ=K+2$$

Szabadon megváltoztatható egy állapothatározó akkor, ha megváltoztatása (csökkenése vagy növekedése) hatására a rendszerben levő, egymással egyensúlyt tartó fázisok száma nem változik.

Ha a nyomás állandó, vagy hatása állandó (a csak kondenzált fázisokat tartalmazó rendszerek esetén a gyakorlatban a hatás elhanyagolható) akkor egy szabadsági fokot "elveszíthetünk", így a fázisszabály az alábbiakra módosul.

$$F+SZ=K+1$$

Ha a szabadsági fok egy rendszerben nulla, akkor olyan (nonvariáns) folyamattal van dolgunk, amely állandó hőmérsékleten és nyomáson megy végbe (itt kezdődik és fejeződik be), miközben a fázisok koncentrációja sem változhat. Változik viszont a folyamat során a fázisok tömeghányada, azaz az adott állapothatározok mellett nem számíthatók ki a fázisok tömeghányadainak aktuális értékei. Ahhoz, hogy a tömeghányadok számíthatók legyenek, a rendszernek legalább egy szabadsági fokkal rendelkeznie kell (SZ=1).

2. A Heyn-Charpy féle kettős diagram (iker-diagram) legfontosabb jellegzetességei:

A vas-karbon ötvözetek egyensúlyi kristályosodását az 1. ábrán látható Heyn-Charpy-féle kettős diagramon tanulmányozhatjuk. Ez az alapvető diagram alakját tekintve ma is érvényes, bár a kidolgozása óta eltelt időben egyes pontjainak koordinátáit (összetétel és hőmérséklet adatait) a mérési módszerek és a műszerek tökéletesedésének eredményeként többször módosították.

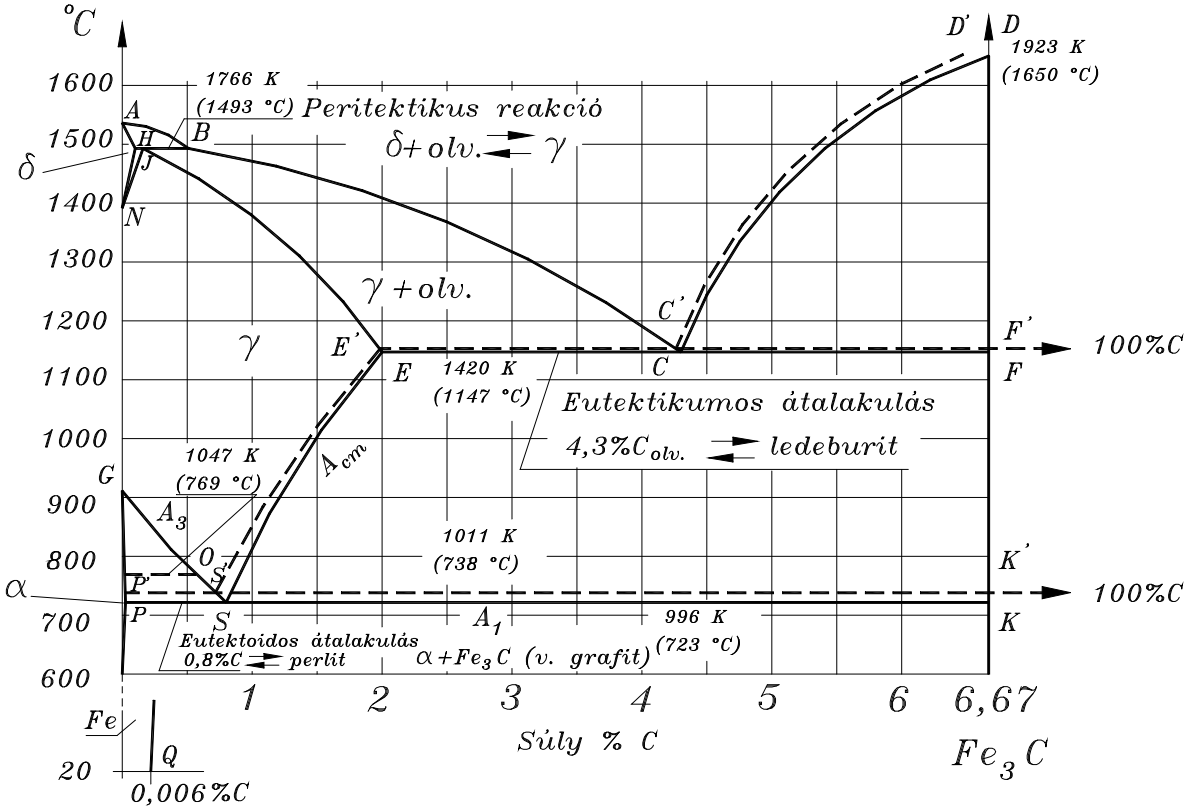
A diagram tulajdonképpen egy egyensúlyi kristályosodásra (ún. stabilis kristályosodásra) és egy kvázi-egyensúlyi kristályosodásra (ún. metastabilis kristályosodásra)

vonatkozó kettős-diagram. Ez a kettősség elsődlegesen a karbon vasötvözetekben való előfordulásának módjaival függ össze. A karbon a vasötvözetekben előfordulhat szabad formában grafitként (C), illetve kémiailag kötött formában vaskarbid (Fe_3C) fémes vegyületként.

