



# Anyagszerkezet és –vizsgálat

NGB\_AJ021\_1

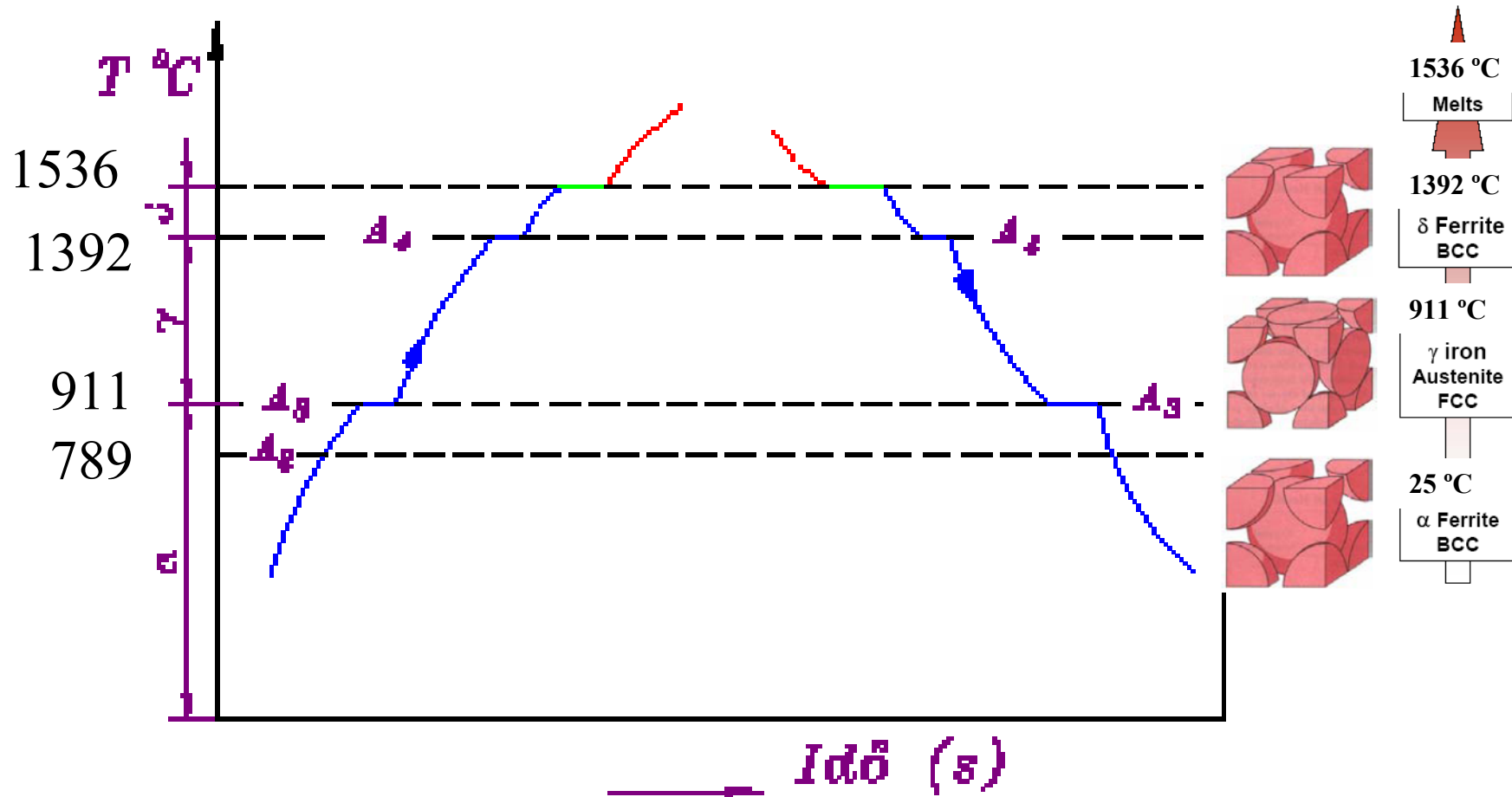
## 4. Előadás: Vas-karbon ötvözetrendszer

2010. 10. 11.

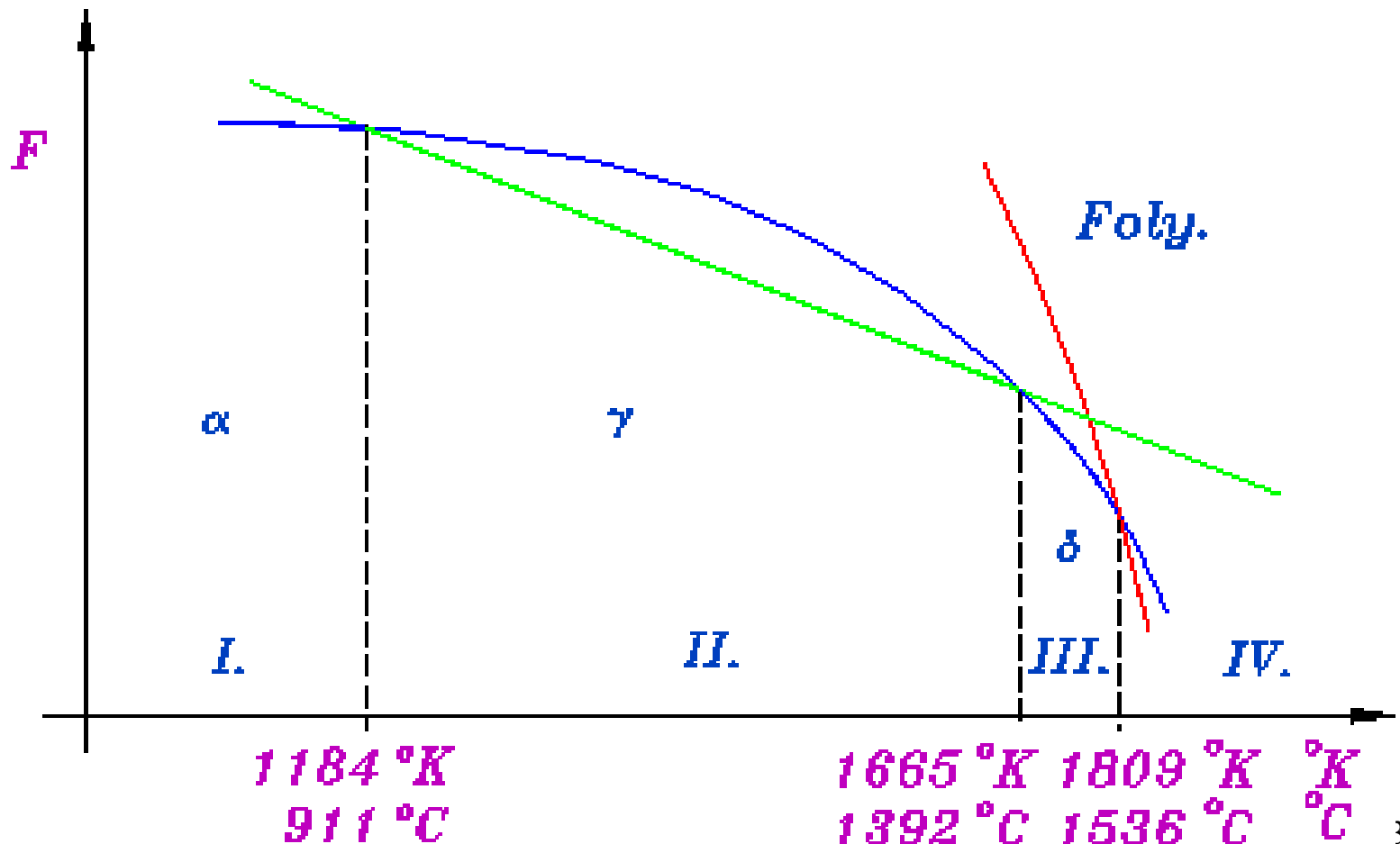
**Dr. Hargitai Hajnalka**

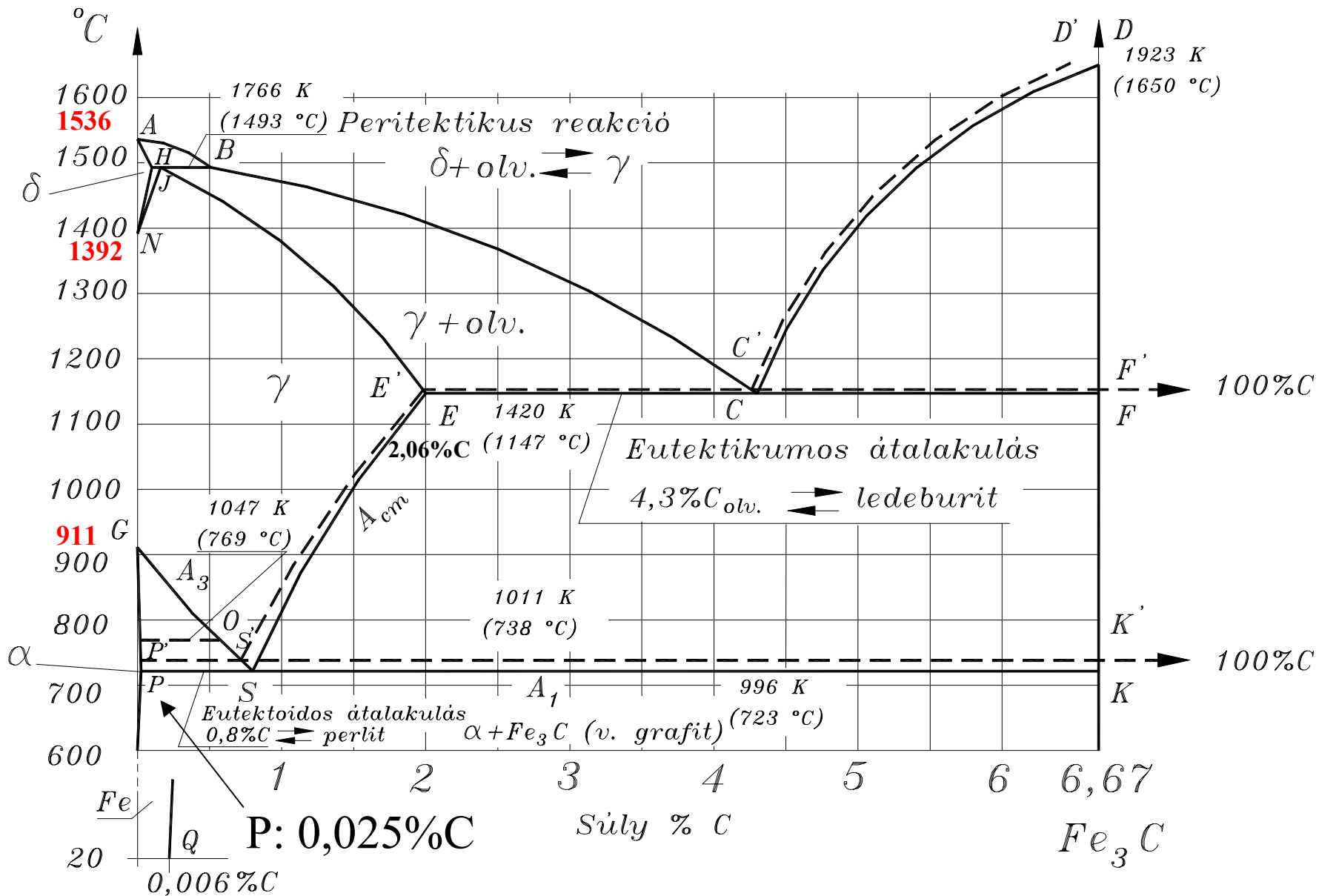
(Csizmazia Ferencné dr. előadásanyagai alapján)

# Színvas hevítési és lehűlési görbéje (allotróp átalakulás van)



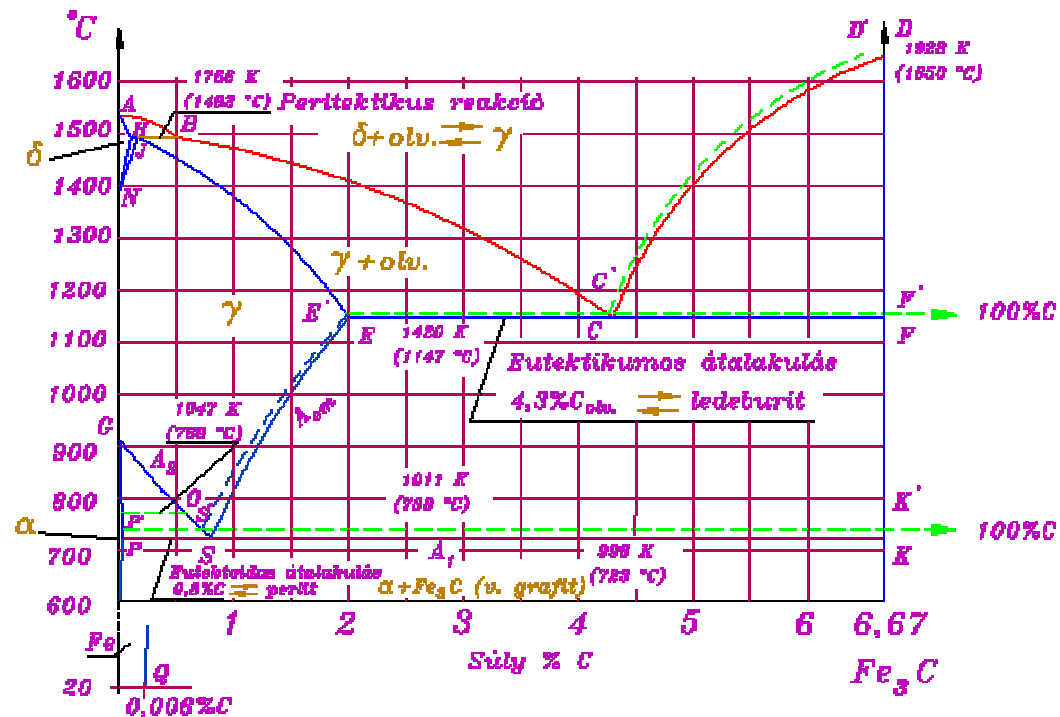
# A vas fázisainak szabadenergia görbéi





# Eltérések az eddig tárgyalt diagramokhoz képest

- a diagramot csak 6,67 C %-ig ábrázolják,
- bizonyos vonalak folyamatos, és szaggatott vonallal is fel vannak tüntetve



# Az eltérések oka 1

- **a 6 % C-nál nagyobb C tartalmú ötvözetekre semmilyen megbízható adatunk nincs, de ezeknek nincs is gyakorlati jelentősége.**

(A diagramban a **6.67 C %-nál látott függőleges a  $\text{Fe}_3\text{C}$  interszticiós vegyületnek felel meg**)

# Az eltérések oka 2

A **karbon** a vasötvözetekben kétféle alakban jelenik meg,

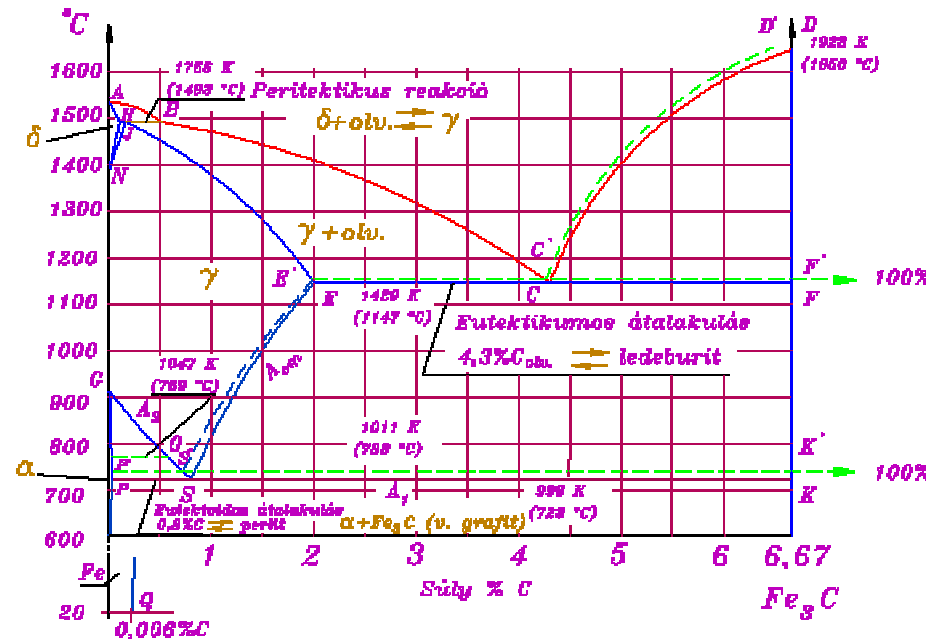
- mint **elemi karbon vagy grafit**,
- és kötött formában, mint  **$\text{Fe}_3\text{C}$ , vaskarbid**
- A **vas-vaskarbid(folyamatos vonal)** és a **vas-grafit (szaggatott vonal)** ötvözeteknek kétféle diagramjuk van. A két diagramnak egy koordináta rendszerben való ábrázolása Heyn-Charpy nevéhez fűződik, ezért nevezzük a diagramot **Heyn-Charpy féle iker diagramnak**.

# Heyn - Charpy féle ikerdiagram

A két diagram közül természetesen csak az egyik felelhet meg az egyensúlyi állapotnak!

Melyik a stabil?

- már  $700\text{ C}^\circ$  felett megfigyelhető a  $\text{Fe}_3\text{C}$  felbomlása
- a grafitos (szaggatott) vonalak a magasabb hőmérsékleteken haladnak.





# Tehát

- **A vas-grafit (Fe - C) rendszer a stabil**
- **Az Fe - Fe<sub>3</sub>C rendszer a metastabil**

# Miért gyakoribb a kötött, vaskarbidos forma?

- az elemi C metalloid elem, és mint ilyen, a kristályosodás megindulásához, igen nagy túlhűtést igényel, kristály csírái nagy késéssel képződnek, és a grafit kristályosodási sebessége is kicsi.
- Ezért a nagyobb C tartalmú Fe-C ötvözetek lehűlésekor többnyire az történik, hogy a grafit kristályosodása csírák hiányában még el sem kezdődik, mire az ötvözet annyira lehűl, hogy megkezdődik a karbidos kristályosodás.

- **A grafit kristályosodása vagy végtelen lassú lehűtéssel, vagy a gyakorlatban a vaskarbid stabilitását csökkentő ötvözőkkel - elsősorban Si - érhető el.**
- **A gyakorlati grafitos ötvözetek (öntöttvasak) mindig tartalmaznak 1,5-3 % Si-t!**

# A vasötvözetek csoportosítása

- **töretük alapján**
  - **a grafitos ötvözetek**, mindig a kis szilárdságú grafit mentén törnek, így töretük a grafit hatására **szürke**.
  - A **vaskarbidot** tartalmazó ötvözetek töret fémes, tehát **fehér**.

