

## Fémes ötvözetek

Ötvözet: létszámra egyenértékű fémes anyag melyet két vagy több alkotó egyesítése útján alakítunk elő

Ötvözés célja: meghatározott fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságok biztosítása

### Ötvözet alkotói:

- Alapfém: fémes elem (Fe, Cr, Cu...)
- Ötvözők:
  - fémes elem (Cr, V, Ni, W...)
  - metalloidok (C, Si, Sb...)
  - nem fémes elemek (S, P)
  - gáz

### Ötvözetek előállítása:

#### 1. olvadtítás:

- gyakran módszer
- a fémek olvadt állapotban többnyire oldják egymást

#### 2. oldódás:

- megolvadt alapfémbe az ötvöző oldódik

#### 3. ötvözés előötvözetekkel:

- nagy olvadáspont különbség esetén alkalmaznak
- pl.:

$$\begin{aligned} T_{Fe} &= 1536^\circ\text{C} \\ T_{W} &= 3410^\circ\text{C} \\ T_{Cr} &= 1890^\circ\text{C} \\ T_{Mo} &= 2625^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- ferroötvözeteket készítenek: FeV, FeCr, FeMo, FeW

#### 4. porkeverési úton való egyesítés

#### 5. ötvözés szilárd állapotban:

- pl.: diffúzióval  $\rightarrow$  cementáció, nitridáció

$\rightarrow$  ötvözetek szerkezete bonyolultabb a szilfémeknél, kapcsolódást tovább kell vizsgálni

### Alkotóelemek kapcsolata:

#### 1. Szilárd oldatok:

- alkotók szilárd állapotban oldják egymást
- szubsztitúció - helyettesítés
- interstició

#### 2. Fémes vegyületek:

- az alkotók egymással reakcióba lépnek

#### 3. Eutektikum: (eutektoid)

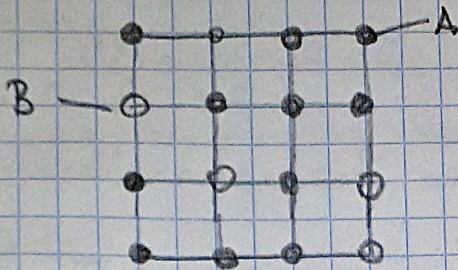
- dermedéskor az alkotók külön válnak, külön kristályosodnak

# Szilikárid oldatok

2019. 09. 11

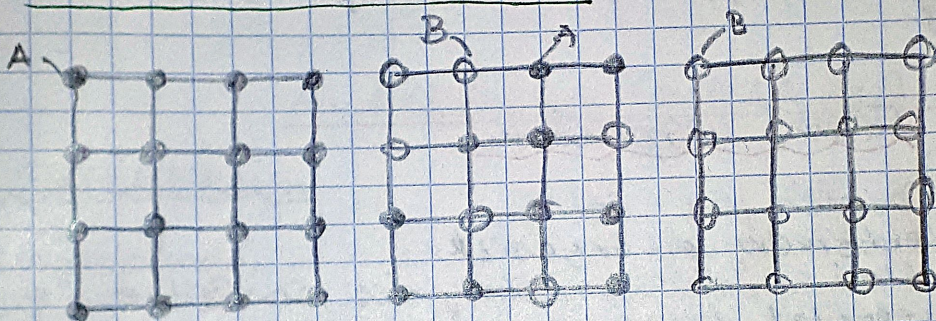
## • substitutív szilikárid oldat

feltétel: - közel azonos atomtípus  
- hasonló elektronegativitás



rendezetlen rácsú sz. o.