Az egyensúlyi állapotot a karbon szabad formában (grafitként) való előfordulása jelenti: ezt tükrözi a stabilis kristályosodásra vonatkozó diagram, amelyet az 1.1. ábrán a szaggatott vonalak jelentenek (ahol a folytonos vonalak mellett szaggatott vonalat nem találunk, ott értelemszerűen a folytonos vonal érvényes a stabilis kristályosodásra is).

A gyakorlatban azonban jóval általánosabb a metastabilis kristályosodás, amikor a karbon szabad grafit formájában nem, csak a vaskarbid elnevezésű fémes vegyületben kémiailag kötött formában van jelen: az erre vonatkozó egyensúlyi diagramot az 1.1. ábra folytonos vonallal megrajzolt része jelenti.

Annak magyarázata, hogy a karbon a vasötvözetekben e kétféle formában fordul elő, a karbid nagyobb és a grafit kisebb kristályosodási képességében rejlik. A gyakorlatban szokásos hűtési viszonyok mellett a kis karbon-tartalmú vasötvözetek (az acélok) minden esetben a metastabilis rendszer szerint kristályosodnak.



1.ábra
Heyn-Charpy-féle kettős

A gyakorlatban a vas-karbon ötvözeteknek csak bizonyos karbon-tartalom intervallumba eső ötvözeteit használjuk: ezzel is indokolható a vas-karbon egyensúlyi diagramnak az a további jellegzetessége, hogy a diagram a karbon mennyiségét csak C=6,687 % értékig tartalmazza. A metastabilis rendszerben ez a karbon-tartalom felel meg az Fe_3C fémes vegyületnek, így a diagram jobboldali határolóvonala nem a 100% C-nál, hanem a 100%

Fe_3C-vaskarbidnál található. A metastabilis kristályosodást jelentő folytonos vonallal jelzett egyensúlyi diagramot ennek megfelelően szokás Fe- Fe_3C rendszernek is nevezni.

A stabilis rendszerben természetesen a diagram jobboldali határoló vonala a 100% C-nál (azaz a tiszta grafitnak megfelelő összetételnél) található, ezért a stabilis rendszert a vas-grafit (Fe-C) rendszernek is nevezzük.

Pont betűjele	Karbontartalom; wt%	Hőmérséklet; °C	Pont betűjele	Karbontartalom; wt%	Hőmérséklet; °C
A	0	1536	K	6,687	723
B	0,51	1493	K'	100	738
C	4,3	1147	L	6,687	20
C'	4,26	1153	L'	100	20
D	6,687	1250	M	0	769
D'	100	N/A	N	0	1392
E	2,06	1147	O	0,512	769
E'	2,03	1153	P	0,025	723
F	6,687	1147	P'	0,02	738
F'	100	1153	Q	0,006	20
G	0	911	S	0,8	723
H	0,1	1493	S'	0,69	738
J	0,16	1493			

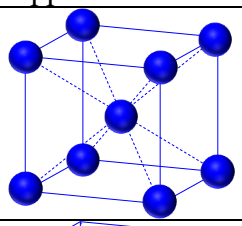
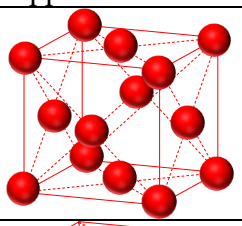
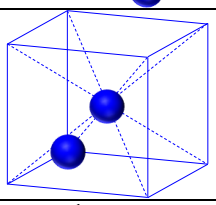
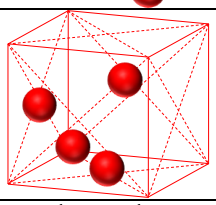
1. táblázat: A diagram nevezetes pontjai

A kristályosodás (dermedés) kezdete: Likvidusz vonalak

A likvidusz három görbeszakaszból áll, amiből az is következik, hogy a rendszerben priméren kristályosodó fázisok száma három. E fázisok a stabilis és a metastabilis rendszerben részben azonosak, részben pedig különbözőek.

	Likviduszág jelölése (pontjai)	Priméren kristályosodó fázis
Metastabil rendszerben	AB	α(δ)-szilárd oldat,
Stabil rendszerben		
Metastabil rendszerben	BC	γ-szilárd oldat,
Stabil rendszerben	BC'	
Metastabil rendszerben	CD	Fe_3C fémes vegyület
Stabil rendszerben	C'D'	Grafit