# A Fe-Fe<sub>3</sub>C ötvözetek diagramja

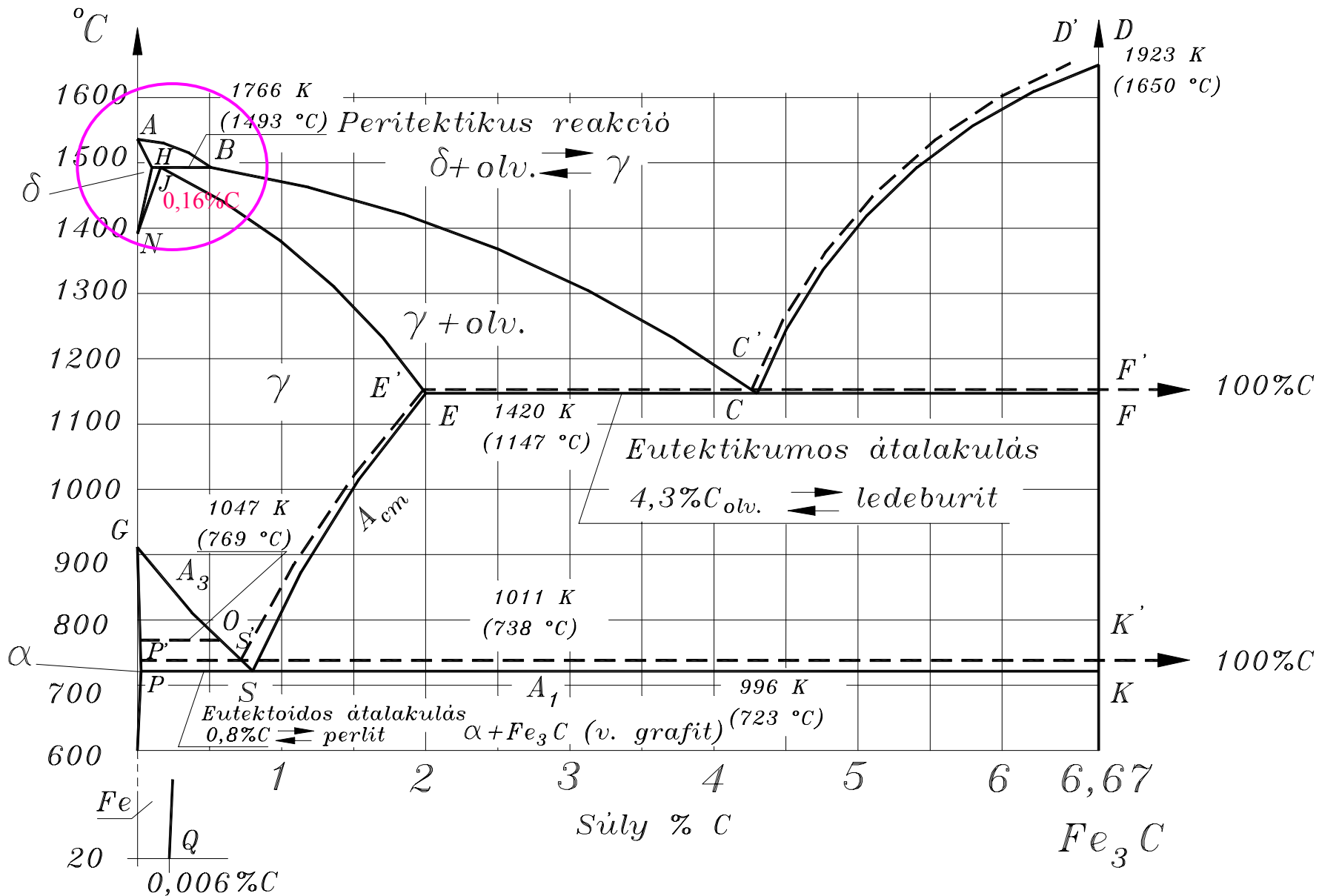
A karbidos rendszer esetében olyan egyensúlyi diagramról van szó, ahol az **egyik komponens a szén vas**, a **másik pedig a vaskarbid**. A diagram koncentráció egyenesén megállapodás szerint a C %-át tüntetjük fel. A rendszer első függőlegese a szén vas lehűlési görbéjének pontjait mutatja, és a diagramot a Fe<sub>3</sub>C függőlegeséig ábrázoljuk.

# Fe -Fe<sub>3</sub>C rendszer

Eddig megismert egyensúlyi diagramok alapján a karbidos rendszerről megállapíthatjuk, **hogyan az alkotók folyékony állapotban minden arányban, szilárd állapotban pedig korlátozottan oldják egymást.**

**Vasötvözetek  
kristályosodásának vizsgálata**

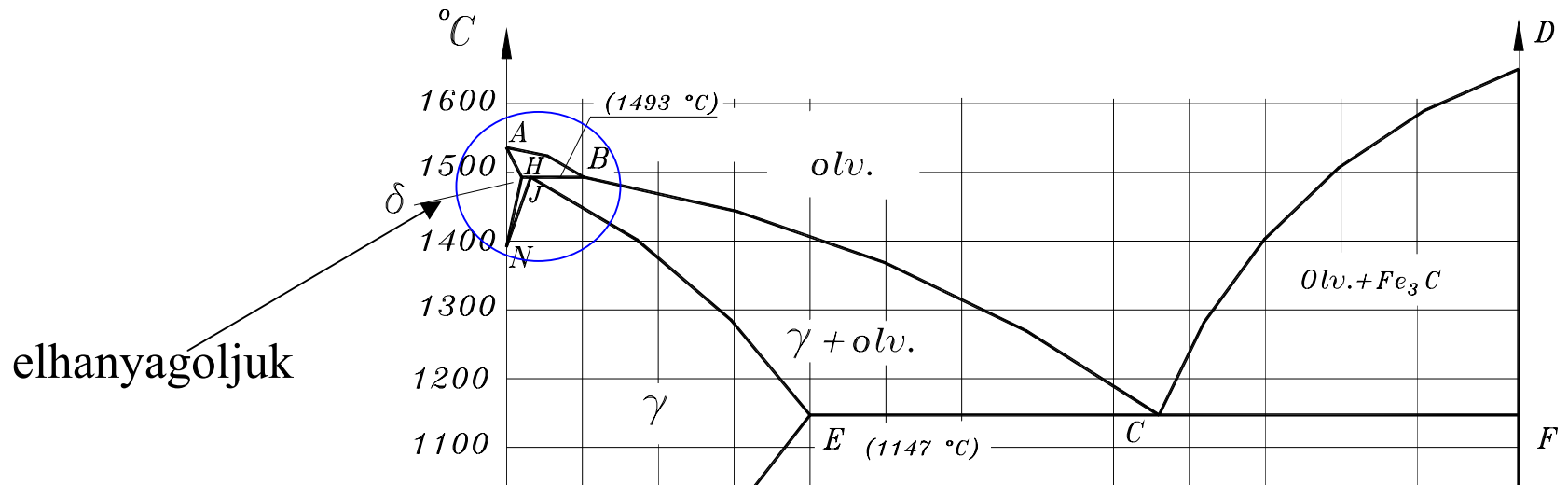
**Fe-Fe<sub>3</sub>C rendszer**





# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Kristályosodás az BC likvidusz szerint

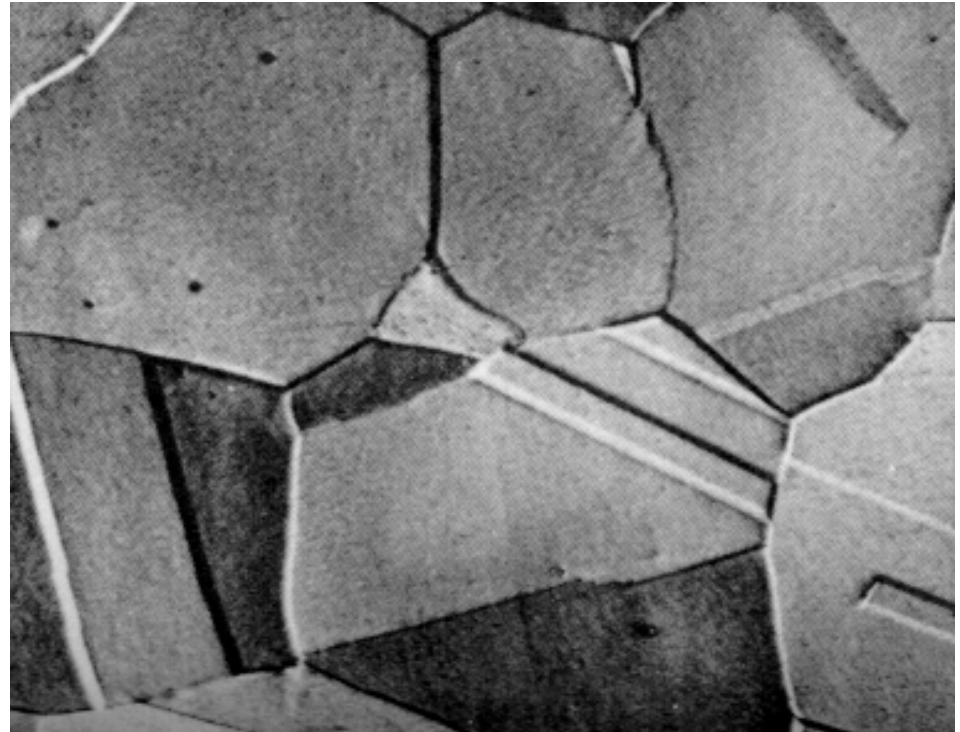


Az AB likvidusz elhanyagolásával egészen 4,3 % C-ig a kristályosodás a **BC likvidusz** és a **JE szolidusz** szerint **γ szilárd oldat** formájában történik. Ezt a szilárd oldatot **Robert Austenről, ausztenitnek** nevezik.

# Auszténit

Az **auszténit** - interszticiós szilárd oldat (A lapközepes köbös rácsú  $\gamma$  Fe-ban oldott C)

Korlátozottan oldja a karbont, maximális C oldó képessége 2,06% (1147 C°-on, minimális 0,8% (723 C°-on))

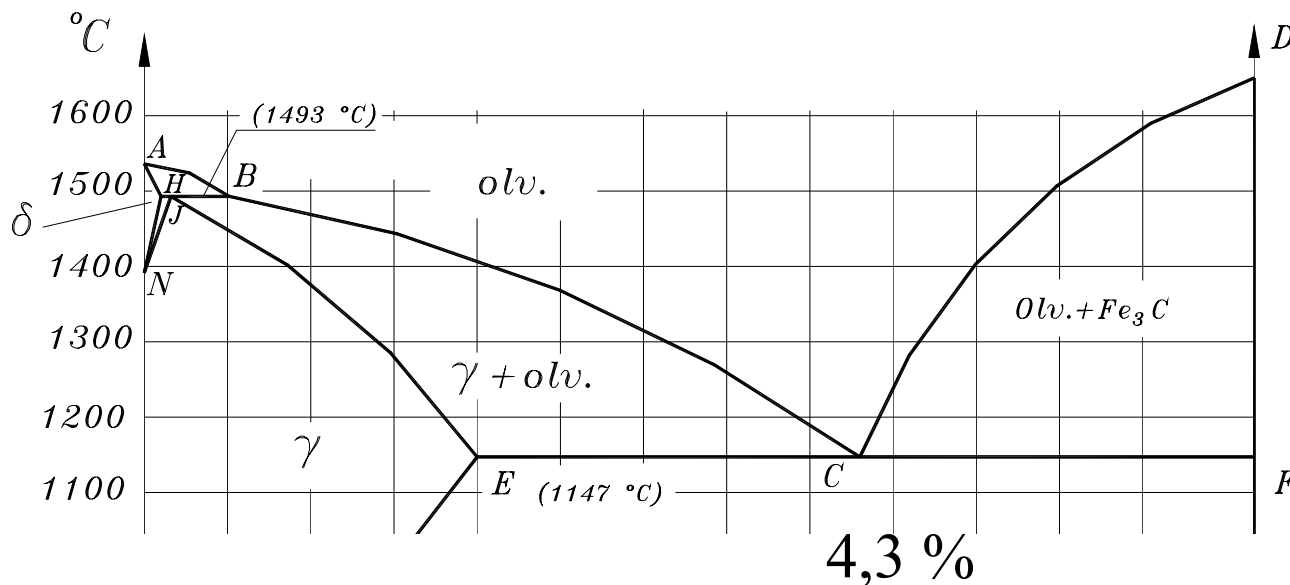


Nem ferromágneses, jól alakítható

Szobahőmérsékleten csak ötvözött acéloknál (18%Cr, 10%Ni)

# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Kristályosodás az CD likvidusz szerint



A nagy C tartalmú ötvözetek kristályosodása Fe<sub>3</sub>C kristályosodásával (szövetelemi neve cementit) kezdődik a **CD likvidusz** és a **DF szolidusz** szerint.

- Nagyon rideg
- Fényesítéskor a csiszolat síkjából kiemelkedik, a maratószer nem marják, mindig fényes, vilásos színű marad

# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

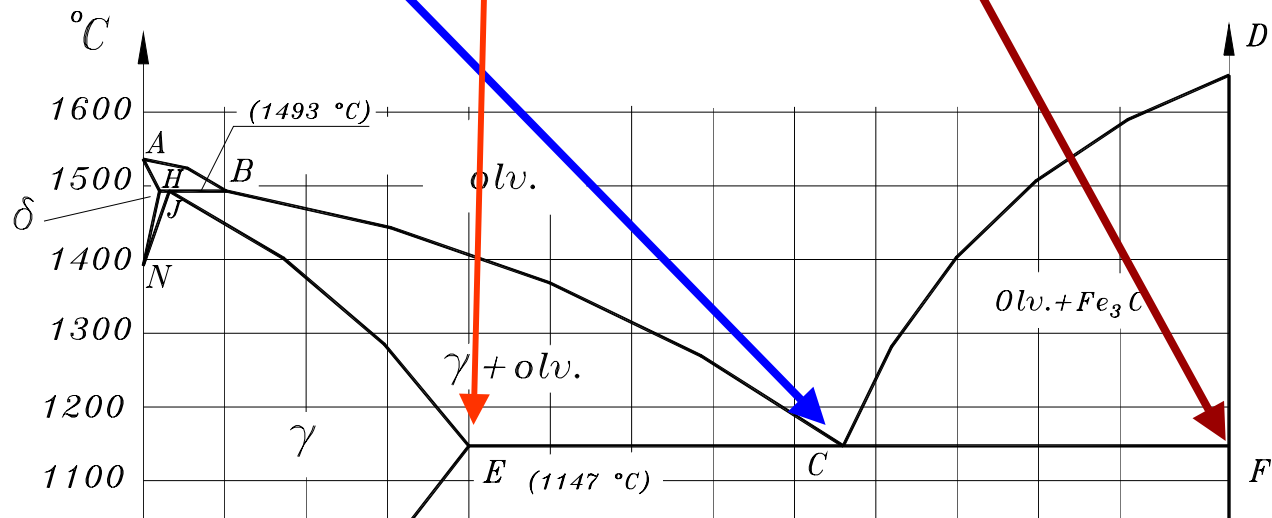
## Eutektikum kristályosodása

A C pontban metszi egymást a két likvidusz, tehát eutektikus kristályosodás jön létre.

Az eutektikum **1147 C° (ECF vonal)** képződik:



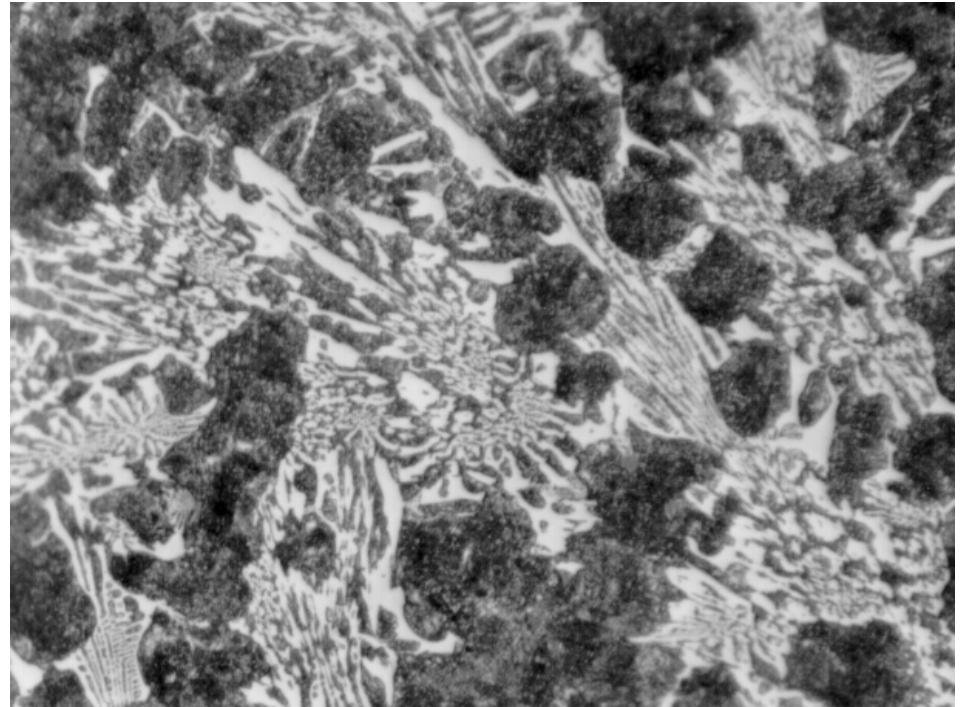
- Az eutektikum neve **Ledebur** angol tudós nyomán **ledeburit**



