

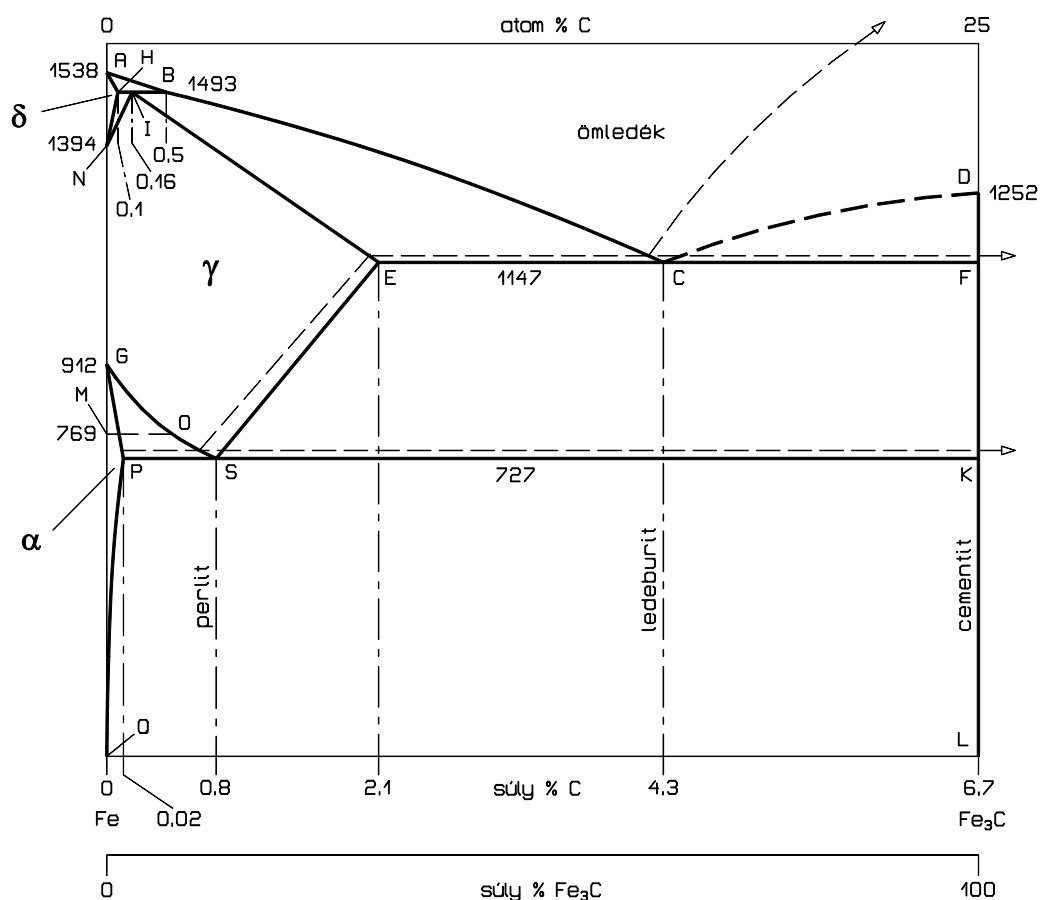
## Fe-C állapotábra

Nagy ipari jelentőségük miatt a Fe–C ötvözetek állapotábrája volt az első, amit a XX. század elején megszerkesztettek. Azóta az anyagszerkezeti ismeretek jelentősen bővültek, a mérőeszközök sokat fejlődtek, így a diagram jelenlegi formája és adatai többszöri változás után alakultak ki. A továbbiakban a *Binary Alloy Phase Diagrams* (ASM Int. 1990) című gyűjteményben számítások és mérések alapján közölt ábrát használjuk. Miután a koncentráció adatok pontossága  $\pm 0,1$  atomszázalék (0,027 tömegszázalék), ezért azokat helyenként kerekítve használjuk.

A vas allotróp módosulatainak karbonoldó képessége korlátozott, a maximális értékek egymástól jelentősen eltérnek. Az a karbon mennyiség, ami szilárd állapotban nincs oldatban, kétféle formában lehet jelen:

- kötött állapotban,  $\text{Fe}_3\text{C}$  (vas-karbid) vegyületben;
- szabad állapotban, tiszta karbon (grafit) alakjában. A karbon csak rendkívül lassú lehűlés során kristályosodik grafit formájában. A kisebb hőmérsékleteken szilárd állapotban végbemenő átalakulások ilyenkor is általában vas-karbidot eredményeznek grafit helyett. A stabilabb állapot a grafit jelenléte.

A vas-karbid kritikus magmérete azonos túlhűtésnél kisebb mint a grafité, így kevésbé lassú lehűlés esetén a karbon már metastabilis vas-karbid formájában kristályosodik. A gyakorlatban a metastabil rendszer állapotábráját alkalmazzák gyakrabban, mert a legtöbb alkalmazásra kerülő Fe–C ötvözet ebbe a rendszerbe tartozik.



0.1. ábra A Fe-C ötvözetek állapotábrája

A 0.1. ábra szokás szerint egyberajzolva tünteti fel a metastabilis karbidrendszer (Fe-Fe<sub>3</sub>C) és a stabilis grafitrendszer (Fe-C) állapotábráját, amit ikerdiagramnak neveznek. A folytonos vonalak a karbidrendszerre vonatkoznak, ahol pedig a grafitrendszer eltér a karbidrendszertől, ezt szaggatott vonal jelöli. A karbidrendszerben 6,7 % karbontartalomnál képződik a Fe<sub>3</sub>C vegyület, amelynél tovább az ábrát meg sem rajzolják, mert a gyakorlatban felhasználható Fe-C ötvözetek karbontartalma ennél feltétlenül kevesebb. A grafitrendszer 100 % karbonig terjed, de megrajzolni ezt sem szokás a fenti értéknél nagyobb karbontartalmakra. A Fe<sub>3</sub>C 25 atomszázalék karbontartalomnál képződő interstíciós szerkezetű vegyület. Olvadáspontja csak körülbelül ismert, ezért a CD likvidusz szakaszt szaggatott vonalakkal szokás megrajzolni. A továbbiakban nagyobb fontossága miatt csak a karbidrendszert részletezzük.