A rendszer szilárd oldat fázisai

Szilárd oldat jelölése	α illetve α(δ)	γ
Megnevezés	Ferrit illetve δ-ferrit	Ausztenit
Rácstipus	Szabályos térben középpontos kockarács	Szabályos felületen középpontos kockarács
Elemi cella: a kristályrács azon legkisebb része, amely még rendelkezik a teljes rácsszerkezet tulajdonságaival, szimmetriaviszonyaival.		
Rácselem: azt a legkevesebb atomot tartalmazó atomcsoport, amelynek transzlációjával a rács hiány és átfedés nélkül előállítható.		
A rácselemhez (elemi cellához tartozó atomok száma	$8\cdot\frac{1}{8}+1=2$	$8\cdot\frac{1}{8}+6\cdot\frac{1}{2}=4$
Rácsparamétere:	(1) egyenlet	(2) egyenlet

Megjegyzések:

Általában a szakirodalmak legtöbbje a ferrit esetében azzal az egyszerűsítéssel élnek, hogy a ferritet karbonmentesnek tekintik, így a ferrit rácsparamétere nem függ a karbontartalomtól, csak a hőmérséklettől. A ferrit rácsparaméterére a (1) egyenletben megadott formula a leggyakoribb.

$$a_\alpha = 0{,}28863 \cdot \left(1 + 17{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot [T - 800]\right) \qquad (1)$$

Az ausztenit hőtágulása a hőmérséklet függvényében lineárisnak vehető. A karbon, mint intersztíciós ötvözőelem (valamint a szubsztitúciós ötvözőelemek különböző mértékben torzítják az ausztenit rácsot). A karbontartalom függvényében tehát növekszik a rácsparaméter értéke. A hőtágulási együttható karbontartalomtól való függését lineárisnak veszik. Ezek alapján az ausztenit rácsparaméterének (a_γ) a hőmérséklettől (T, Kelvinben számolva) és a karbontartalomtól (atomtörtben kifejezve, χ_C^γ) függésének leírására a (2) egyenletet használják leggyakrabban a szakirodalmak:

$$a_\gamma = \left(0{,}36306 + 0{,}078 \cdot \chi_C^\gamma\right) \cdot \left\{1 + \left(24{,}9 - 50 \cdot \chi_C^\gamma\right) \cdot 10^{-6} \cdot [T - 1000]\right\} \qquad (2)$$

Nonvariáns reakciók és szövetelemei

Az ötvözetrendszerben három nonvariáns reakció játszódik le: peritektikus, eutektikus és eutektoidos, az alábbiak szerint:

Reakció neve	Karbontartalom (jelölés)	Hőmérséklet °C	Rdsz. típus	Reakció	Szövetelem név
Peritektikus	0,1-0,51% (HB szakasz)	1493	Ms St	$\alpha(\delta)_H + olv_B \leftrightarrows \gamma_J$	
Eutektikus	2,06-6,687% (EF szakasz)	1147	Ms	$olv_C \leftrightarrows \gamma_E + Fe_3C$	ledeburit
	2,03-100% (E'F' szakasz)	1153	St	$olv_{C'} \leftrightarrows \gamma_{E'} + Gr$	grafit-eutektikum
Eutektoidos	0,025-6,687% (PK szakasz)	723	Ms	$\gamma_S \leftrightarrows \alpha_P + Fe_3C$	perlit
	0,02-100% (P'K' szakasz)	738	St	$\gamma_{S'} \leftrightarrows \alpha_{P'} + Gr$	grafit-eutektoid

Monovariáns reakciók és szövetelemei

Az ötvözetrendszerben három további – bizonyos tulajdonságaik kapcsán együtt tárgyalandó univariáns reakció játszódik le, ezek a cementit, illetve a grafit kiválásokkal kapcsolatosak.

Reakció neve	Karbontartalom (jelölés)	Hőmérséklet °C	Rdsz. típus	Reakció	Szövetelem név
Cementit kristályosodása	4,3-6,687% (CD vonal)	1147-max 1250	Ms	$olv \leftrightarrows I.\text{-}Fe_3C$	primer cementit
Grafit kristályosodása	4,26-100% (C'D' vonal)	1153-	St	$olv \leftrightarrows I.\text{-}Gr$	primer grafit
Cementit kiválása az ausztenitből	0,8-6,687% (ES vonal)	723-1147	Ms	$\gamma \leftrightarrows II.\text{-}Fe_3C$	szekunder cementit
Grafit kiválása az ausztenitből	0,69-100% (E'S' vonal)	738-1153	St	$\gamma \leftrightarrows II.\text{-}Gr$	szekunder grafit
Cementit kiválása a ferritből	0,006-6,687% (PQ vonal)	20-723	Ms	$\alpha \leftrightarrows III.\text{-}Fe_3C$	tercier cementit
Grafit kiválása a ferritből	0,006-100% (P'Q vonal)	20-738	St		tercier grafit

Az előzőkben összefoglalt általános törvényszerűségek következetes alkalmazása jelentősen megkönnyíti a különböző ötvözetek kristályosodásának elemzését. Amit a fentieken túlmenően, mint alapvető szabályt minden esetben szem előtt kell tartani, hogy míg a metastabilis rendszerben a karbon önálló fázisként sohasem fordulhat elő, csak kémiailag kötött vaskarbid, cementit formájában, ugyanakkor a stabilis rendszerben a karbon önálló fázisként minden esetben grafit formájában van jelen.