# Ledeburit

**1147 C°-on képződik  
4,3 %C olvadékból.**

**Fázisai a képződés  
hőmérsékletén :  
ausztenit és  
vaskarbid.**

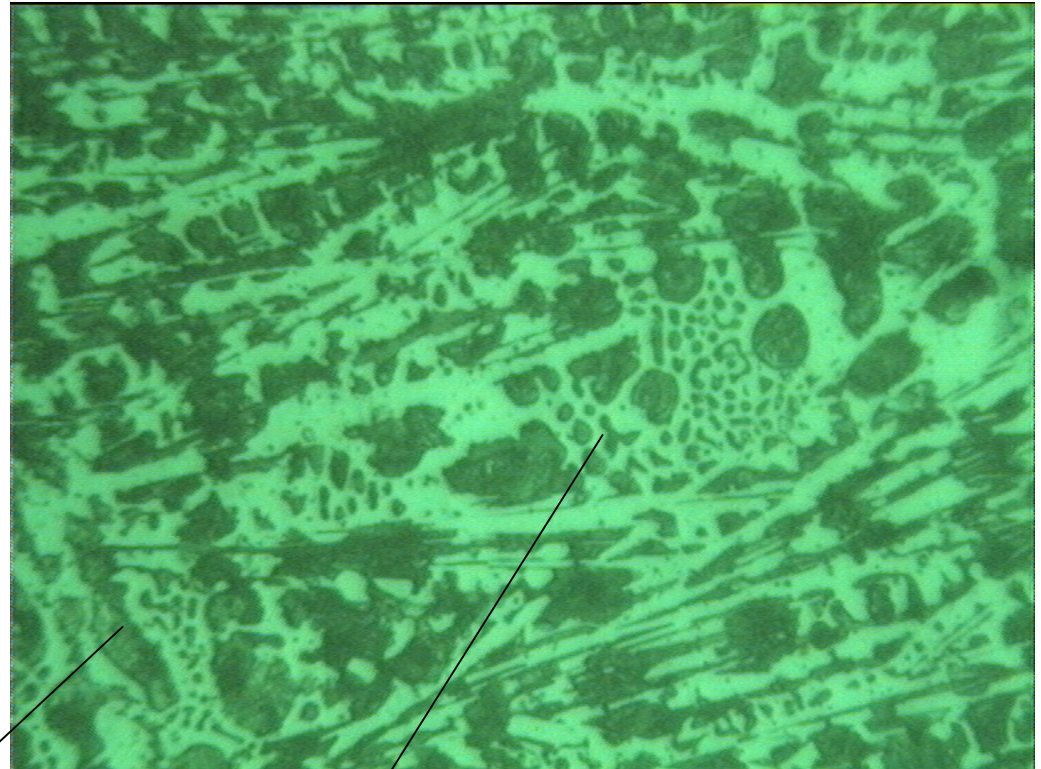


# Ledeburit

**1147 C°-on képződik  
4,3 %C olvadékból.**

**Fázisai : ausztenit és  
vaskarbid. Az ausztenit  
szekunder cemenetit  
kiválás után perlitté  
alakul**

**Kemény, rideg,  
kopásálló**



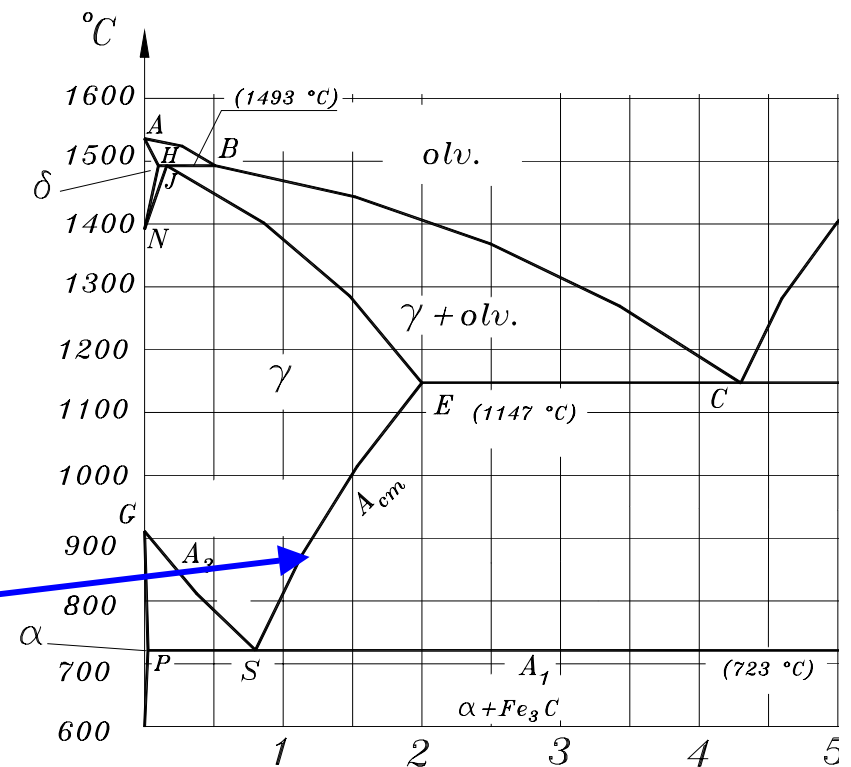
Az ausztenitből  
képződött perlit

vaskarbid

# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

- Az ausztenit - interszticiós szilárd oldat - korlátozottan oldja a korbont, maximális C oldó képessége 2,06% (E). Az ausztenit **korlátozott karbonoldóképességének vonala az SE**, az oldhatatlanná váló C e vonal mentén **Fe<sub>3</sub>C<sub>II</sub>** formájában válik ki.



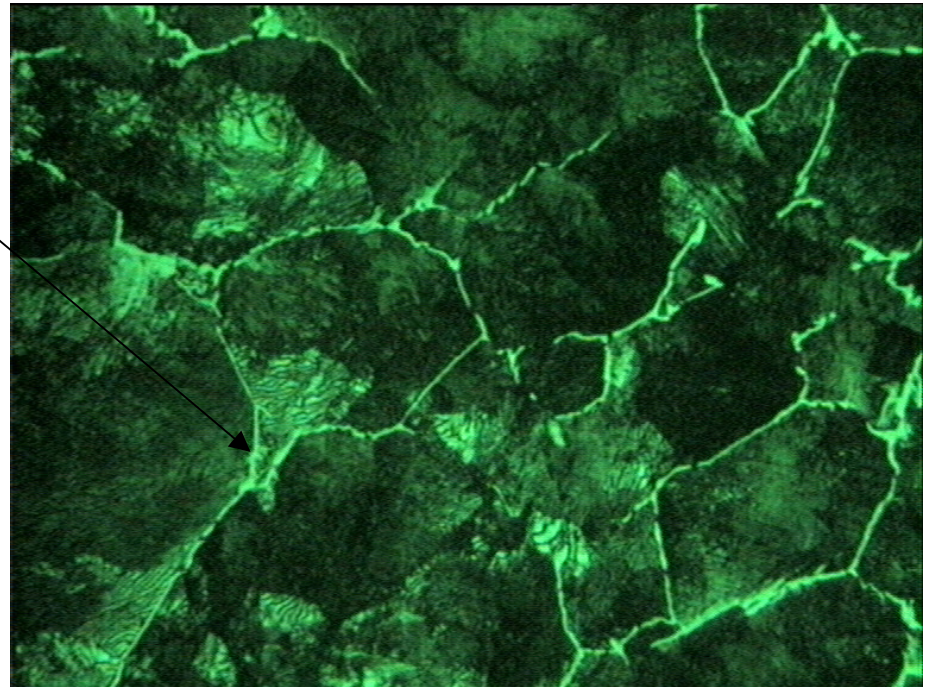
Szövetdiagram 20°

# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

### Szekunder cementit

Szegregáció, kiválás a  
krisztallithatók mentén



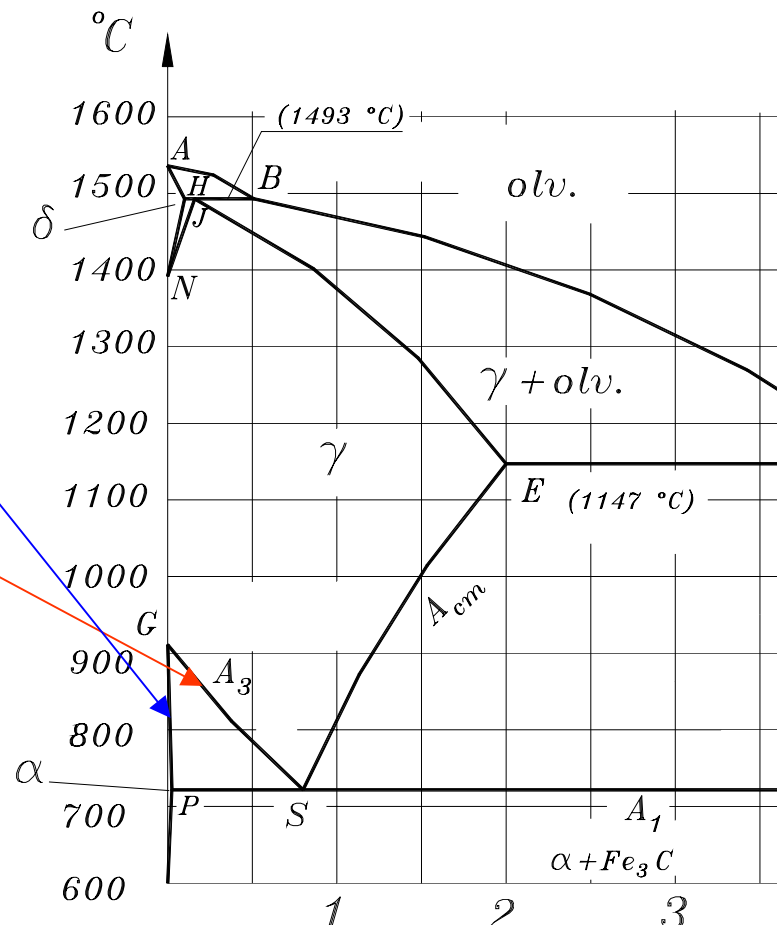


# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

### Allotróp átalakulás

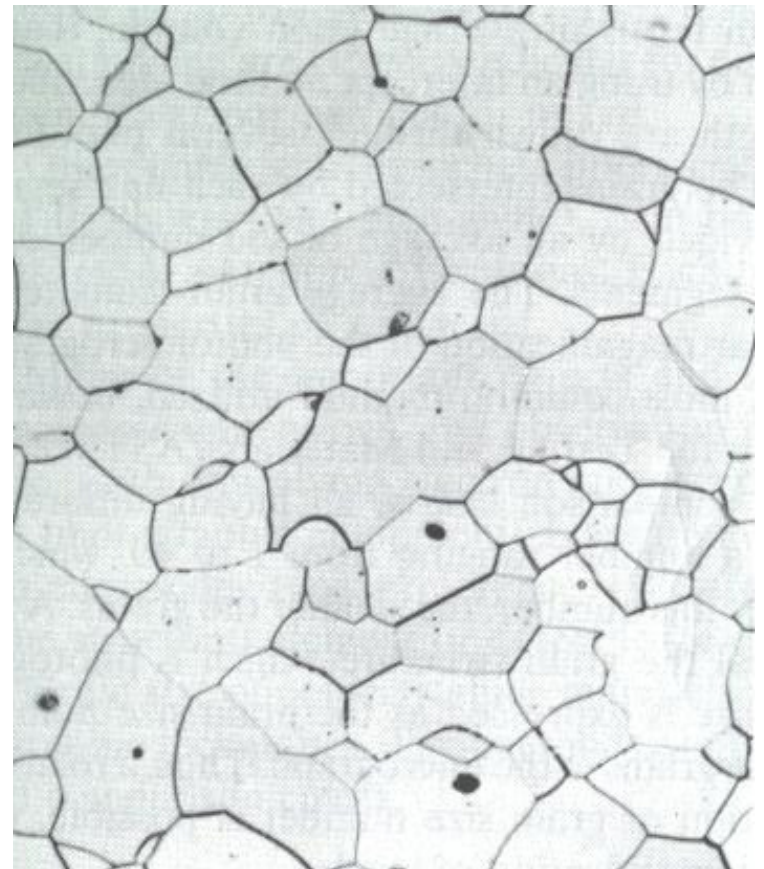
a lapközepes köbös  $\gamma$  ausztenit  
a szén vas  $A_3$  pontjából  
kiinduló **GS** kezdő és **GP**  
befejező görbék által  
meghatározott hőmérséklet  
közben térközepes köbös  $\alpha$   
szilárdoldattá, szövetelemi  
nevén **ferrit** alakul



# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

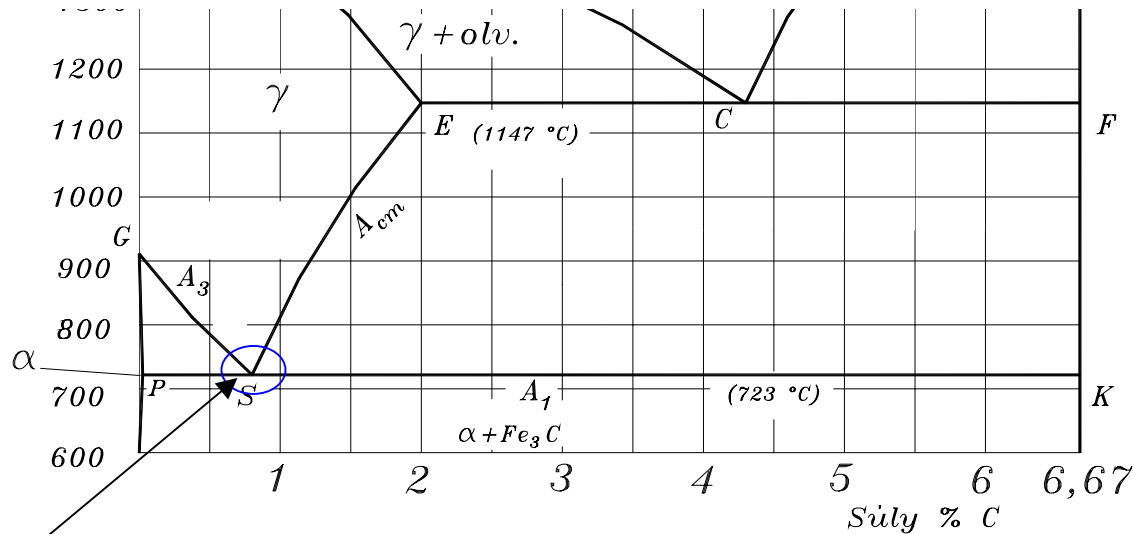
**A ferrit  $\alpha$  szilárd oldat,**  
**térközepes köbös rácsú**  
 $\alpha$ -Fe-ban intersztíciósan oldott  
C.  
Maximális C oldóképessége 723  
C°-on 0,025 % (P pont)  
minimális szobahőmérsékleten  
0,006 % (Q pont)  
Leglággyabb szövetelem, hidegen is  
jól alakítható, nyújtható.  
(Pl. mélyhúzó lemezek)



# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

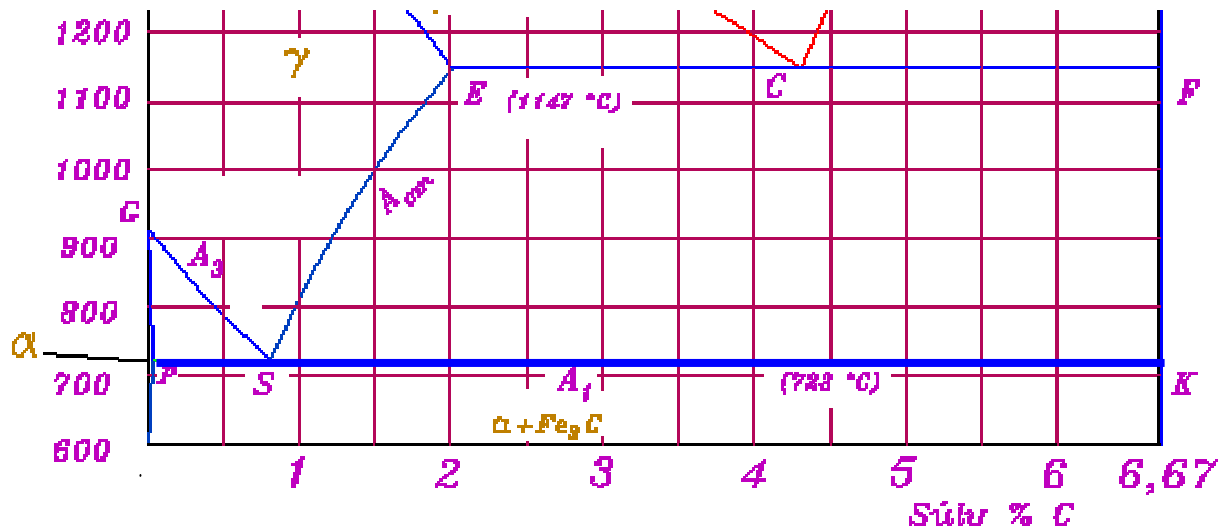
### Eutektoidos folyamat



Az **S** pontban metszi egymást az allotróp átalakulás kezdő(GS) és a korlátozott oldóképesség (ES) vonala.