A karbidrendszerre vonatkozó diagram esetében a vas mellett a vas-karbidot tekinthetjük másik alkotóként. Így az ötvözetek kémiai összetétele a 0.1. ábra külön feltüntetett Fe<sub>3</sub>C tartalom skáláján is megadható, és az ötvözetsor Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetrendszernek tekinthető.

### A Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetrendszer

A Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetrendszer fázisait és szövetelemeit külön névvel látták el. A Fe<sub>3</sub>C jelű vas-karbidot cementitnek, a lapközepes köbös térrácsú  $\gamma$  szilárd oldatot ausztenitnek, a térközepes köbös rácsú  $\alpha$  szilárd oldatot ferritnek, a C pontban képződő eutektikumot ledeburitnak, az S pontban képződő eutektoidot pedig perlitnek nevezik. Az ábrán alkalmazott betűjelölések megfelelnek a nemzetközileg használatos jelöléseknek.

A Fe-Fe<sub>3</sub>C állapotábra likvidusza az ABCD vonal, szolidusza az AHIEFD vonal. 1147°C alatt valamennyi, az E és F pontok közé eső összetételű ötvözet tartalmaz ledeburitot.

Szilárd állapotban három egyfázisú, tehát homogén szövetszerkezetű mező található az ábrában:

- A térközepes köbös térrácsú  $\delta$  szilárd oldat (vagy  $\delta$  ferrit) mező az A, H és N pontok között, maximális karbonoldó képessége 0,1 %.
- A lapközepes köbös térrácsú  $\gamma$  szilárd oldat (ausztenit) mező az N, I, E, S és G pontok között, maximális karbonoldó képessége 2,1 %.
- A térközepes köbös térrácsú  $\alpha$  szilárd oldat (ferrit) mező a G, P, Q és a tiszta vas koncentrációvonal között, maximálisan 0,02 % oldott karbontartalommal.

A negyedik lehetséges szilárd fázis a Fe<sub>3</sub>C (cementit), amelynek karbontartalma kötött, 6,7 %. Így ehhez csak egy függőleges vonal tartozik, ami végtelen keskeny mezőnek tekinthető.

A 0.1. ábra bal felső részletét a továbbiakban egyszerűsítve rajzoljuk meg, mert az ott végbemenő átalakulások az ötvözetek kisebb hőmérsékleteken érdekes sajátosságait általában nem befolyásolják. Az így egyszerűsített diagram alkalmazásával a teljes ábra bal felső részén végbemenő átalakulásokat elhanyagoljuk.

Az Fe-Fe<sub>3</sub>C állapotábra ES vonala az ausztenit, a PQ vonal pedig a ferrit karbonoldó képességének a hőmérséklet függvényében bekövetkező változását mutatja. A GOS vonal lehűlésnél a  $\gamma \rightarrow \alpha$  átalakulás megindulásának, felmelegítéskor pedig az  $\alpha \rightarrow \gamma$  átalakulás befejeződésének hőmérsékletét jelenti. A GP vonal lehűtésekor a  $\gamma \rightarrow \alpha$  átalakulás befejeződését, melegítéskor az  $\alpha \rightarrow \gamma$  átalakulás kezdetét jelzi.

Az S pontban az átalakulási vonalak találkozásának jellege hasonló a C pontéhoz, itt eutektoid (perlit) képződik, melynek folyamata hasonló az eutektikum képződéséhez. A különbség abban van, hogy az eutektikumok esetében egy folyékony oldat, az eutektoidok esetében viszont

egy szilárd oldat kettős telítettsége következik be, és ebből alakul ki a réteges szerkezetű kétfázisú szövetelem.

Az S pontnak megfelelő összetételű és hőmérsékletű (0,8 % C és 727°C) ausztenitből állandó hőmérsékleten egyidejűleg válik ki a nagyobb vastartalmú telített ferrit (0,02 % C) és a nagyobb karbon tartalmú cementit (6,7 % C). Az így kialakuló eutektoid (perlit) réteges elrendeződésű, ferritből és cementitből felépülő kétfázisú szövetelem. A perlit képződése közben az egyensúlyt tartó fázisok száma három ( $\gamma + \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ), a szabadsági fokok száma zérus, ezért a hőmérséklet állandó.

Az MO vonal a Curie-hőmérséklet vonala. Melegítéskor a ferrit ezen a hőmérsékleten ferromágnesből paramágnessé válik, lehütéskor pedig fordítva megy végbe a változás.