## - korlátlan szilikárid oldat:



feltétel:

- azonos kristályszerkezet
- atomtípusok max. 15% -ban különbözhetnek
- vegyérték elektronos számnak meg kell egyeznie

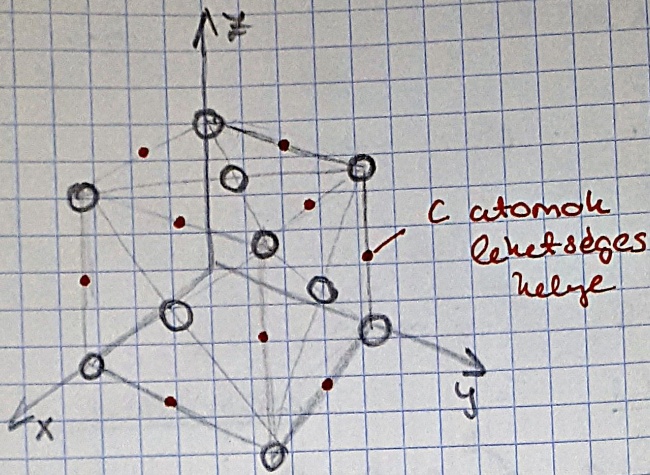
pl: Cu és Ni

## - rendezett rácsú szilikárid oldat

- hosszirányú rendezettség
- mindig azonos jelűekből az A és B
- nehéz létrehozni, nem természetes állapot
- bizonyos relatív arányok újraszerveződéshez szükségesek
- oldó és oldott atomok aránya egész számokkal fejezhető ki

interstitiális szilárd oldat:

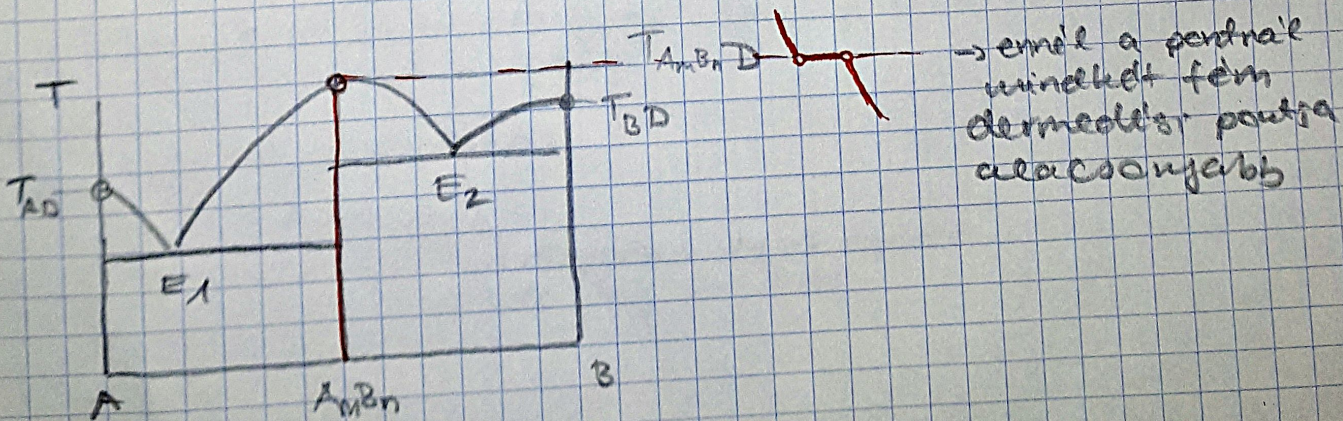
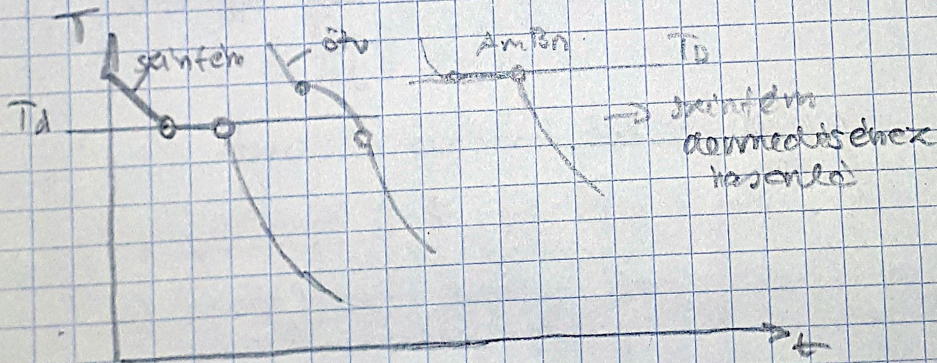
- kis atomméretű elemek az edős anyag rácshézagjaiban helyezkednek el
- pl Fe és C alkotja  $\gamma$ -szilárd oldat (austenit)