$F = 3$ , ezek a **l.k.k. rácsú  $\gamma$** , a keletkező **t.k.k. rácsú  $\alpha$**  és a **Fe<sub>3</sub>C**.  $F = 3$  esetén  $Sz = 0$ , tehát a folyamatnak **állandó hőmérsékleten kell lejátszódni.**

# Eutektoidos folyamat

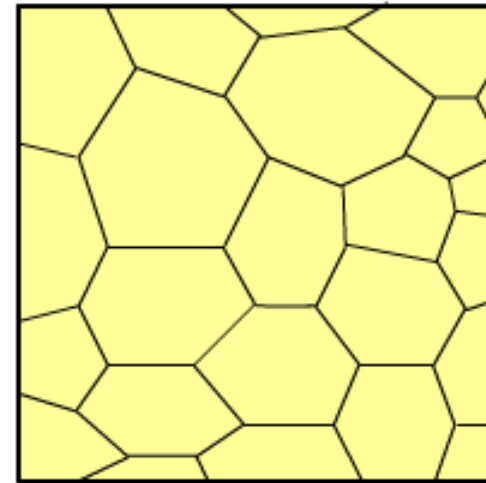
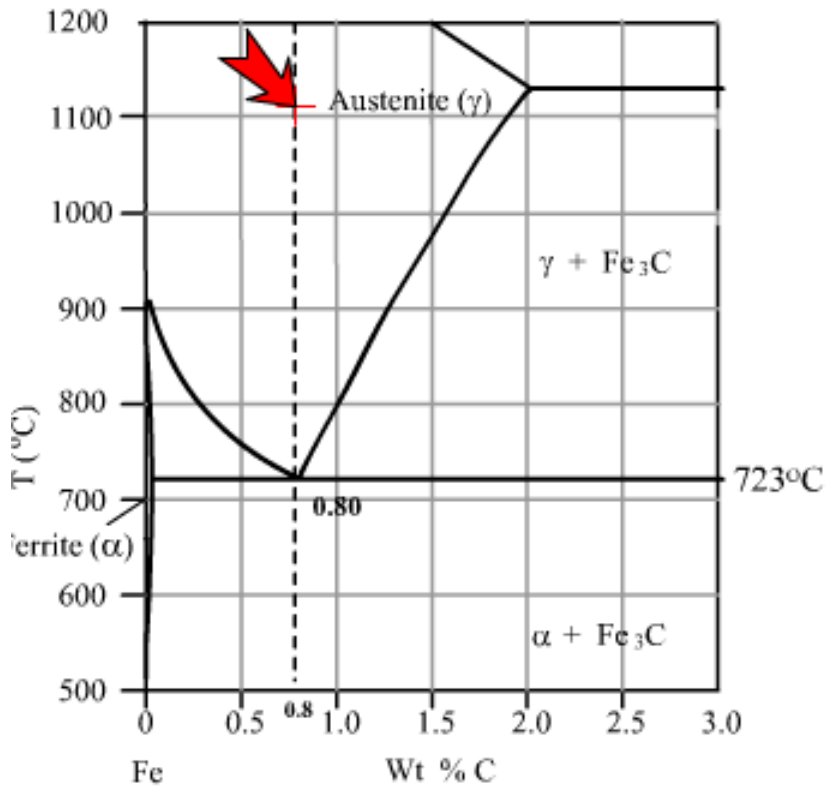


**Az eutektoidos folyamat 723 C °-on a PSK vonalon játszódik le az alábbi módon:**




**A keletkező kétfázisú szövetelemet, eutektoidot perlitnek nevezzük.**



# Eutektoidos folyamat

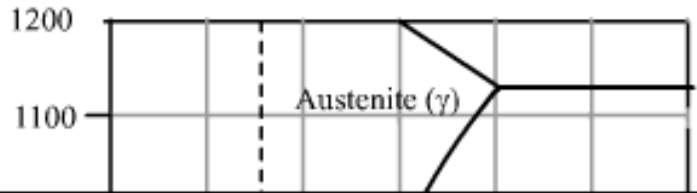


⬆ BACK TO START

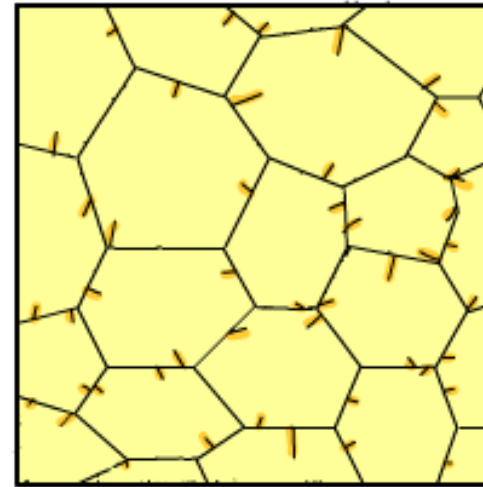
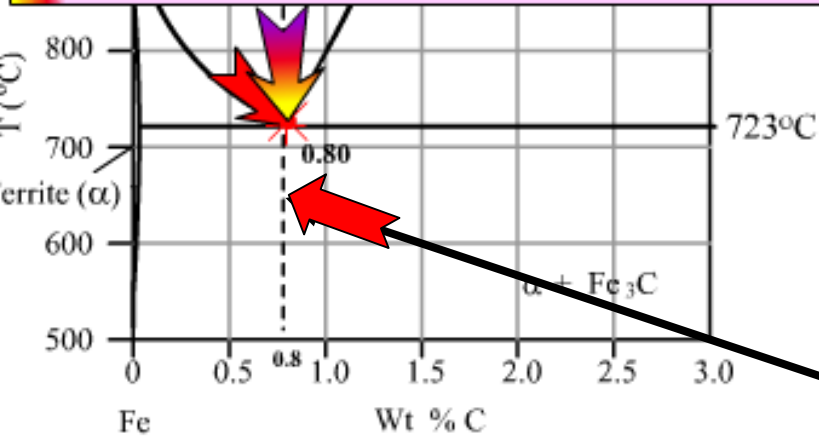
⬇ DECREASE TEMPERATURE

Austenite = 


$\text{Fe}_3\text{C}$  =  Ferrite = 

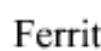



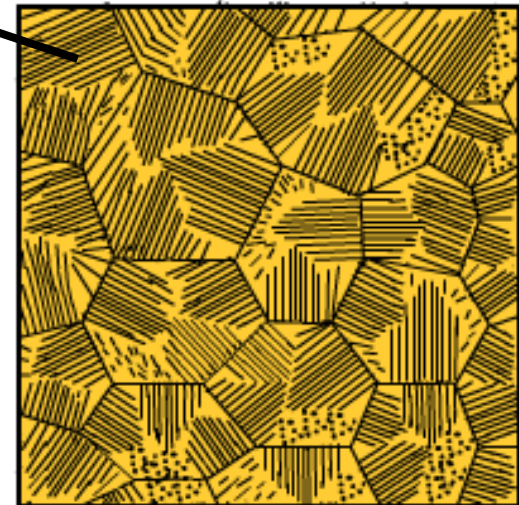
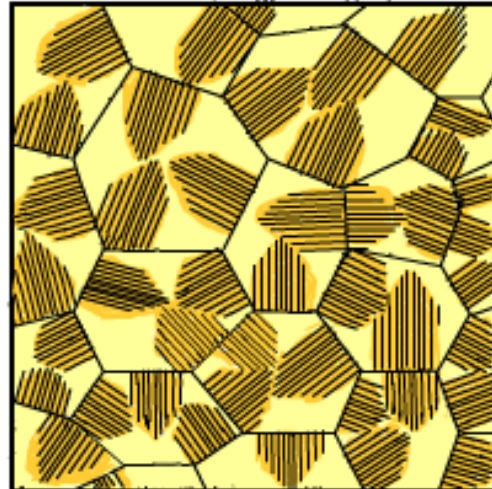
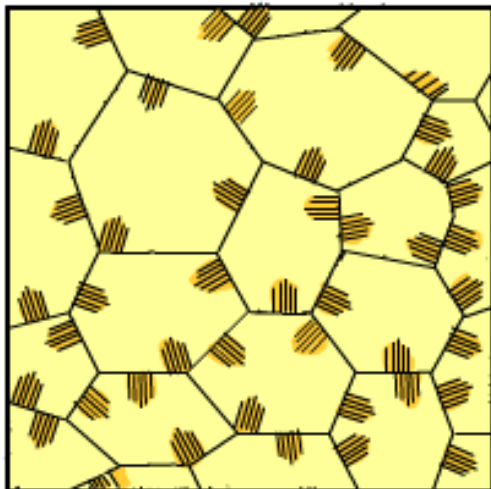
Eutectoid point - here, the three phases are in equilibrium. The compositions of the two new phases are given by the ends of the line through the eutectoid point.



-  BACK TO START
-  DECREASE TEMPERATURE

Austenite = 

$Fe_3C$  =  Ferrite = 



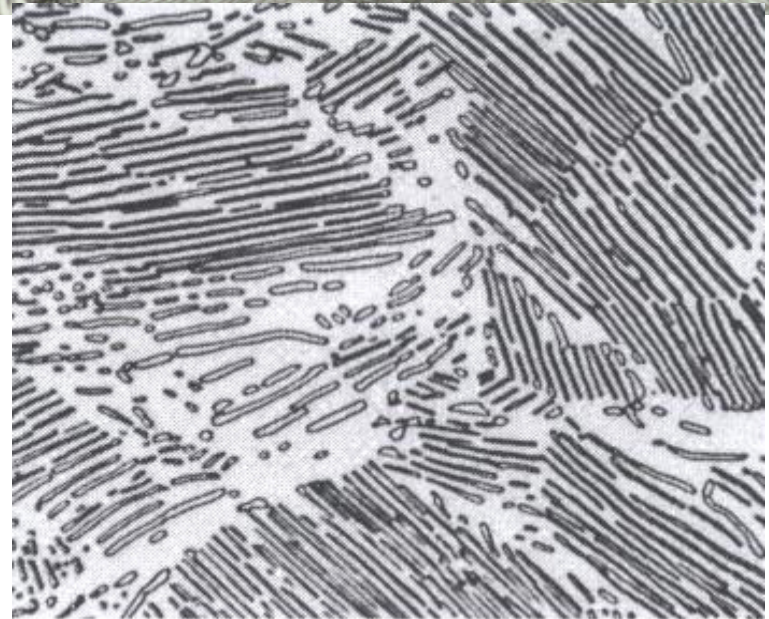
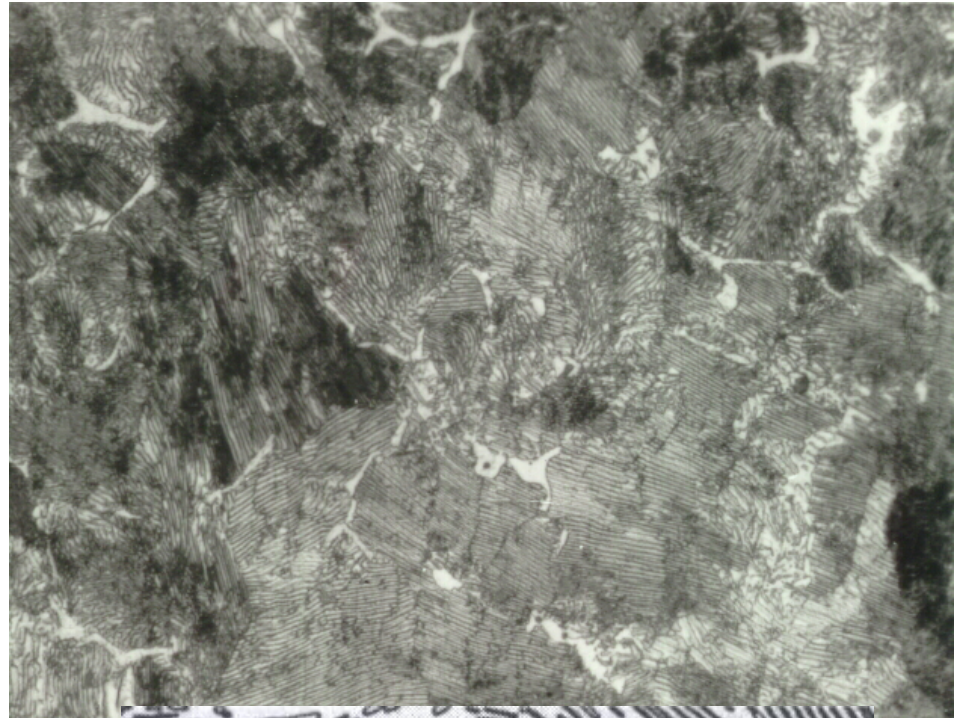
# Perlit

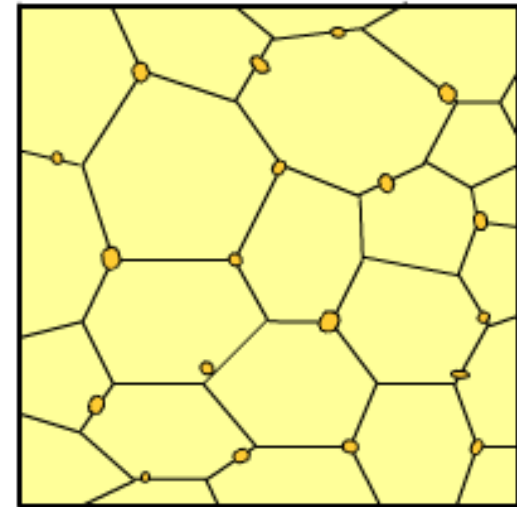
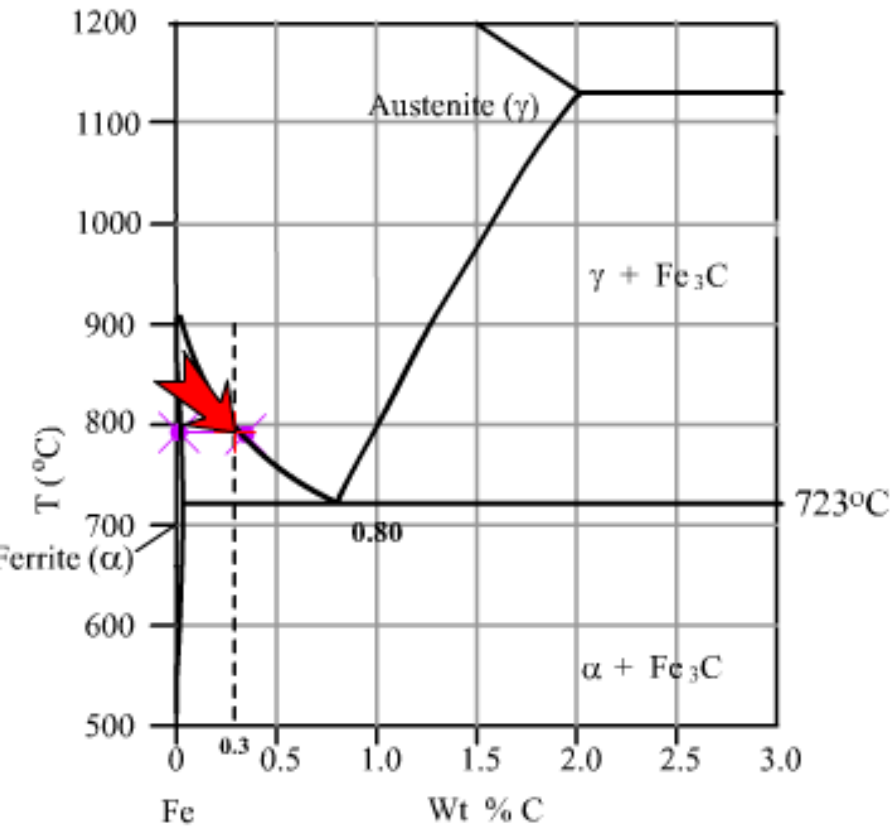
A keletkező perlit kétfázisú szövetelem, eutektoid

723 C°-on képződik



A maratott csiszolat gyöngyházfénnel csillog - PEARL





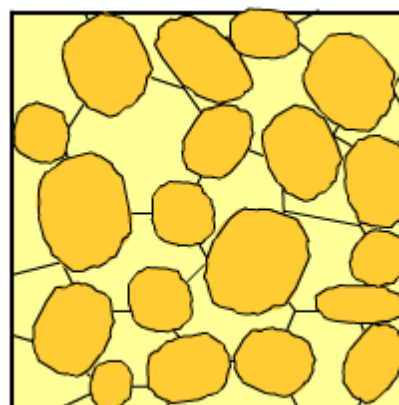
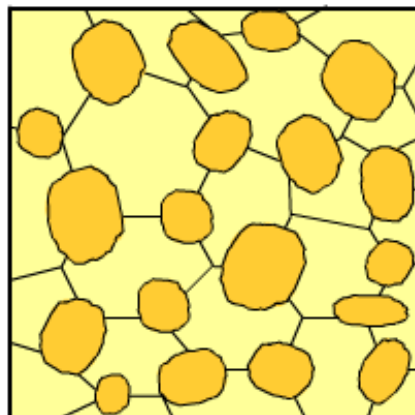
BACK TO START



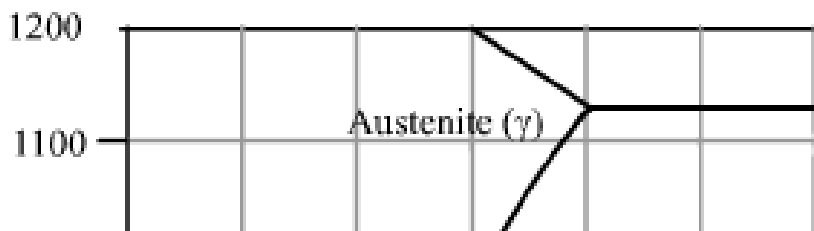
DECREASE TEMPERATURE

Austenite =

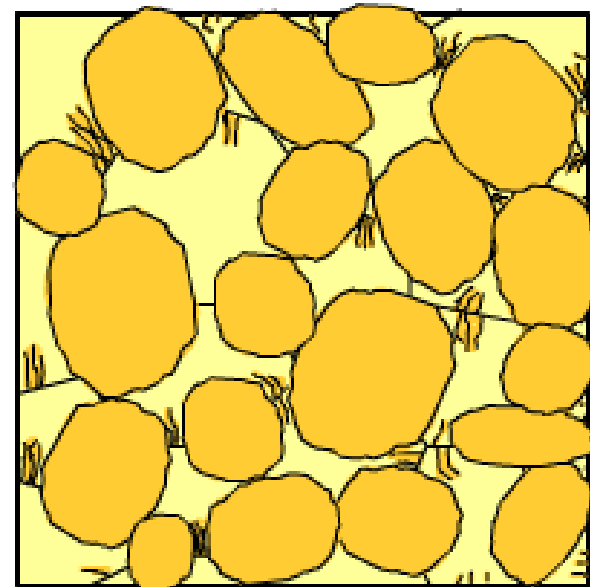
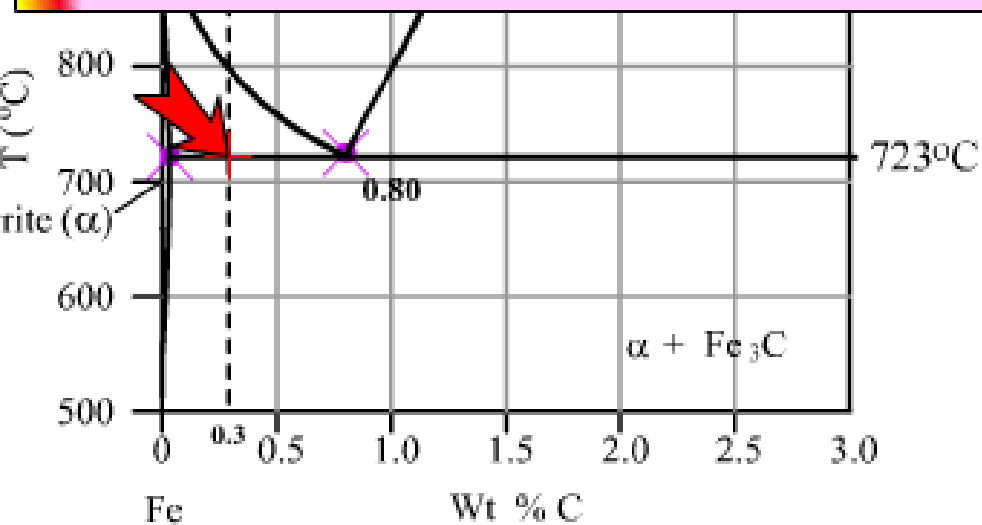
$\text{Fe}_3\text{C}$  = Ferrite =







Eutectoid point - here, the three phases are in equilibrium. The compositions of the two new phases are given by the ends of the line through the eutectoid point.