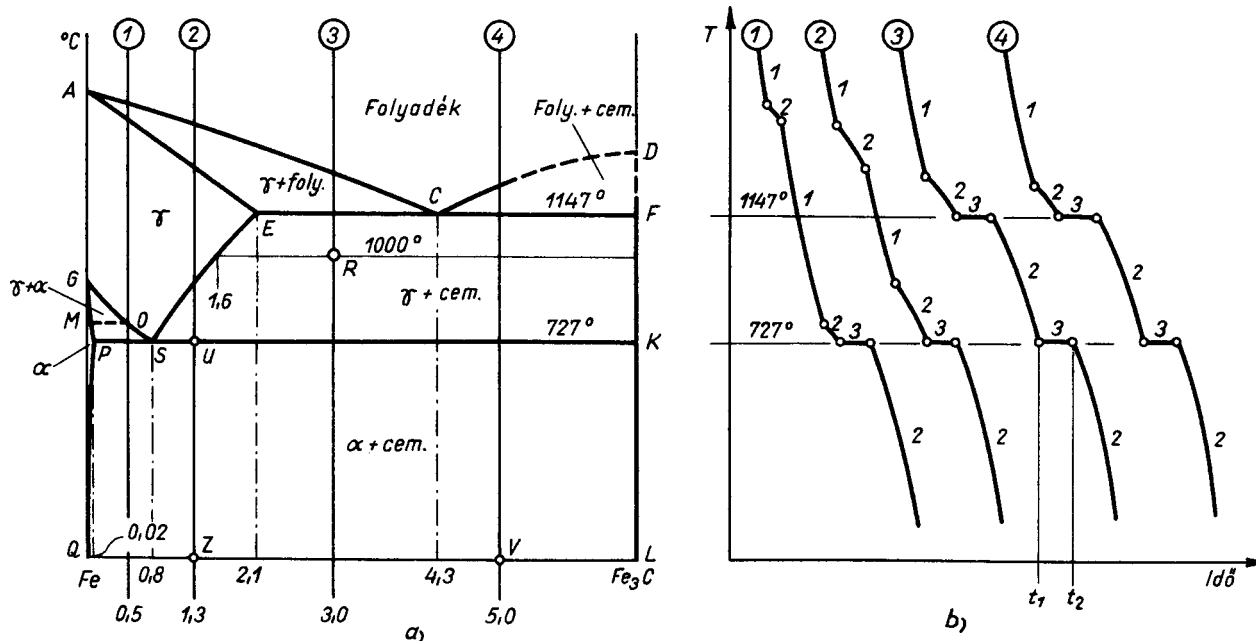
Kövessük végig a 0.2. ábra a) részébe berajzolt összetételű ötvözetek folyadék állapotból történő lehűtését. A lehülési görbéket az ábra b) része mutatja be, a fázisok számával együtt.

Az 1-jelű, 0,5 % C tartalmú ötvözet lehűlésekor az AC vonalig ömledék van jelen. A dermedés ausztenit kiválással kezdődik, és tart az AE vonallal való metszéspont hőmérsékletéig, közben ömledék és ausztenit az egyensúlyt tartó fázisok. A teljes megszilárdult ötvözet ausztenitből áll, amelyben a GOS vonalig történő lehűlés során nincs változás. Ekkor megindul a  $\gamma \rightarrow \alpha$  átalakulás, melynek előrehaladása közben az ausztenit karbon tartalma a GOS vonal mentén nő, és a PS vonal elérésekor (727°C-on) éppen az eutektoid (perlit) összetételével egyezik meg, ez 0,8 % C. Ezzel egyidejűleg a kialakuló ferrit karbon tartalma a GP vonal mentén változik és 727°C-on telítetté válik, mert karbon tartalma eléri a 0,02 %-ot. Az egyensúlyt tartó fázisok az ausztenit és a ferrit. 727°C-on a 0,8 % karbon tartalmú ausztenit perlitté alakul. Amíg ez tart, a fázisok száma három,  $\gamma$ ,  $\alpha$  és  $\text{Fe}_3\text{C}$  tart egyensúlyt. Az ausztenit teljes átalakulása után a további lehűlés során végig két fázis, ferrit és cementit van egyensúlyban, miközben a ferrit csökkenő oldóképessége miatt cementit válik ki. Az így képződött cementitet tercier cementitnek nevezik. Ez a kiválási folyamat a GOS vonal és 727°C között képződött ferritből és a perlitben levő ferritből egyaránt végbe megy. Az előbbiből kivált tercier cementit elvileg újabb szövetelemet alkot a ferrit kristallitok határán, de kis mennyisége miatt fénymikroszkópon általában nem lehet felismerni. A szövetelemek 727°C felett megegyeznek a fázisokkal, alatta pedig ferrit, perlit és tercier cementit alkotja a szövetszerkezetet.

Valamennyi 0,02 és 0,8 % közötti karbon tartalmú ötvözetben minőségileg ugyanazok a folyamatok mennek végbe mint az 1-jelűben, csak az egyes fázisok és szövetelemek mennyisége tér el. Ezeket az ötvözeteket összefoglalóan hipoeutektoidos ötvözeteknek nevezik.

A 2-jelű, 1,3 % C tartalmú ötvözet megdermedése az 1-jelűhöz hasonlóan megy végbe, majd az ES vonal eléréseig nincs változás. Ekkor az ötvözet karbon tartalma éppen megegyezik az ausztenit oldóképességével. Az ES vonal alá hűtve az ausztenit csökkenő oldóképessége miatt cementit válik ki, miközben az ausztenit karbon tartalma 727°C-ra érve az ES vonal mentén szintén 0,8 %-ra csökken, az egyensúlyt tartó fázisok az ausztenit és a cementit. Az ausztenit csökkenő karbonoldó képessége miatt kiváló cementitet mint szövetelemet, szekunder cementitnek nevezik. A 0,8 % C tartalmú és 727°C-os ausztenit az 1-jelű ötvözetnél tárgyalt módon állandó hőmérsékleten perlitté alakul. A további lehűlés során még annyi változás van, hogy a perlitben belül a ferritből cementit válik ki annak csökkenő oldóképessége miatt, amely a perlitben már amúgy is jelen levő cementithez csatlakozva külön szövetelemet nem alkot. 727°C felett a szövetelemek és fázisok azonosak, alatta pedig szekunder cementitből és perlitből áll a szövetszerkezet.