Fémes vegyületek

- vegyületi hajlam eseten jön létre
- a kémiai vegyértéktervny eredményesül
- alkotóléte független egyetlen kristályrész jön létre
- Jele:  $A_m B_n$  fémes vegyület (m+n=100)

A-ből m% } van jelen  
 B-ből n% }



### 3 csoportja:

- ionvegyület (ionos kötés)
- elektronvegyület (nagy old. pontú fémek könnyen oldódó fémekkel)
- intersticiós fémes vegyület

### Intersticiós fémes vegyületek:

- nagy olvadáspontú fémek alkotják kis atomsúlyú metalloidekkel
- Fe, Cr  $\rightarrow$  C
- nagy keménység, nagy kopásállóság
- szerkezeti módok alkotói lehetnek

Tehát:

Fe - C intersticiós szilárd oldat

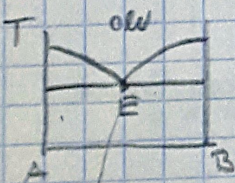
Fe - C interst. fémes vegyület ( $Fe_3C$ )

### Eutektikum (eutektoid)

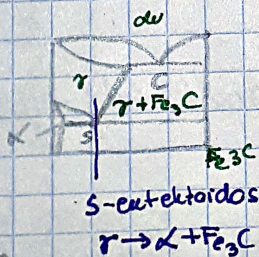
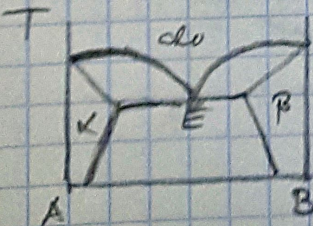
#### Eutektikum

nagyban oldható, jól önthető ~

- kétfázisú szövetelem, amely kristályosodáskor hűlésváltozik



legnagyobb öntési hőm.



#### Eutektoid

nóid  $\rightarrow$  hasonló ~


- kétfázisú szövetelem, amely két kristályosodáskor váltak kiülőin



eutektikum (polikristallit)

## FÁZISOK

a rendszer határfelületével  
elválasztott önálló része

(tömeg, olvadt fém )

- folyékony fém
- szilícium
- szilárd oldat
- $A_nB_m$  fémes vegyület

## SZÜVETELEMEK

mikroszkópi képen megkülönböztethető  
mikroszerkezeti elemek, melyek  
kristályosodás és diffúzió során  
járnak létre

- szilícium
- szilárd oldat
- $A_nB_m$  f. vegy.
- eutektikum, eutektoid  
kristályosodás diffúziósosodás

## Kétalkotós fémek ötvözetrendszere

### Alapfogalmak:

- kétalkotós (bináris) ötvözetek, ha csak két alkotó van jelen az ötvözetben
- alapfém: az ötvözet nagyrészt adó fémes anyag
- egyensúlyi diagramok: ötvözetek kristályosodását vizsgálják  
(egyensúlyi külső viszonyok esetén  
(végtelen lassú hűtéshez közele))
- egyensúlyi diagramok adomái:
  - 90 fém esetén  $N=4005$
  - 50 fém esetén  $N=1000$

Gustav Tammann - eziméni kétalkotós állapotdiagramok

↳ 8 alaptípus

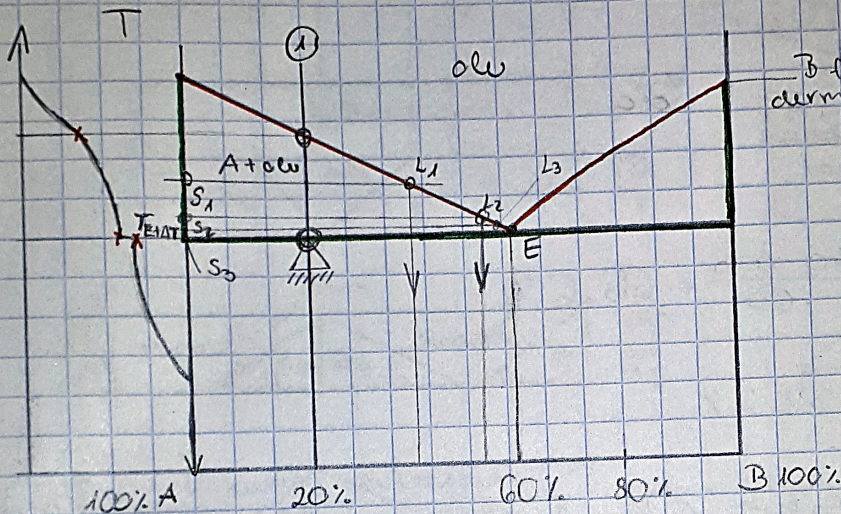
nem létező eziméni, de ennek ismeretében a  
valóságos ábrák olvashatók