BACK TO START



DECREASE TEMPERATURE

Austenite =

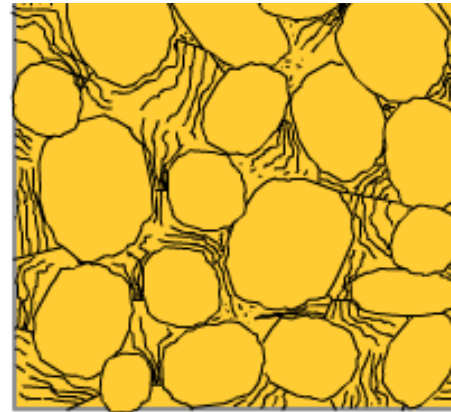
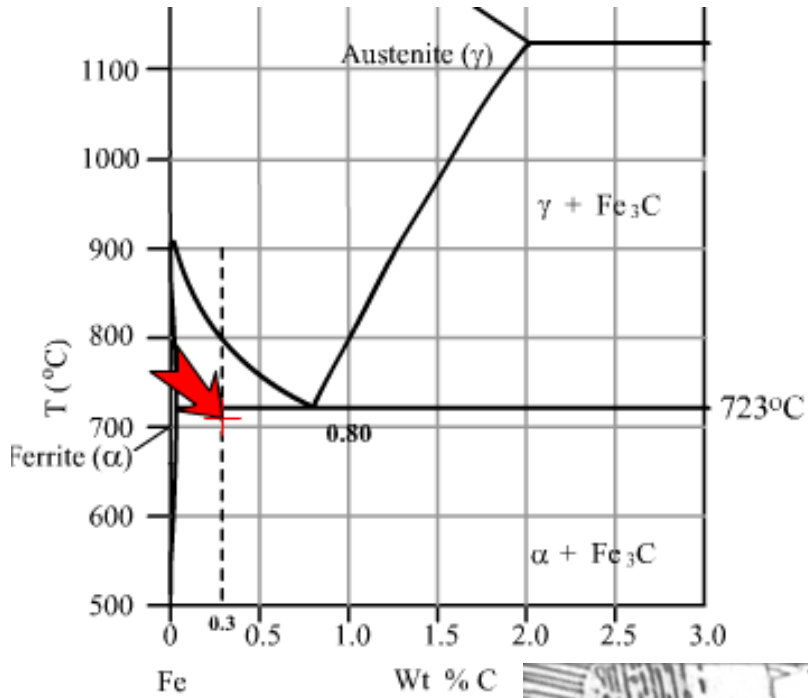


$Fe_3C$  =




Ferrite =







⬆ BACK TO START

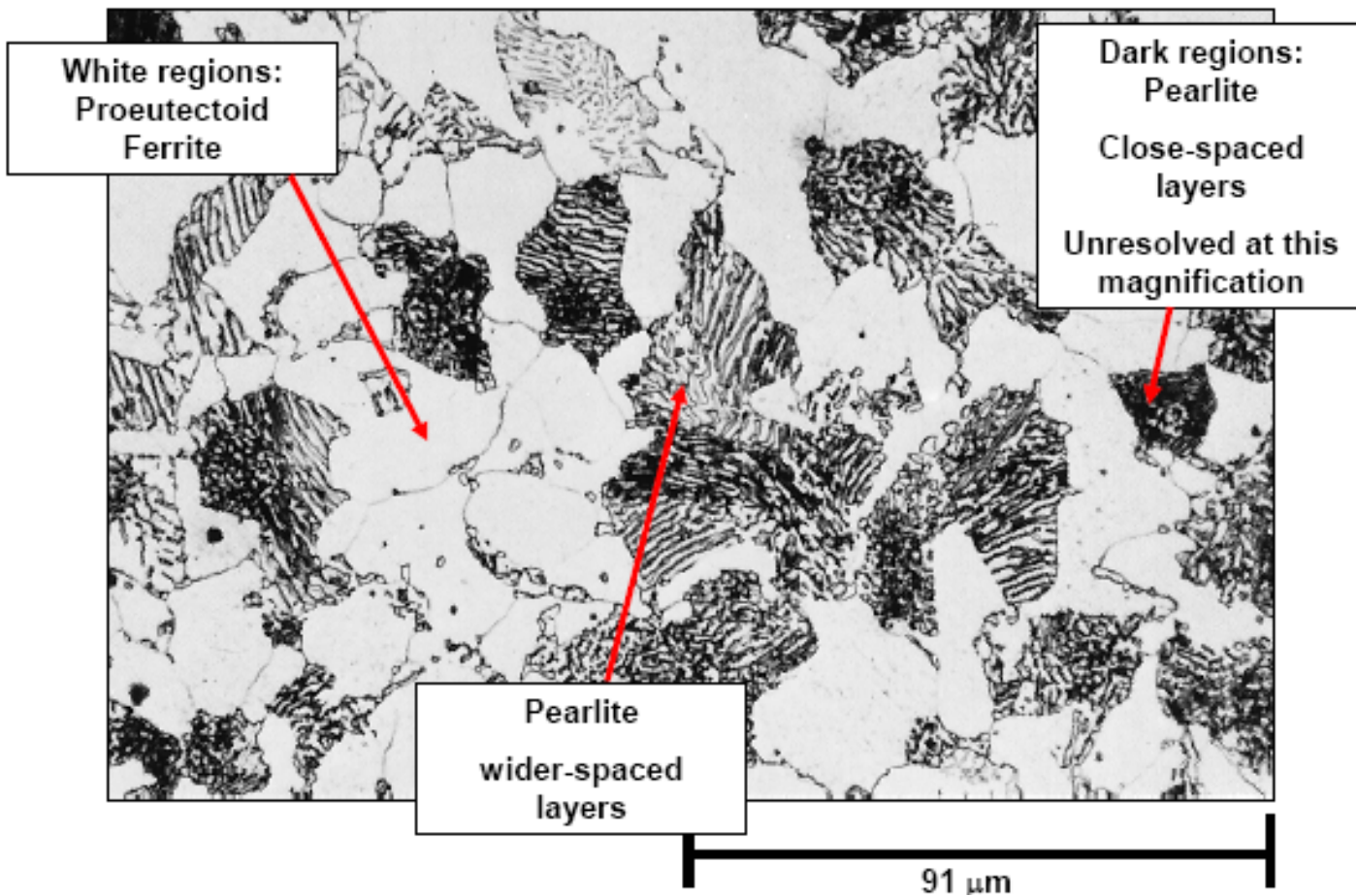
⬇ DECREASE TEMPERATURE

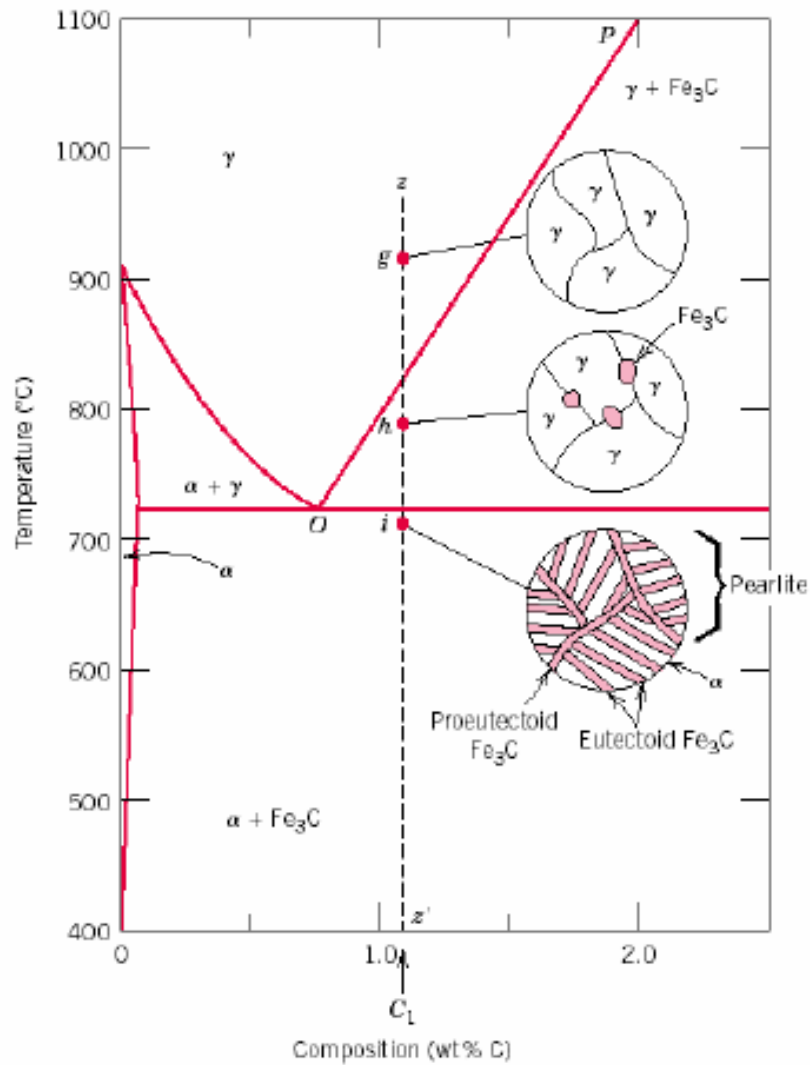
Austenite = 

$\text{Fe}_3\text{C}$  =  Ferrite = 

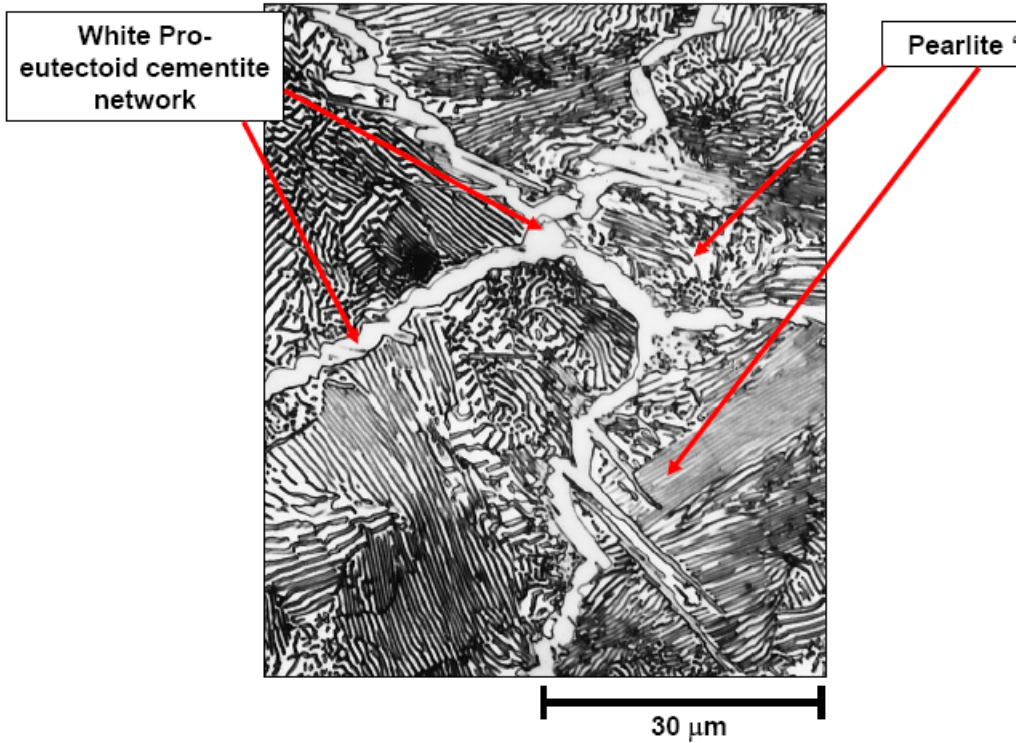


## Hypo-eutectoid Composition (0.38 wt% C)





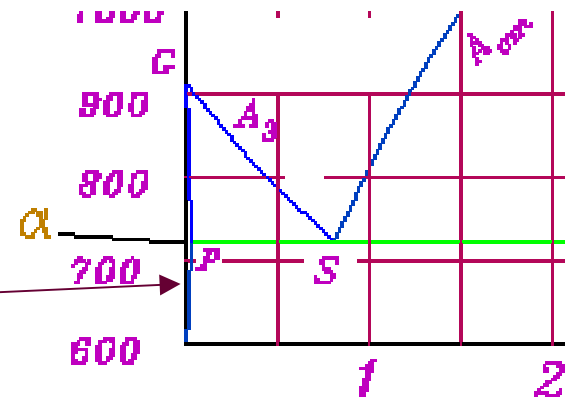
## Hyper-eutectoid Composition (1.40 wt% C)



# Fe-Fe<sub>3</sub>C egyensúlyi diagram

## Szilárd állapotban végbemenő átalakulások

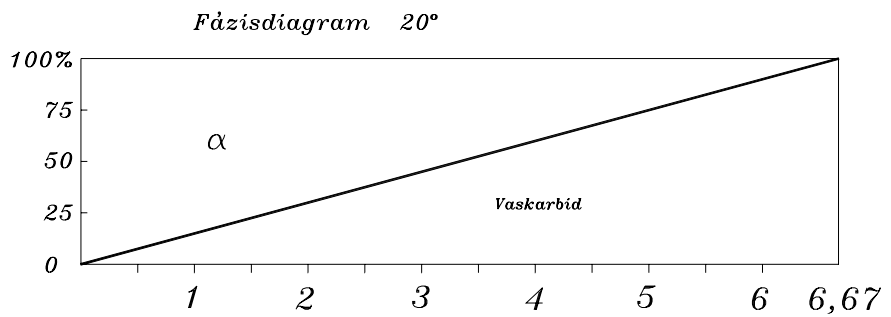
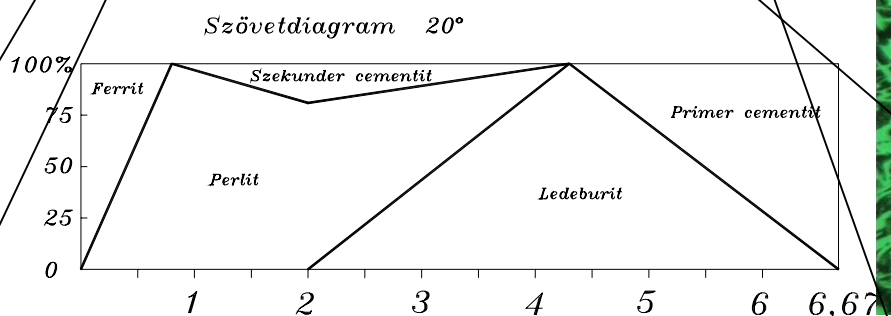
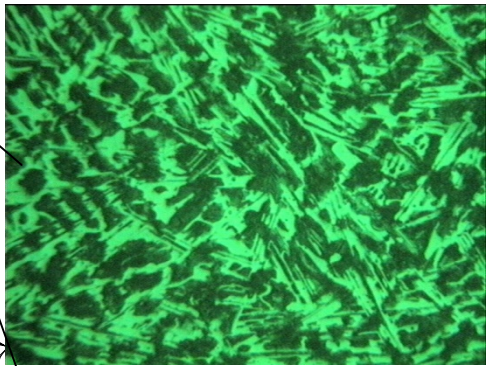
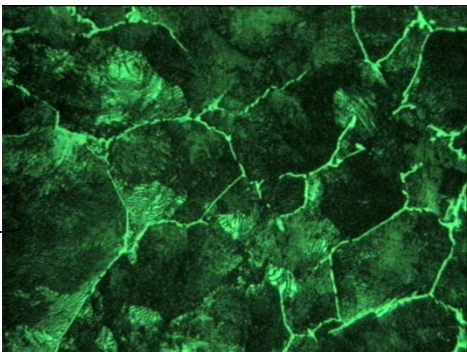
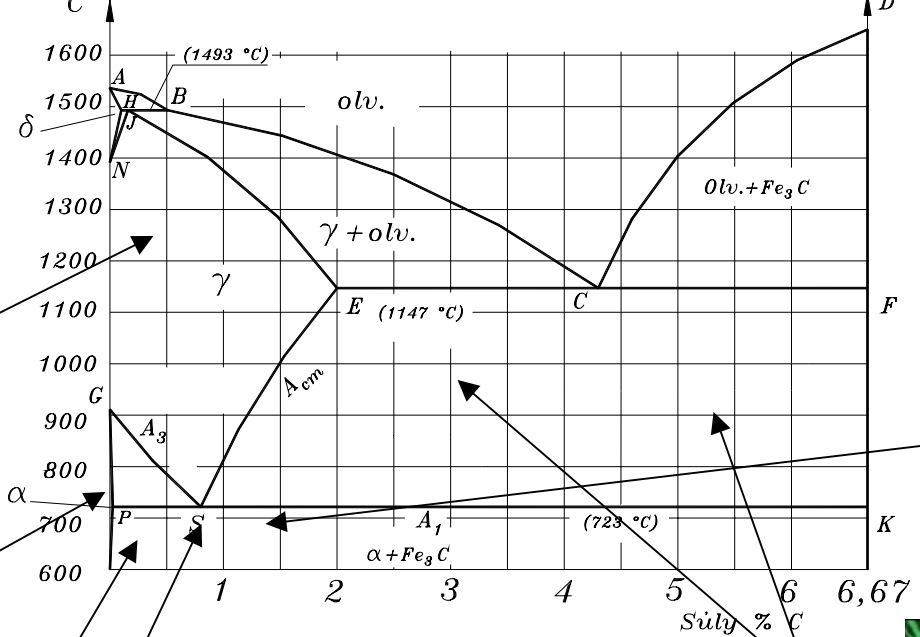
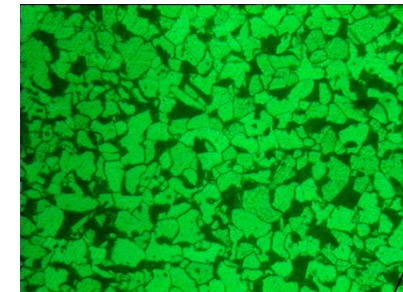
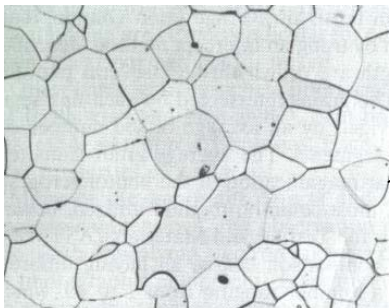
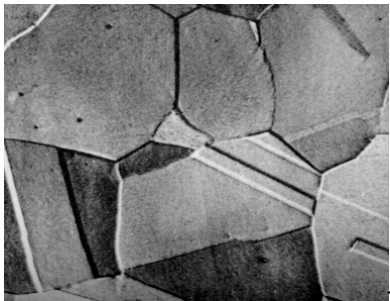
Az allotróp átalakulással képződő t.k.k. rácsú  $\alpha$  szilárd oldat is korlátozottan oldja a kARBONT. A korlátozott oldékonyság vonala a PQ, ami az oldhatatlanná váló C-nak Fe<sub>3</sub>C<sub>III</sub> formában való kiválását mutatja. A Fe<sub>3</sub>C<sub>III</sub> olyan kis mennyiségű, hogy általában elhanyagoljuk.