A 2-jelűhöz hasonlóan viselkedő, 0,8–2,1 %-ig terjedő karbon tartalmú ötvözeteket hipereutektoidos ötvözeteknek nevezik.

0.2. ábra Tipikus Fe–Fe<sub>3</sub>C ötvözetek lehülési görbéi

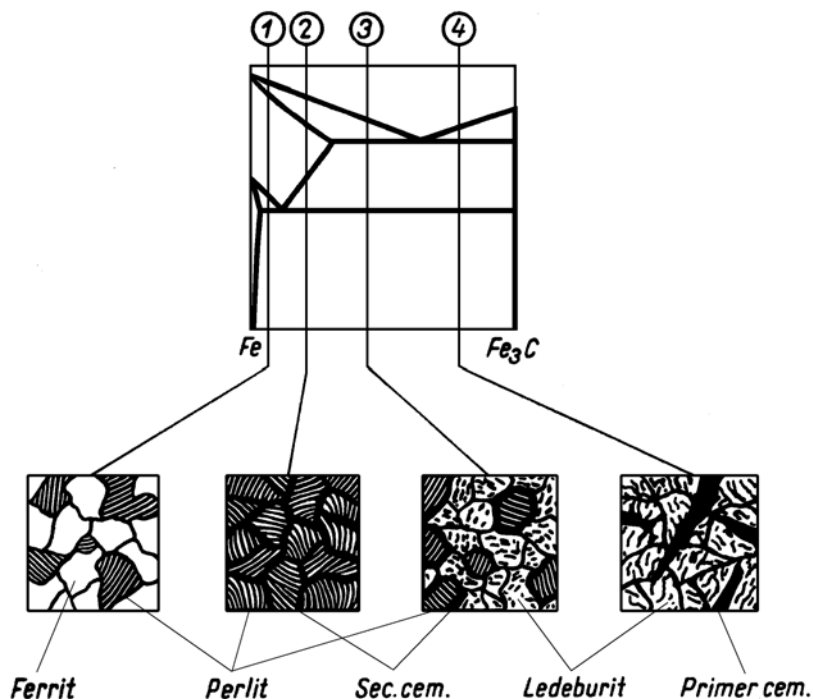
A 3-jelű, 3 % C-tartalmú ötvözet megszilárdulása is ausztenit kiválással indul. Dermedés közben az ömledék karbontartalma az AC vonal, az ausztenité pedig az AE vonal mentén nő. 1147°C-ra hűtve az ömledék éppen eutektikus összetételű lesz 4,3 % karbontartalommal, az ausztenit pedig eléri telített állapotát, a lehetséges maximális 2,1 % C tartalmat. Az ömledék mindkét alkotóra nézve telített, így állandó hőmérsékleten 2,1 % C tartalmú telített ausztenitből és cementitből álló eutektikum (ledeburit) dermed. Közben a három egyensúlyt tartó fázis az ömledék,  $\gamma$  és Fe<sub>3</sub>C. A teljes megdermedéskor a fázisok száma kettőre csökken, a lehülés folytatódhat. Miután az ausztenit 1147°C-on éppen telített, e hőmérséklet elhagyásakor azonnal megindul az oldóképességét meghaladó karbon kiválása szekunder cementit formájában, amely az ausztenit kristallitok határán külön szövetelemként jelenik meg. A ledeburitban levő ausztenitből kiváló cementit csatlakozik az ott már jelenlevő cementithez, így külön szövetelemet nem alkot. 1147 és 727°C között végig ausztenit és cementit az egyensúlyt tartó fázisok, a szövetelemek pedig ausztenit, szekunder cementit és ledeburit. 727°C-ra hűtve valamennyi ausztenit karbontartalma 0,8 %-ra csökken és állandó hőmérsékleten perlitte alakul. A perlit kialakulás befejezése után vizsgálva a szövetelemeket, az ausztenit helyett perlit lesz jelen, a szekunder cementit változatlanul megmarad. A ledeburit összes mennyisége változatlan, de ausztenit abban is perlitte alakul. A további lehülésnél végig ferrit és cementit az egyensúlyt tartó két fázis, miközben valamennyi perlit ferritjéből cementit válik ki, ami külön szövetelemként nem jelenik meg.

A 3-jelűhöz hasonlóan viselkedő, 2,1–4,3 % karbontartalmú ötvözeteket hipoeutektikus ötvözeteknek nevezik.

A 4-jelű, 5 % C-tartalmú ötvözet dermedése a CD likvidusz vonal elérésekor cementit képződéssel kezdődik, és folytatódik az 1147°C-os hőmérsékletig. Az ömledékből képződő cementitet mint szövetelemet primer cementitnek nevezik. A likvidusztól 1147°C-ig tartó lehülés közben az ömledék összetétele a CD vonal mentén 4,3 %-ra csökken (C pont). Az így képződött eutektikus folyadék 1147°C-os állandó hőmérsékleten ledeburittá dermed. 1147°C-tól 727°C-ig az

egyensúlyt tartó fázisok az ausztenit és a cementit, miközben a ledeburitban levő ausztenitből külön szövetelemet nem alkotó cementit válik ki. 727°C-on az ausztenitből perlit lesz, majd tovább hűtve a ferritből kevés cementit válik ki, az egyensúlyt tartó fázisok ismét ferrit és cementit. 1147°C alatt valamennyi változás a ledeburiton belül megy végbe, a szövetelemek végig primer cementit és ledeburit. A ledeburit 727°C felett ausztenitből és cementitből, alatta pedig perlitből és cementitből áll.

A 4-jelűhöz hasonlóan viselkedő 4,3–6,7 %-ig terjedő C-tartalmú ötvözeteket hipereutektikus ötvözeteknek nevezik.