valóságos: - sokkal nevesekkel

# Eszményi kétalkotós egységnyi diagramok

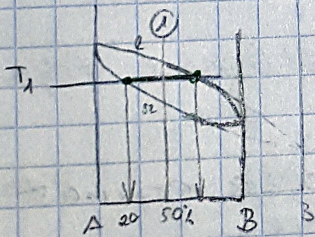
## Tanman 1. : egyszerű eutektikus rendszer

- a két alkotó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymást
- -"- szilárd állapotban egymással nem oldja egymásé
- a két alkotó eutektikumot képez

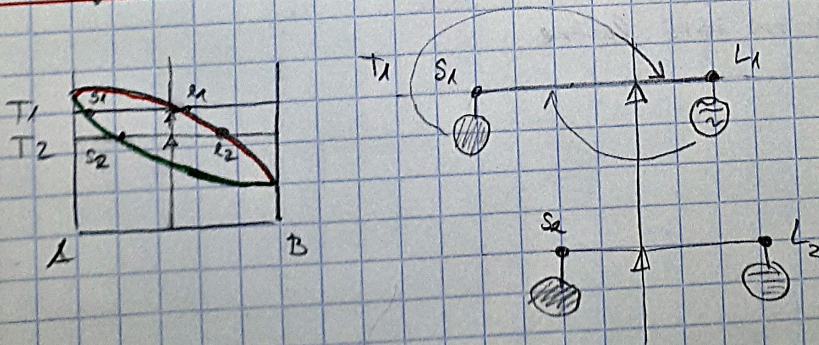


$T_E + AT$  kétféleképpen a szilárd és foly. aránya:

minőség szabály: változat ad arra hogy az adott rendszerben adott összetételnél adott időtávon milyen összetételű fázis kristályosodik



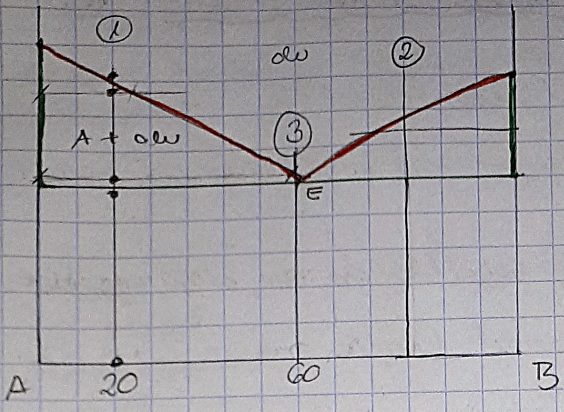
menyiség szabály:



kristályosodási oszlopfa:

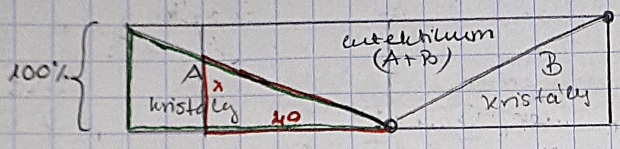
- jellegzetes hőmérsékletűen
- az egységnyi fázis fizikai megadom
- ne lehet a fázisok minőségét indexrel jelölni.
- nyílakkal jelölöm mielő ki alulul ki