# A vasötvözeteket a diagram alapján csoportosíthatjuk

**2,06% karbon tartalomig acélokról, az annál nagyobb karbon tartalom esetén nyersvasakról, vagy öntöttvasakról beszélünk.**

**Az ötvözeteket tovább az eutektikus és az eutektoidos ponthoz képesti helyzetük szerint osztályozzuk. A  $C < 0,8$  %-nál acélok hipoeutektoidos, ha  $C > 0,8$  %g hipereutektoidos acélok,  $C < 4,3$  %-nál öntöttvasakat hipoeutektikus, a  $C > 4,3$  % hipereutektikus öntöttvasaknak**



# Az acélok

**2,06% karbon tartalomig acélok**  
**Szobahőmérsékleten ferrit és perlit**  
**szövetelemekből állanak**



# A C tartalom hatása

**0,15 % C**

**Szövetszerkezet:**

**ferrit + perlit**

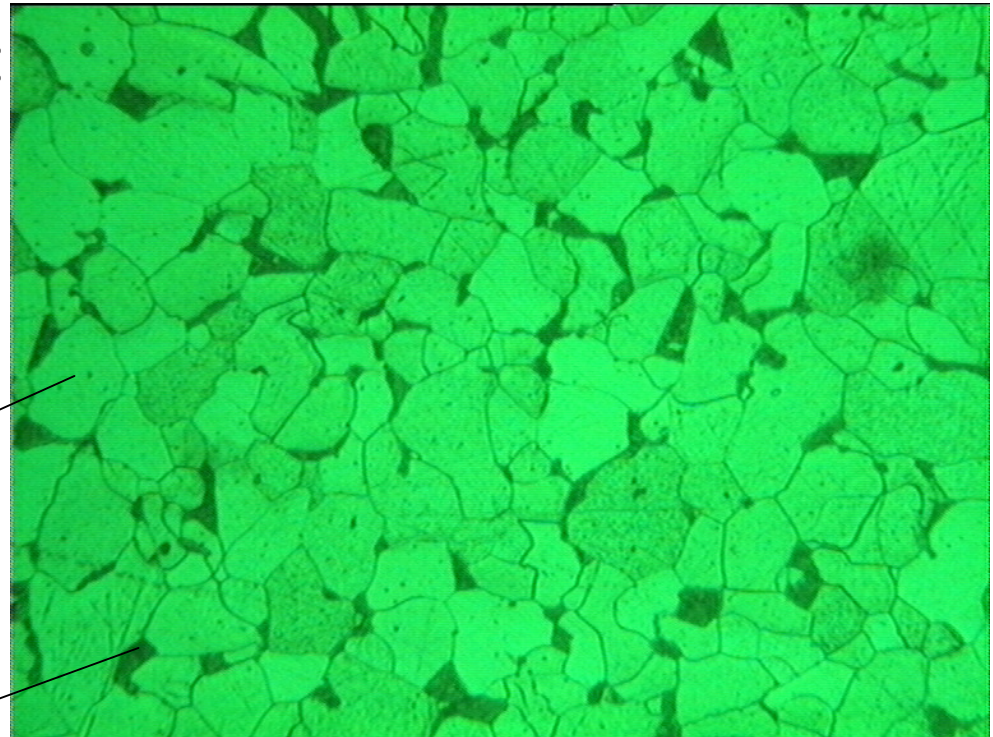
**N 200x**

**Marószer: nitál**

(alkoholos salétromsav)

ferrit

perlit



Lágy, szívós, jól alakítható, kis mértékben terhelhető

# A C tartalom hatása

**0,25 % C**

**Szövetszerkezet:**

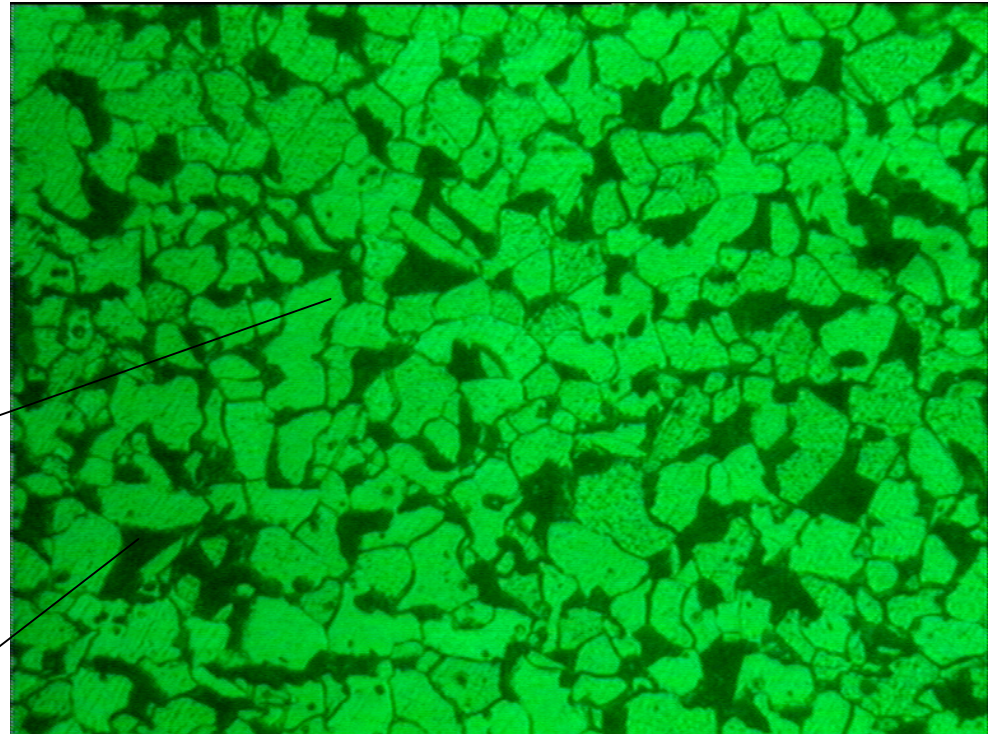
**ferrit + perlit**

**N 200x**

**Marószer: nitál**

ferrit

perlit



Keménység nő, terhelhetőség nő,  
alakíthatóság csökken

# A C tartalom hatása

## 0,35 % C

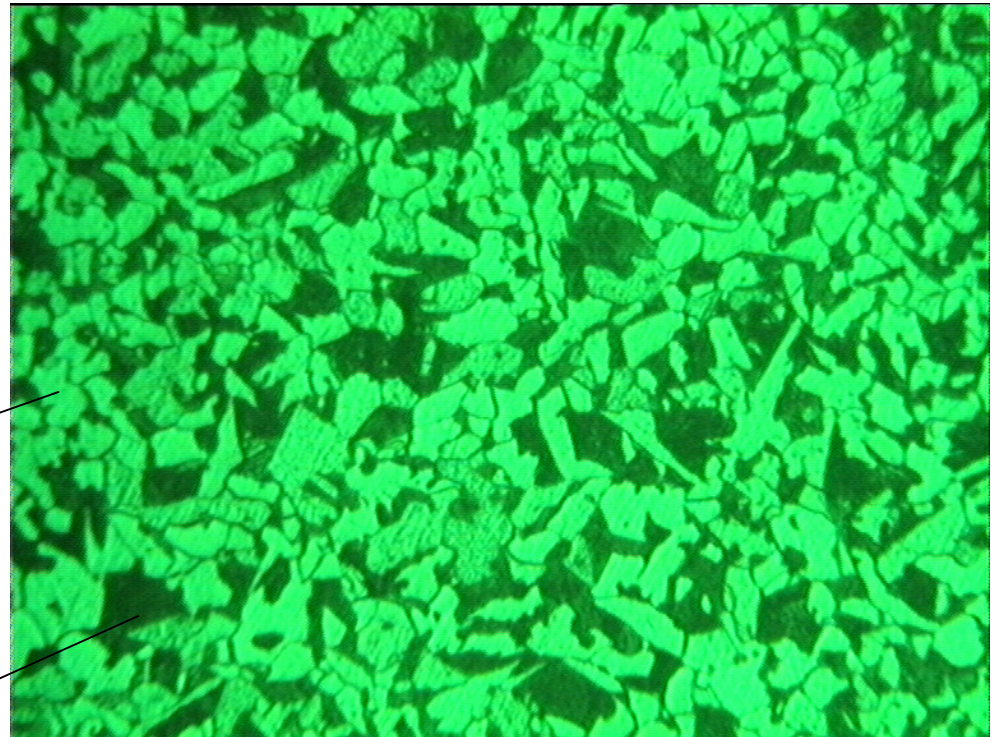
Szövetszerkezet:

ferrit + perlit

N 200x

ferrit

perlit



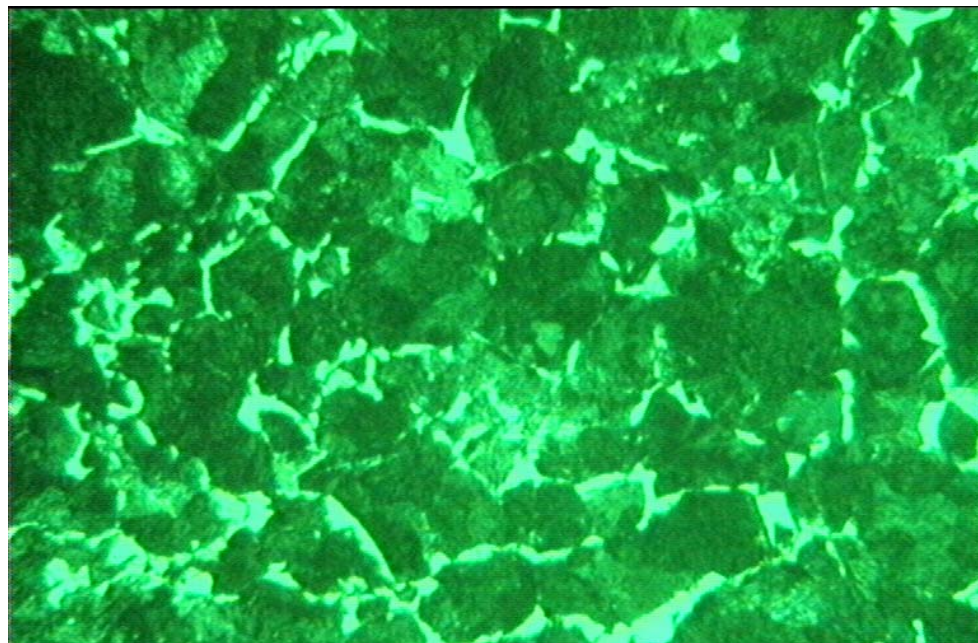
# A C tartalom hatása

**0,45 % C**

**Szövetszerkezet:**

**ferrit + perlit**

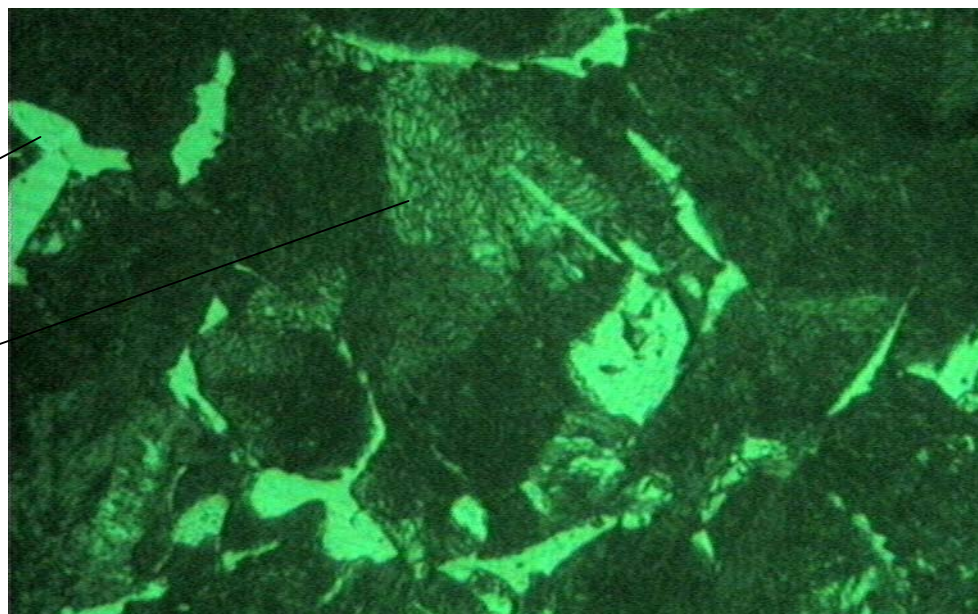
**N 200x**



**N 500x**

ferrit

perlit



Lemezes szerkezet

**A C**

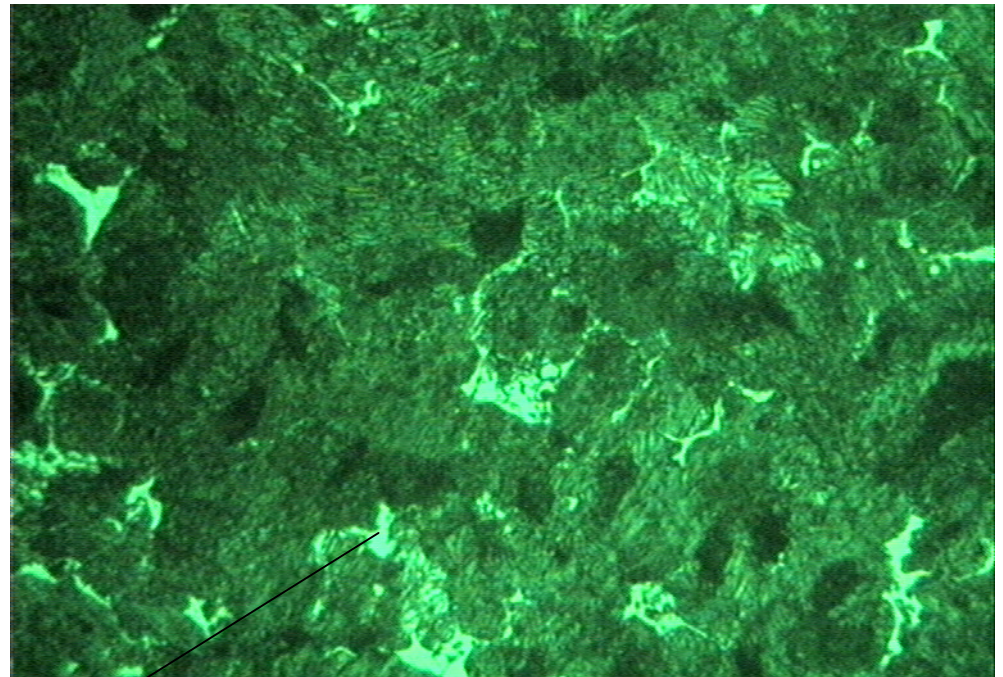
**tartalom hatása**

**0,60 % C**

**Szövetszerkezet:**

**ferrit + perlit**

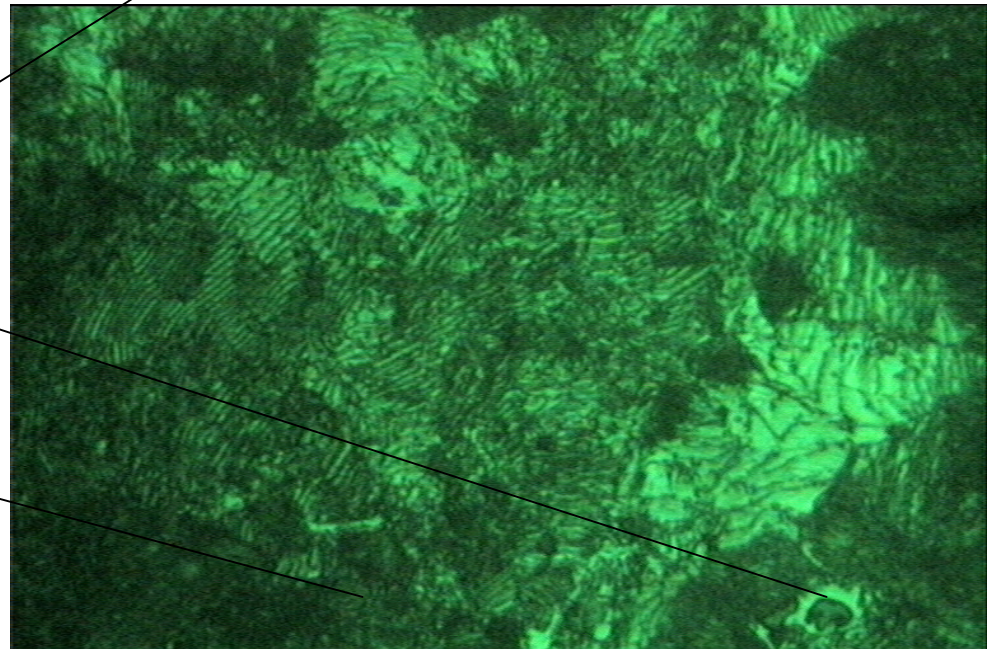
**N 200x**



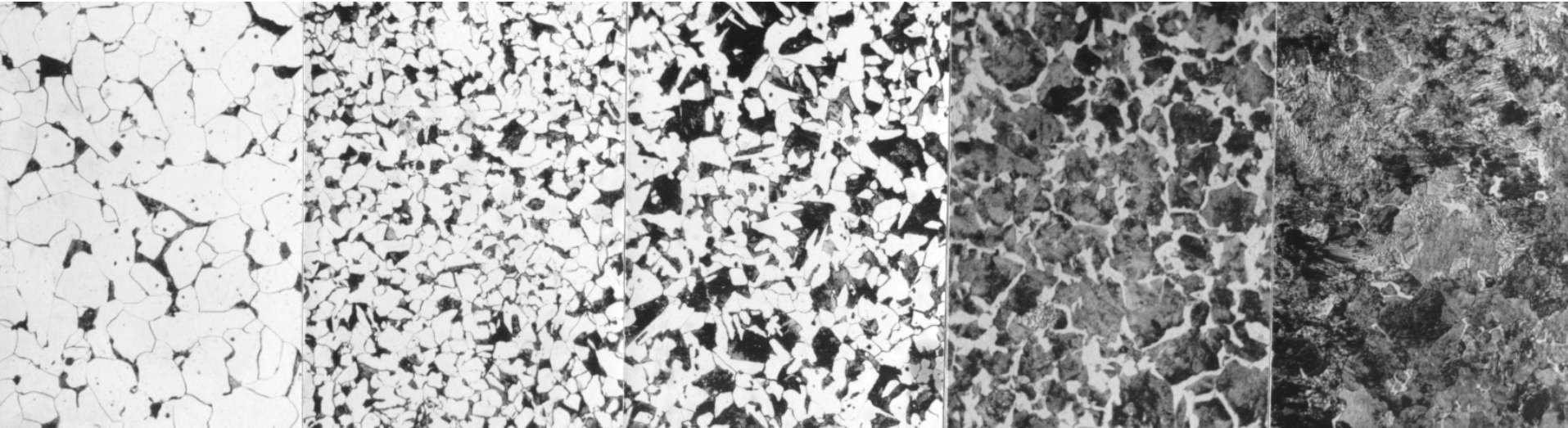
**N 500x**

ferrit

perlit



# A C tartalom hatása a szövegszerkezetre



**A C tartalom növekedésével csökken a ferrit és nő a perlit mennyisége, ami a szilárdság, a keménység növekedését, az alakváltozókéesség csökkenését eredményezi**