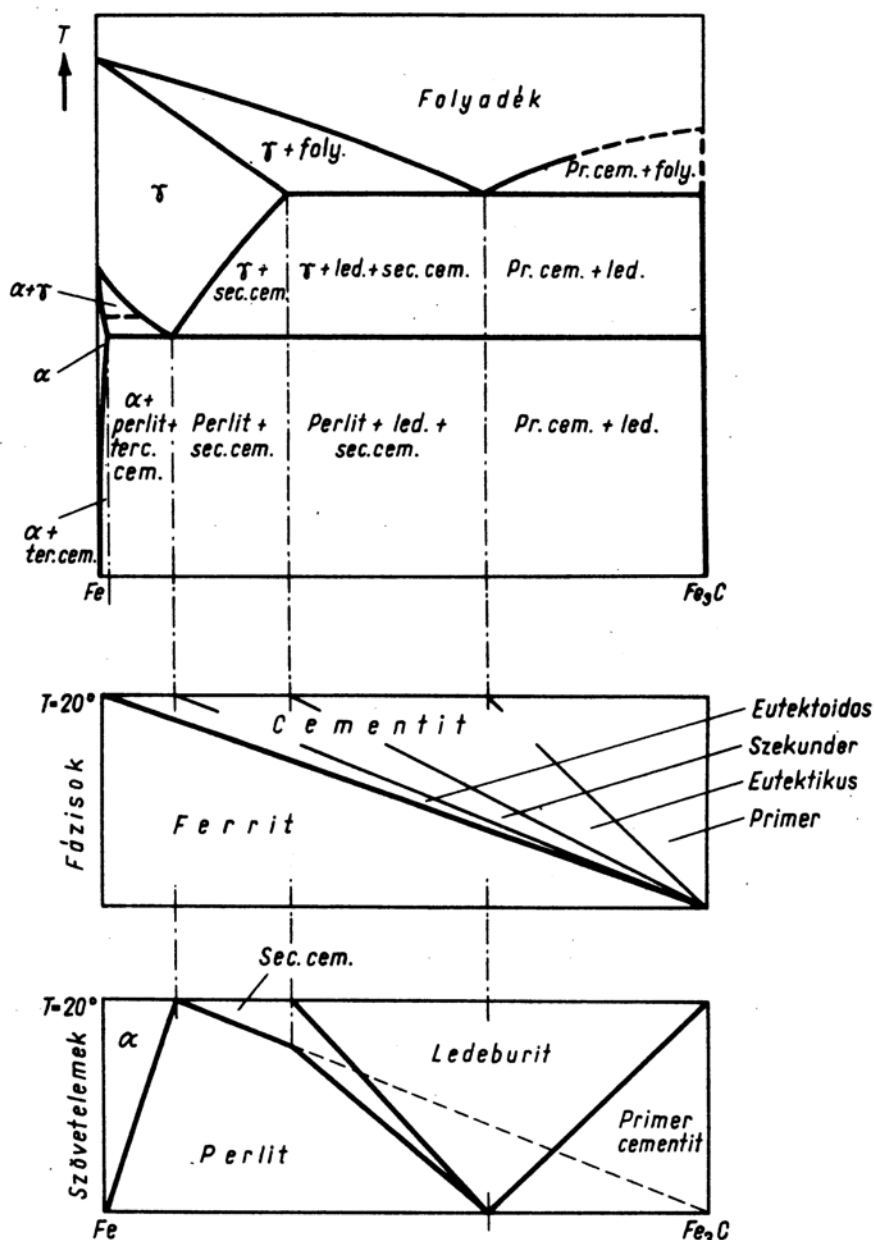


0.3. ábra Tipikus Fe–Fe<sub>3</sub>C ötvözetek szövetszerkezetének vázlata

A 0.2. ábra b) részén megrajzolt hűlésgörbék az egyfázisú szakaszokon exponenciális jellegűek, a kétfázisú szakaszokon pedig sehol sem azok, bár a 727°C alatti görbeszakaszok közel esnek az exponenciálishoz, mert a csekély mennyiségű tercier cementit csak alig okoz eltérést. A háromfázisú szakaszok a zérus szabadsági fok miatt vízszintesek.

A 0.3. ábra az ismertetett négyféle típusú ötvözet szövetszerkezetének vázlatát mutatja be.

A 0.4. ábra a szobahőmérsékletre vonatkozó fázis- és szövetdiagramokat ábrázolja. A fázisdiagramban vékonyabb vonalakkal elhatároltuk az egyes átalakulások során képződött cementit mennyiségeket. Az eutektikus cementit a ledeburitban levő, 1147°C-on képződött cementit, az eutektoidos pedig a perlitben levő, 727°C-on képződött cementit. A szövetdiagramban a szekunder cementit mező az önálló szövetelemként jelen lévő szekunder cementit mennyiségét adja, a ledeburitban lévő, önálló szövetelemet nem alkotó mennyiséget nem tartalmazza. A tercier cementitet egyik diagramban sem ábrázoltuk, mert mennyisége a vonalvastagságok nagyságrendjébe esik. Az egyensúlyi diagramba beírtuk az egyes mezőkhöz tartozó szövetelemeket.

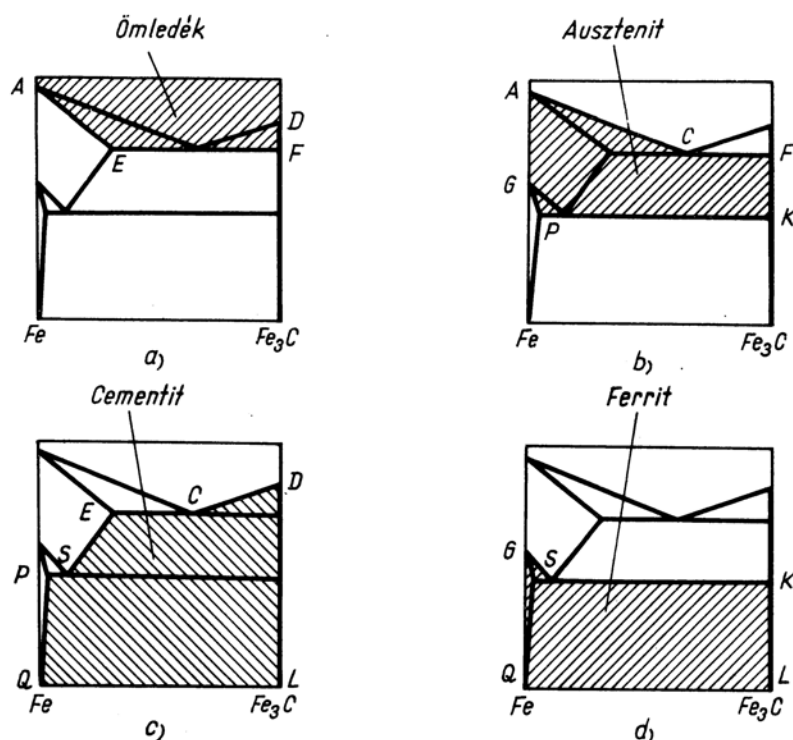


0.4. ábra A Fe–Fe<sub>3</sub>C ötvözetek fázis- és szövetdiagramja szobahőmérsékletre

A teljes Fe–Fe<sub>3</sub>C ötvözetrendszert (karbidrendszer) az egyszerűsített egyensúlyi diagram alapján vizsgálva, fázisként a következők fordulhatnak elő (0.5. ábra):

- ömledék, az AEFD vonal (szolidusz) feletti hőmérsékleteken ( a ) ábra);
- ausztenit, az ACFKPG törtvonal és a hőmérséklet tengely által bezárt területen ( b ) ábra);
- cementit, a DLQPSECD pontokat összekötő vonalak által határolt területen ( c ) ábra);
- ferrit, a GSKLQ törtvonal és a hőmérséklet tengely által bezárt területen ( d ) ábra).

Szövetelemként szilárd állapotban az előbbieken már említett három szilárd halmazállapotú fázis, továbbá ledeburit (eutektikum) és perlit (eutektoid) lehetséges. A primer, szekunder és tercier megkülönböztetés a cementit szövetelemek esetében a képződés körülményeire utal, a primer ömledékből, a szekunder ausztenitből, a tercier ferritből képződik. Mint fázis, valamennyi cementit ugyanaz.



0.5. ábra A Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetekben lehetséges fázisok előfordulási mezői

A következőkben néhány szampéldát oldunk meg a Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetrendszerre vonatkozóan.

#### 1.4 példa

Határozzuk meg a 0.2. ábra a) részén jelölt R, U, S és V pontoknak megfelelő állapotokban, a fázisok mennyiségét.

Az R ponthoz tartozó karbon tartalom 3 %, a hőmérséklet 1000°C. Az auszténit karbon tartalma ezen a hőmérsékleten kb. 1,6 %. Az ötvözetben a cementit mennyiségével az R-től az ES vonalig terjedő kar, az auszténit mennyiségével az R-től 6,7 %-ig terjedő kar arányos. Az 1,6 % karbon tartalmú auszténit mennyisége (x) tehát:

$$x = \frac{6,7 - 3}{6,7 - 1,6} 100 = 72,55 \%,$$

így a cementit mennyisége: 27,45 %.

Az U pontban a t<sub>1</sub> időponthoz tartozó állapotban (0.2. ábra) 0,8 % C-tartalmú auszténit és cementit van jelen. Az auszténit mennyiségével az UK, a cementitével az US kar arányos, így az auszténit mennyisége (x):

$$x = \frac{6,7 - 1,3}{6,7 - 0,8} 100 = 91,53 \%,$$

a cementit mennyisége tehát: 8,47 %.

Az U ponthoz tartozó  $t_2$  időpontban ausztenit már éppen nincs, csak 0,02% C-tartalmú ferrit és cementit. A ferrit mennyiségével az UK, a cementitével az UP kar arányos. A cementit mennyisége (x):

$$x = \frac{1,3 - 0,02}{6,7 - 0,02} 100 = 19,16 \%,$$

a ferrit mennyisége pedig: 80,84 %.

Az S pontban az ausztenit teljes átalakulása után jelen levő perlit ferritből és cementitből áll. A 0,02 % C-tartalmú ferrit mennyiségével az SK, a cementitével az SP szakasz arányos. A ferrit mennyisége:

$$x = \frac{6,7 - 0,8}{6,7 - 0,02} 100 = 88,32 \%,$$

a cementit aránya pedig: 11,68 %. Ugyanez az aránya a 727°C-os ledeburitban lévő perlitet felépítő fázisoknak is.

A V pontban, tehát kb. szobahőmérsékleten a gyakorlatilag 0 % C-tartalmú ferrit mennyiségével a VL, a cementitével a VQ szakasz arányos. A cementit mennyisége (x):

$$x = \frac{5 - 0}{6,7 - 0} 100 = 74,63 \%,$$

ezzel a ferrit aránya: 25,37 %.

### 1.5 példa

Határozzuk meg a szövetelemek mennyiségét a 0.2. ábra Z, V és R pontjainak megfelelő állapotokban.