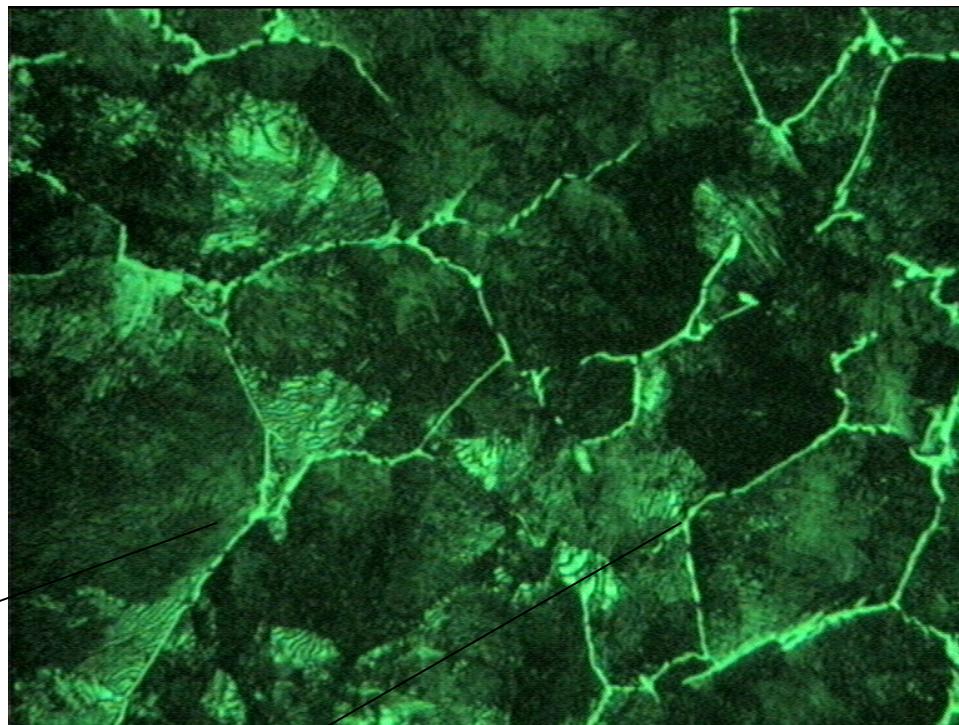
# Hipereutektoidos acél C $\approx 1,3$ %

Szerszámacélok (pl. fogaskerék)

**Szövetszerkezet**  
**perlit+ szekunder**  
**cementit**

**N 250 x**

**Marószer: Nitál**



perlit

Szekunder cementit  
(hálós)

# Fe- Fe<sub>3</sub>C rendszer

## Öntöttvasak

- A karbidos rendszer szerint kristályosodó öntöttvasakat **önálló szerkezeti anyagként nem használják**, mivel nagyon kemények, nem alakíthatóak, a megmunkálásuk is nehézségeket okoz
- A karbidos rendszer szerinti kristályosodás elsősorban azokra az ötvözetekre jellemző, amelyeket a továbbiakban az acélgyártás alapanyagaként használnak.

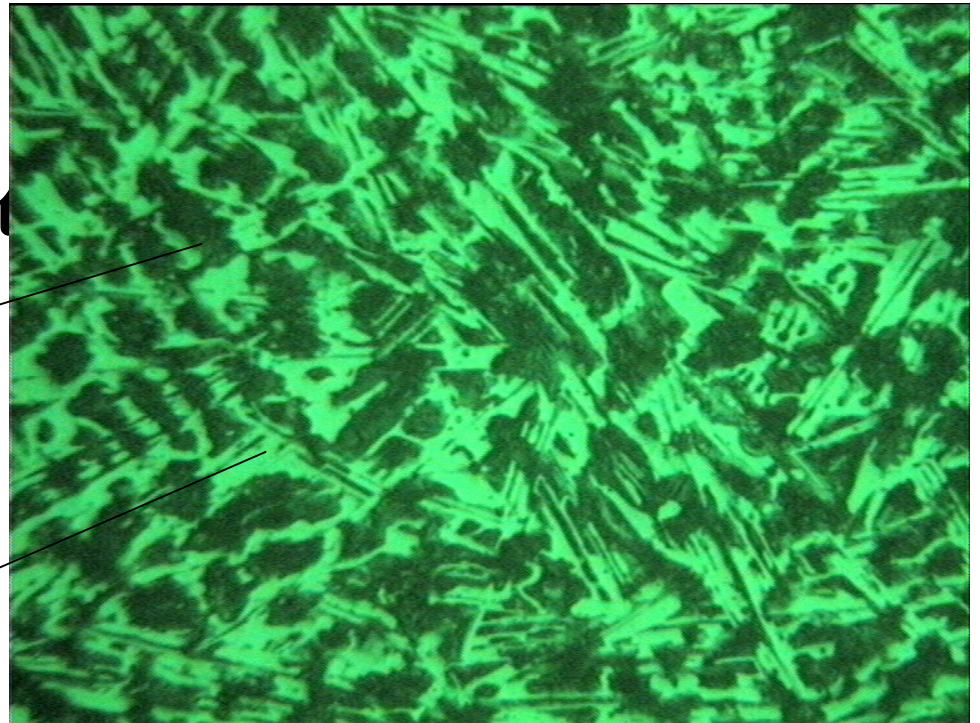


# Hipoeutektikus öntöttvas

**Szövetszerkezet:**  
**perlit + ledeburit +**  
**szekunder cementit**

perlit

ledeburit

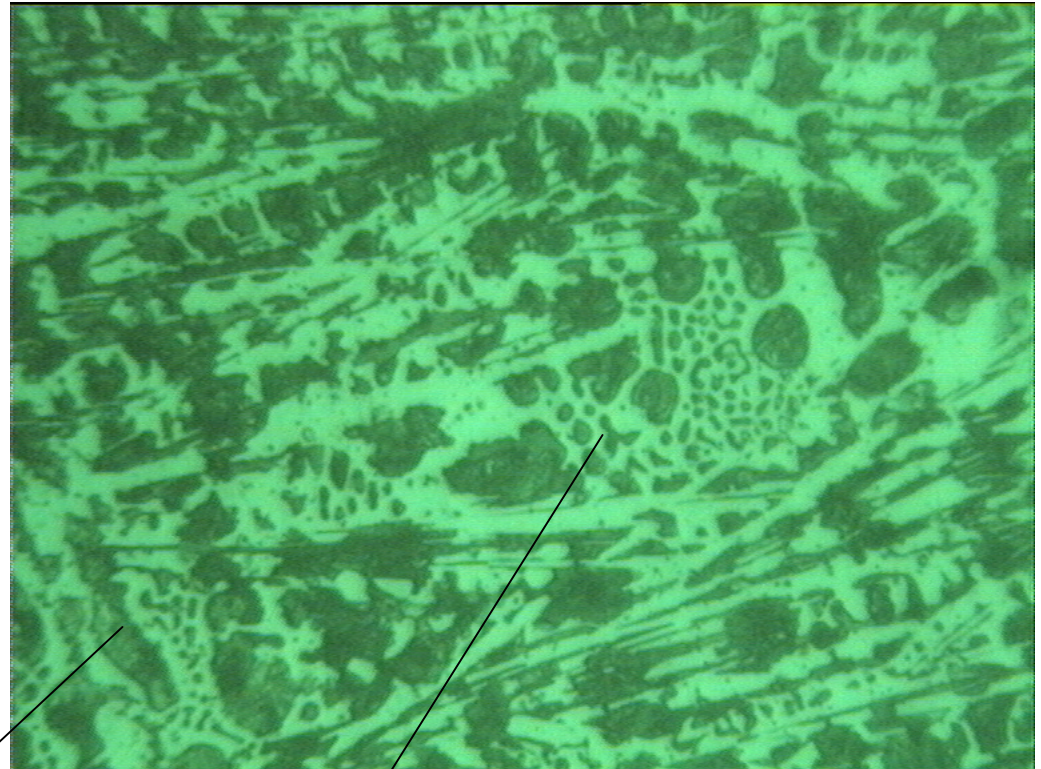


# Ledeburit

**1147 C°-on képződik  
4,3 %C olvadékból.**

**Fázisai : ausztenit és  
vaskarbid. Az ausztenit  
szekunder cemenetit  
kiválás után perlitté  
alakul**

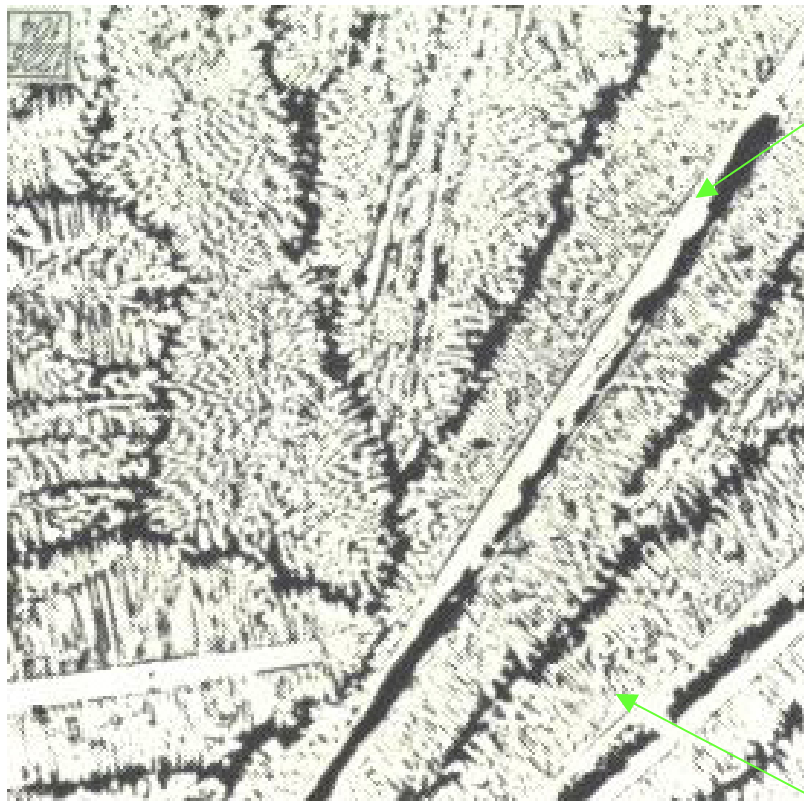
**Kemény, rideg,  
kopásálló**



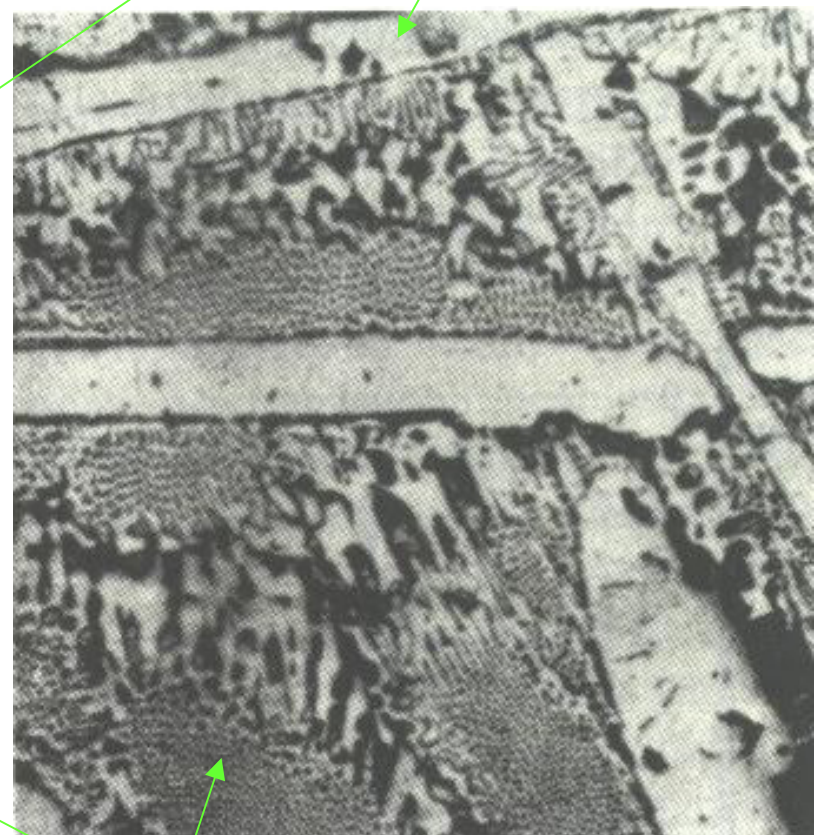
Az ausztenitből  
képződött perlit

vaskarbid

# Hipereutektikus öntöttvas



N 50 x

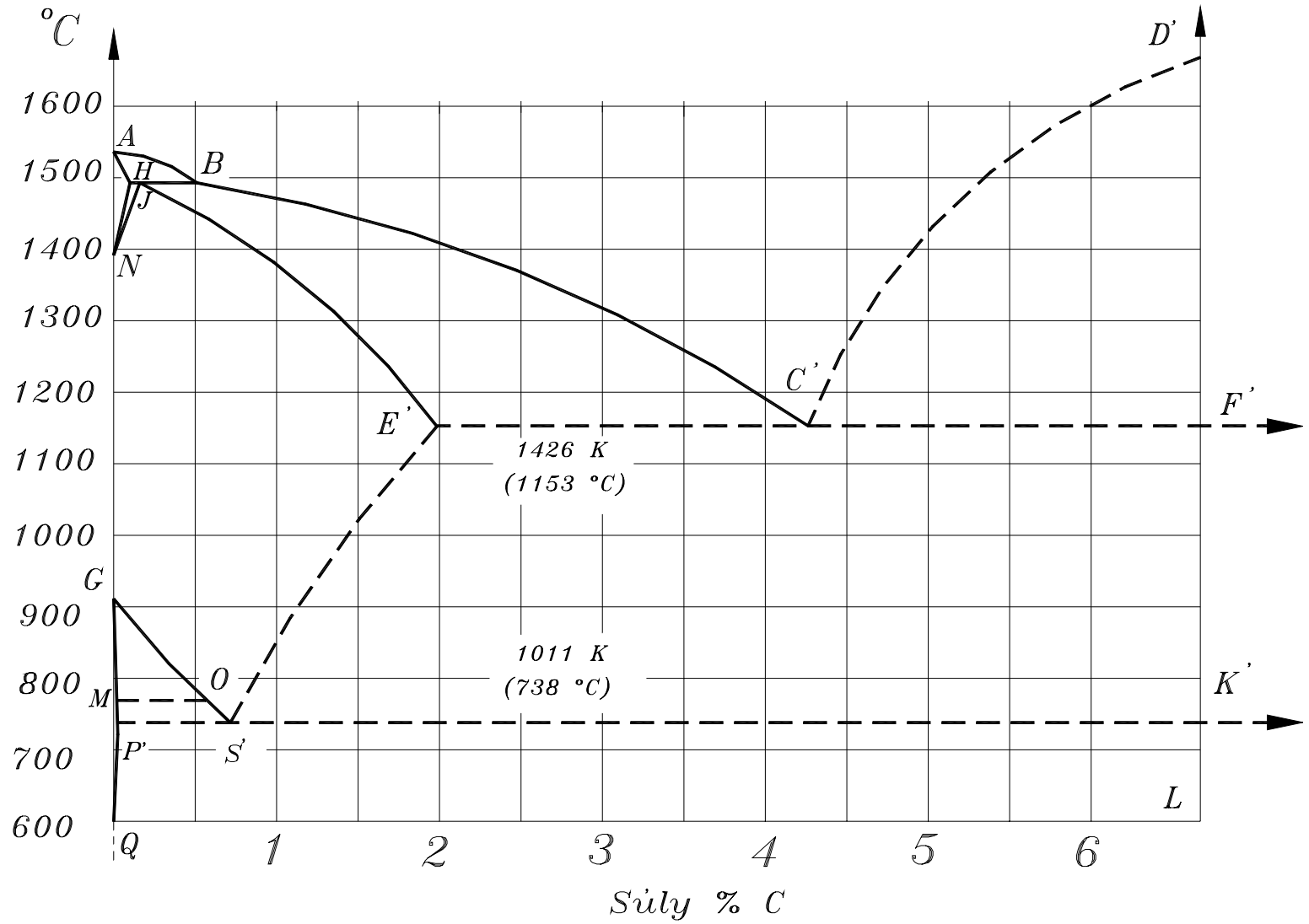


N 300x

ledeburit

Primer cementit

# Vas - Grafit diagram



# Grafitos vagy stabil rendszer

**A grafitos vagy stabil rendszer egyensúlyi diagramjának alakja a karbidos rendszer diagramjához nagyon hasonlít, sőt a két diagram vonalainak jelentős része pontosan egybeesik. Azok a vonalak ugyanis, amelyek a vas módosulatainak és azok szilárd oldatainak képződésére vonatkoznak az ikerdiagram mindkét tagjában közösek. Különböző helyzetűek azok a vonalak, amelyek a cementitnek vagy a karbidos szövetelemeknek, lédeburitnak vagy perlitnek a képződésére vonatkoznak.**

# Grafitos vagy stabil rendszer

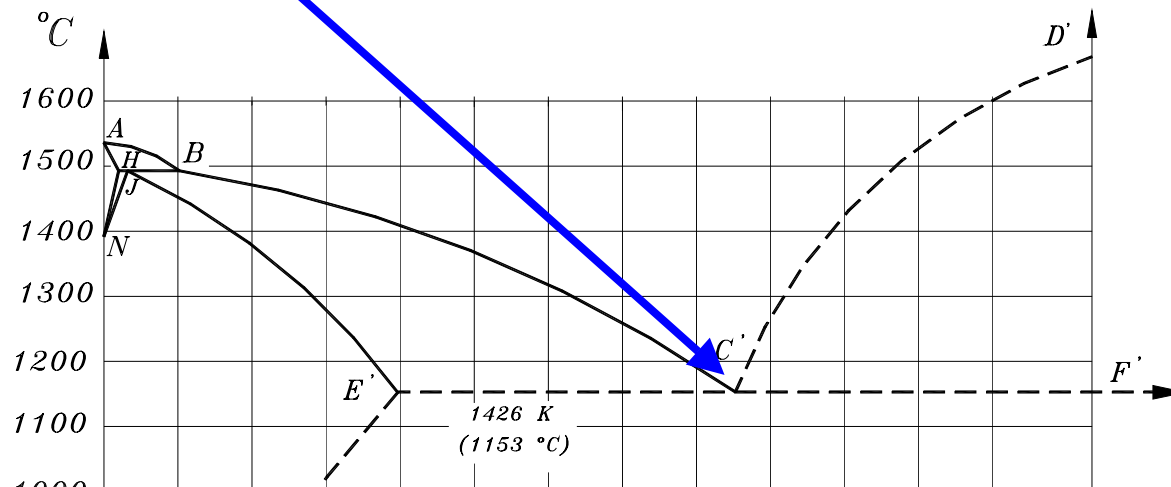
**Fontos megjegyezni, hogy itt a 6,67 % C tartalmú  $\text{Fe}_3\text{C}$  nem létezik, a diagram a 100 % C-ig tart. A grafitos rendszer fázisaira vonatkozó pontokat ' -vel jelöljük.**

**A pontok magasabb hőmérsékleteken vannak, ezért a hozzájuk tartozó C tartalom kisebb.**

# Vas - grafit egyensúlyi diagram

## Eutektikum kristályosodása 1

A grafitos rendszer szerint a  $\gamma$  ausztenit kristályosodásának kezdetét jelentő BC' likvidusz és a grafit kristályosodásának kezdetét jelentő C'D' likvidusz a C' pontban metszi egymást. Ez a grafitos rendszer eutektikus pontja. Hőmérséklete 1153 C°.