A Z pontban a szövetelemek perlit és szekunder cementit. A perlit karbontartalma 0,8 %, így a perlit mennyiségével a ZL, a szekunder cementitével pedig a Z-től 0,8 %-ig terjedő szakasz arányos. A perlit mennyisége tehát (x):

$$x = \frac{6,7 - 1,3}{6,7 - 0,8} 100 = 91,53 \%,$$

így a szekunder cementit mennyisége 8,47 %. A kapott adatok számszerűleg megegyeznek az 1.4 példában az U pontra  $t_1$  időpontban számolt fázisaránnyal. Ez természetes, mert az itt szereplő perlit az ott számolt ausztenitből alakult ki, és annak mennyisége a 727°C-ról való lehűlés közben benne végbement tercier cementit kiválás ellenére nem változott.

A V pontban a szövetelemek primer cementit és ledeburit, az utóbbi 4,3 % C-tartalmú. A primer cementit mennyiségével a V-től 4,3 %-ig terjedő szakasz, a ledeburitéval pedig a VL szakasz arányos. A primer cementit mennyisége (x):

$$x = \frac{5 - 4,3}{6,7 - 4,3} 100 = 29,17 \%,$$

így a ledeburit mennyisége: 70,83 %.



Az R pontban három szövetelem, ausztenit, ledeburit és szekunder cementit van jelen, így a feladat a fordított karok szabályának egyszeri alkalmazásával nem oldható meg. Tudjuk viszont, hogy az R pont hőmérsékletén a ledeburit mennyisége megegyezik azzal, amennyi 1147°C-on kialakult. 1147°C-on még nincs szekunder cementit ezért a két szövetelem (ausztenit és ledeburit) mennyisége számítható. A ledeburit mennyiségével a 3 %-tól az E pontig terjedő szakasz, az ausztenittel a 3 %-tól a C pontig terjedő szakasz arányos. A ledeburit mennyisége (x):

$$x = \frac{3 - 2,1}{4,3 - 2,1} 100 = 40,91 \%,$$

A további 59,09 %-nyi mennyiség a szövetelemként jelen levő 2,1 % C-tartalmú telített ausztenit, amelyből 1147°C alá történő hűtés közben válik ki a külön szövetelemet alkotó szekunder cementit, közben együttes mennyiségük változatlan marad. Az 59,09 %-on belül a két szövetelem mennyisége úgy állapítható meg, hogy 2,1 % széntartalmú ötvözetet vizsgálunk, amelynek 59,09 %-os mennyiségét vesszük 100 %-nak. A 2,1 % C-tartalmú telített ausztenitet 1147°C-ról 1000°C-ra hűtve a kivált szekunder cementit mennyiségével a 2,1 %-tól az ES vonalig (1,6 %) terjedő szakasz, a még megmaradt 1,6 % C-tartalmú ausztenittel pedig a 2,1 %-tól 6,7 %-ig terjedő szakasz arányos. A szekunder cementit mennyisége ( $y_1$ ):

$$y_1 = \frac{2,1 - 1,6}{6,7 - 1,6} 100 = 9,8 \%,$$

amely érték azonban az ausztenit és szekunder cementit összesen 59,09 %-nyi mennyiségének százalékában van kifejezve. A szekunder cementit mennyisége a teljes ötvözet mennyiségre vonatkoztatva (y):

$$y = y_1 \frac{59,09}{100} = 9,8 \cdot 0,5909 = 5,79 \%,$$

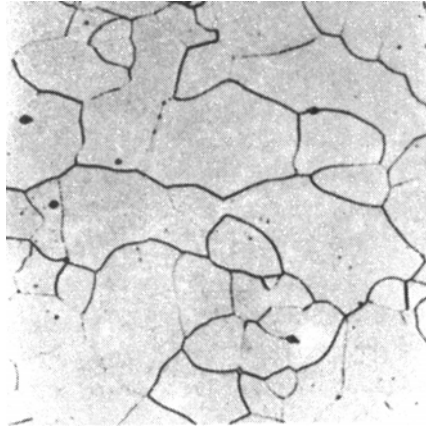
az ausztenit szövetelem mennyisége tehát (z):

$$z = 100 - (x + y) = 100 - (40,91 + 5,79) = 53,3 \% .$$

Az R pontra végrehajtott szövetelemarány számításhoz hasonlóan bármely állapotban bármelyik szövetelem, vagy az azokon belüli arányok egyaránt meghatározhatók a fordított karok szabályának ismételt alkalmazásával, ha figyelemmel kísérjük az ötvözetben végbement átalakulásokat.

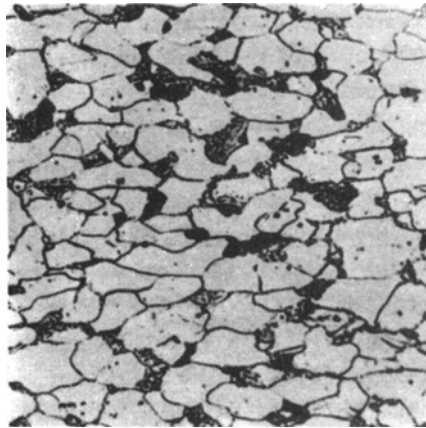
A 0,1÷2,1 % karbontartalmú Fe-C ötvözeteket acéloknak, az ezt meghaladó C-tartalmúakat jellegzetes feldolgozási technológiájuk, az öntés miatt öntöttvasaknak nevezik. A karbidrendszerbeli öntöttvasakat fehéres színű töretük miatt fehér, a grafitrendszerbelieket pedig szürke töretük miatt szürke öntöttvasaknak nevezik.

A következő négy ábrán jellegzetes, közel egyensúlyi állapotú vas-karbon ötvözetek szobahőmérsékleten készült mikroszkópi képe látható.