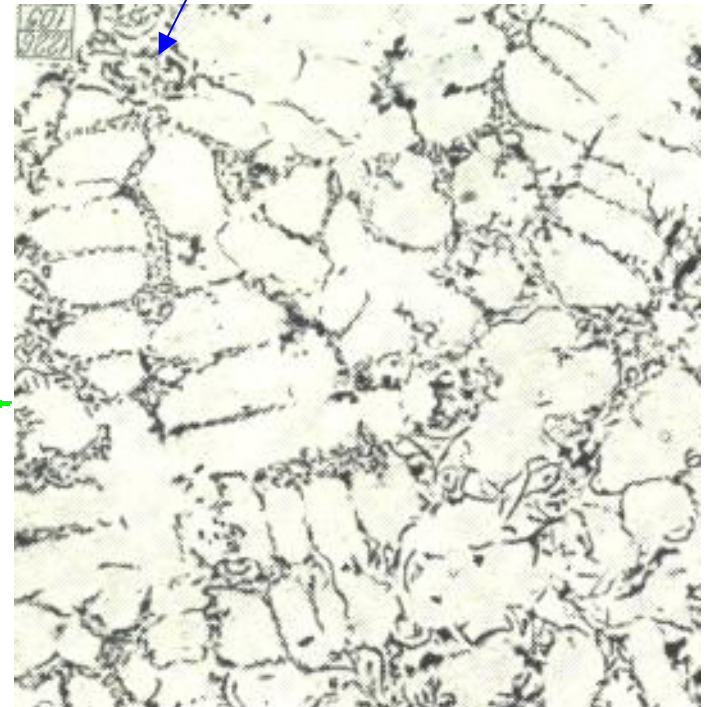
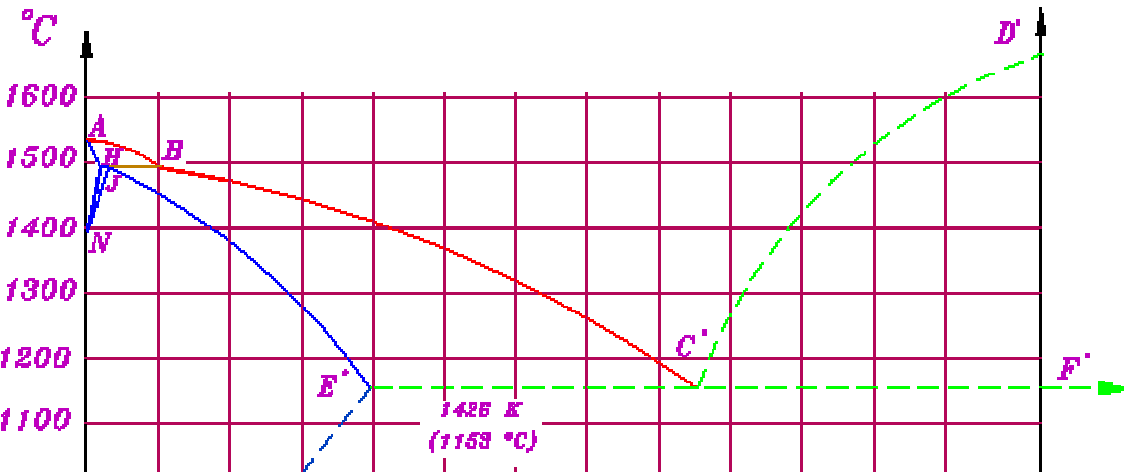
# Vas - grafit egyensúlyi diagram

## Eutektikum kristályosodása 2

Az eutektikus reakció 1153 C°-on:



A szövetelem neve **grafitos eutektikum**





# Vas - grafit egyensúlyi diagram

## Eutektoidos folyamat

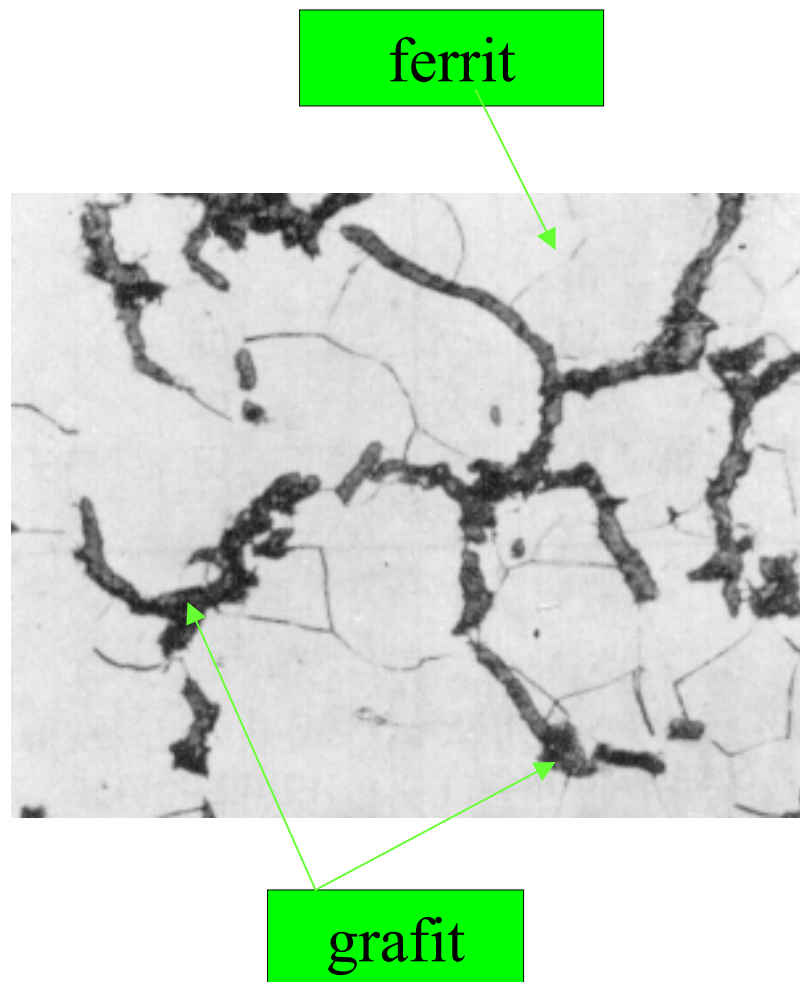
**Az ausztenit átalakulása a grafitos rendszer szerint is végbemegy , mégpedig 738 C°-on a P'S'K' vonalon.**



**Ez a grafitos eutektoid**

# Hipoeutektikus öntöttvas

**A hipoeutektoidos  
öntöttvasak  
szövetszerkezete  
szobahőmérsékleten  
grafitos eutektikum,  
szekunder grafit és  
grafitos eutektoid.  
Mikroszkópon  
megfigyelve csak  
grafitot és ferritet  
látunk**



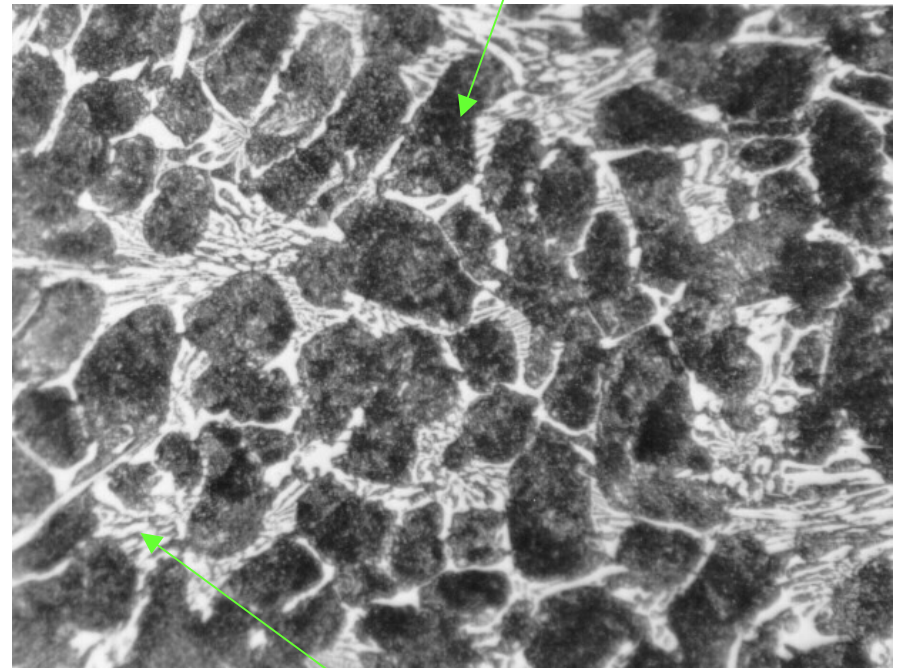
# Gyakorlati öntöttvasak

**A gyakorlati öntöttvasak mindig tartalmazznak 1,5-2 % szilíciumot.**

- **Ha a lehűlési sebesség túl nagy (vékony az öntvény fala)**
- **vagy túl kevés a Si az öntvény „kiféredik”**

# Grafitos rendszer 2

Kisebb Si, vagy gyorsabb hűtés esetén az ötvözet a karbidos rendszer szerint kristályosodik és kemény, rideg lesz

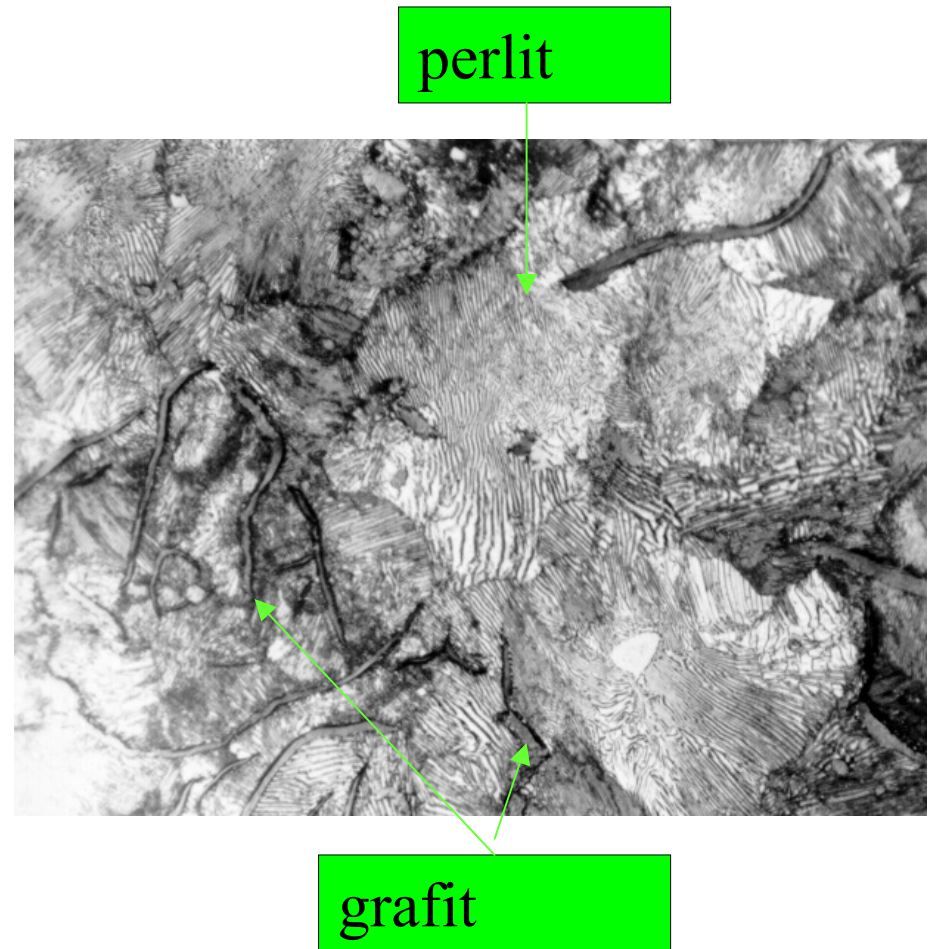


perlit

ledeburit

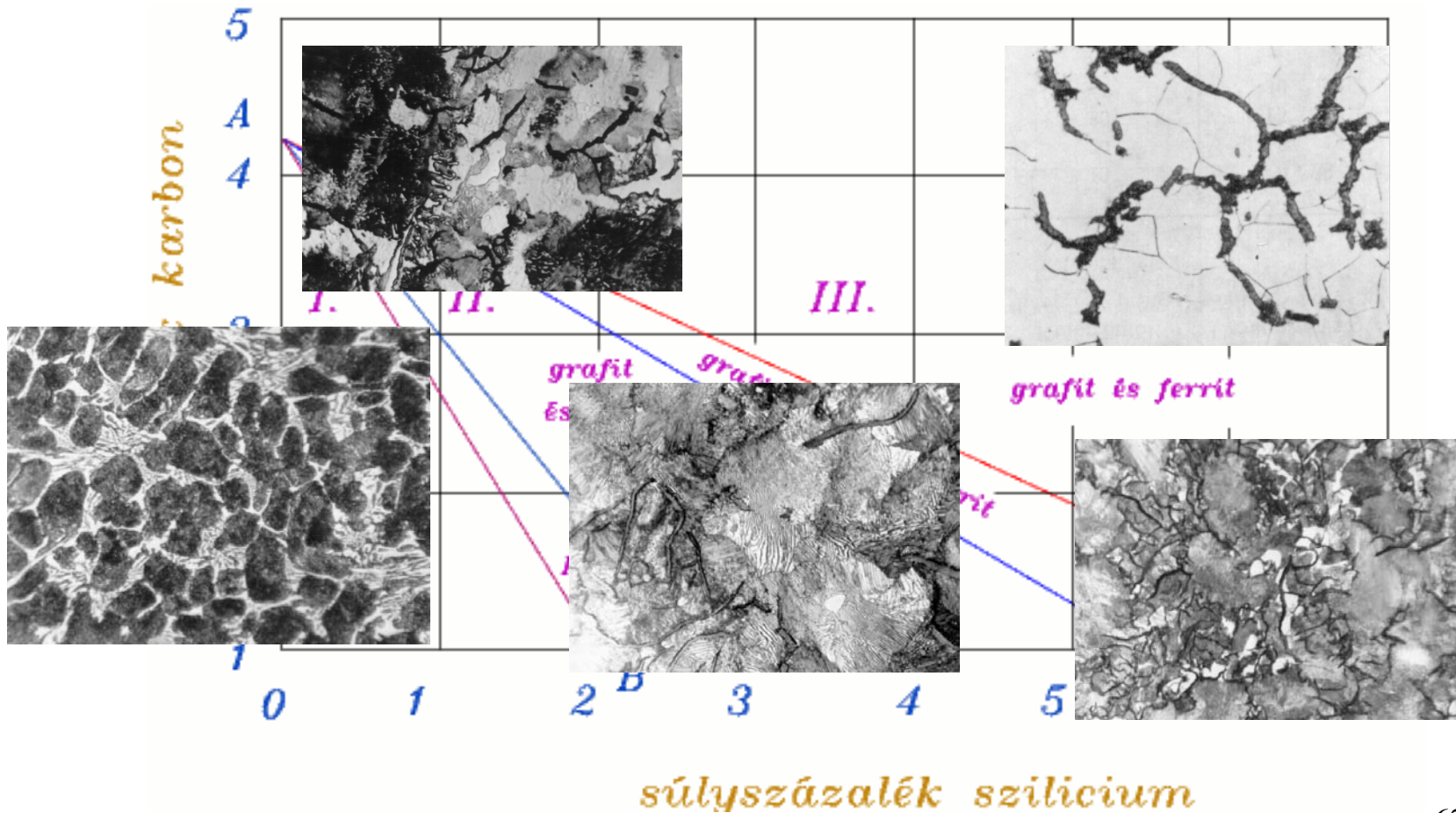
# Grafitos rendszer 3

Gyakori az, hogy az ötvözet a grafitos rendszer szerint kristályosodik, de a karbidos rendszer szerint alakul át, így szövetszerkezete szobahőmérsékleten grafit és perlit



# Öntöttvas diagramok

## Maurer diagram



# Öntöttvas diagramok

## Greiner - Klingenstein diagram