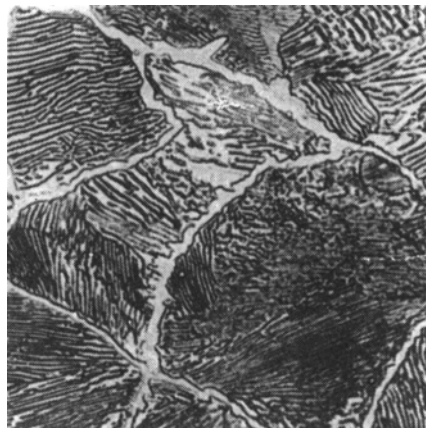
0.6. ábra Ferrit mikroszkópi képe (240-szeres nagyítás)

A 0.6. ábra ferrites szövetszerkezetet mutat be, amely közel tiszta vas. A sötét foltok salakszemcsék, a sötét vonalak a kristályhatárok. Minden kristallit azonos kémiai összetételű, A ilyen szövetszerkezetet homogénnek nevezzük.



0.7. ábra Hipoeutektoidos acél (C = 0,26 %) mikroszkópi képe (N = 240 x)

A 0.7. ábra hipoeutektoidos acél mikroszkópi képe. A világos részek ferritből, a sötét részek perlitből állnak. A ferrites részek névleges C-tartalma kb. 0 %, a perlites kristallitoké 0,8 %. Az adott nagyításban még nem érzékelhető jól, hogy a perlit ferritből és cementitből áll.



0.8. ábra Hipereutektoidos acél (C = 1,21 %) mikroszkópi képe (N = 800 x)

A 0.8. ábra hipereutektoidos acél mikroszkópi képét mutatja, a csíkos részek lemezes perlitből, a hálószerű világos részek szekunder cementitből állnak, az utóbbi C-tartalma 6,7 %. Ezen a képen az alkalmazott nagyobb nagyítás révén már jól megfigyelhető a perlit szerkezete, az, hogy ferrit és cementit lemezekből épül fel.



0.9. ábra Hipereutektikus öntöttvas (C = 5 %) mikroszkópi képe (N = 400 x)

A 0.9. ábra hipereutektikus karbidrendszerbeli öntöttvas mikroszkópi képe. A széles világos sávok primer cementitből, a foltos részek ledeburitból (4,3 % C) állnak. A ledeburit világos részei cementitből, a sötétebb foltok perlitből állnak, amely ezúttal is tovább bontható ferritre és cementitre, amely az adott nagyításban még nem észlelhető.

### A Fe–grafit rendszer

A grafitrendszerre vonatkozó állapotábra vonalai csak ott térnek el a karbidrendszer vonalaitól ahol az utóbbi rendszerre vonatkozó vonal cementit képződéssel kapcsolatos (0.1. ábra, szaggatott vonalak). Az ábra szaggatott vonalai mentén cementit helyett grafit, vagy grafitot tartalmazó szövetelem képződik, a megfelelő karbidos fázis vagy szövetelem képződési hőmérsékleténél valamivel magasabb hőmérsékleten. Az állapotábra jellegzetes pontjainak betűjelzései a grafitrendszerben felső vesszőt kapnak.

A hipereutektikus ötvözetek megdermedése a C'D' likvidusz vonalnál nagyméretű táblás kristályokat képező primer grafitkiválással kezdődik, és ez folytatódik az eutektikus hőmérsékletig (1153°C), miközben az ömledék C-tartalma az eutektikus pontnak megfelelő értékre csökken (4,2 % C). Az eutektikus folyadék 1153°C-os állandó hőmérsékleten grafit-eutektikumává dermed, amely telített ausztenitből és grafitból (100% C) áll. A zérus szabadsági fokot előidéző három fázis: ömledék, ausztenit és grafit. Az eutektikus grafit apróbb, görbült lemezeket alkot. 1153 és 740°C között bármely, az S' pontnál (0,65 % C) több szenet tartalmazó ötvözet ausztenitjéből az E'S' vonal mentén szekunder grafit válik ki az ausztenit csökkenő oldóképessége miatt. Közben az ausztenit karbontartalma 0,65 %-ra (S' pont) csökken.

Az S'-nél kevesebb karbont tartalmazó ötvözetek hűtésekor az ausztenit C-tartalma a GOS' vonal mentén éri el az eutektoidos koncentrációt.

A 740°C-os, 0,65 % karbontartalmú telített ausztenit állandó hőmérsékleten grafit-eutektoiddá alakul, amely a P' pontnak megfelelő C-tartalmú ferritből és grafitból áll. Eközben a három egyensúlyt tartó fázis: ausztenit, grafit és ferrit.

Szobahőmérsékleten tehát a fázisok ferrit és grafit lehetnek, a szövetelemek pedig ferrit, grafit-eutektoid, szekunder grafit, grafit-eutektikum és primer grafit.

Az 1153°C alatt végbemenő grafitképződéssel járó folyamatok túlhűthetőségük miatt rendszerint csak grafitképződést elősegítő harmadik elem (pl. Si) jelenlétében mennek végbe. Erre azért van szükség, mert az ötvözetek néhány °C-os túlhűtésnél már elérik a karbidrendszerre vonatkozó átalakulási hőmérsékleteket és ez esetben már grafit helyett cementit képződik.

A teljes Fe-C ötvözetrendszer nézve, ipari alkalmazásra kis mennyiségű egyéb ötvözőt is tartalmazó 0,1-től 3–4 %-ig terjedő széntartalmú vas-karbon ötvözetek kerülnek. 0,1 %-nál kisebb karbon tartalmú ötvözetek előállítása csak különleges technológiákkal, kisebb mennyiségben történik, a hipereutektikus ötvözeteknek pedig kedvezőtlen tulajdonságaik vannak.