20% B  
ötűző anyag



$T_L + \Delta T$   
 $T_L - \Delta T$   
 $T_E + \Delta T$   
 $T_E - \Delta T$   
 $20^\circ C$

olv<sub>20</sub>  
 A | olw  
 A | olw<sub>E</sub>  
 A | Eutektikum (A+B)  
 A<sub>kri.</sub> | A+B  
 eut.  
 eutektikus bomlás



Sz. D  
 $20^\circ C$

x: kristály mennyisége

$$\frac{x}{40} = \frac{100}{60} \quad x = \frac{40 \cdot 100}{60} = 66,6\%$$

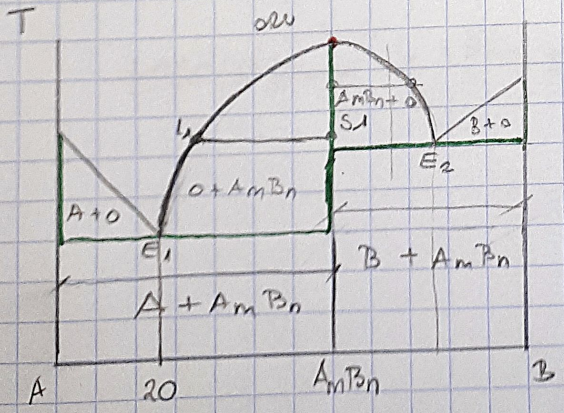
$$Eu = 100 - 66,6 = 33,3\%$$

Egyensúlyi diagram stabil fázis végüléssel

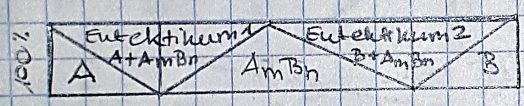
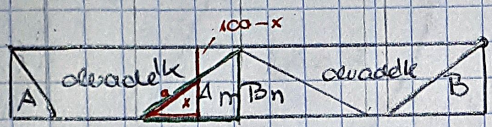
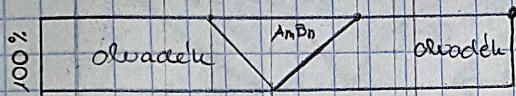
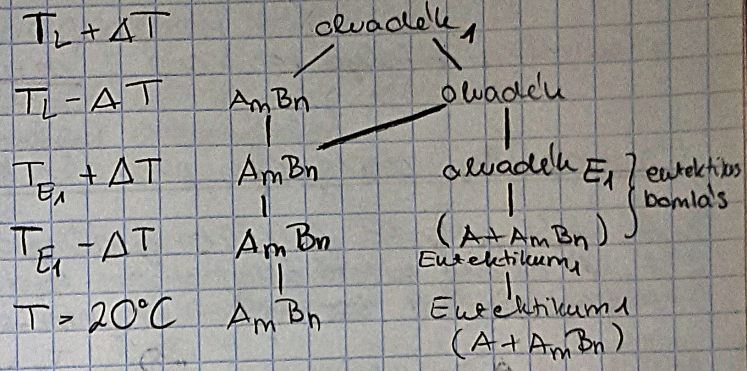
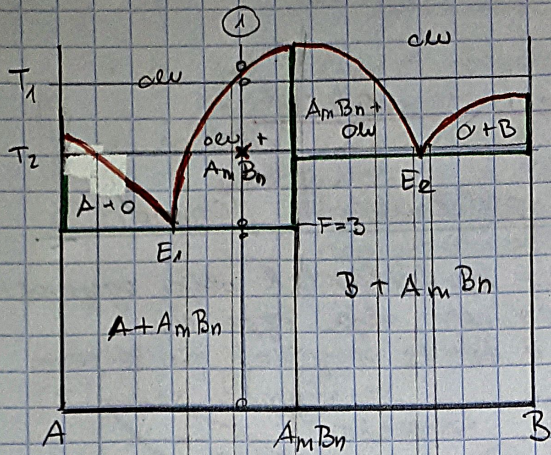
Tamman 2.

- a hűt állandó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymás
- -1- szilárd állapotban egymással nem oldja egymást
- $A_m B_n$  %-nál stabil fázis, végülét jön létre  
 ↓  
 duvadékos kristályosodik

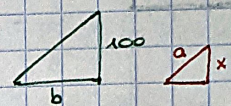
• 2 eutektikum jön létre



Stabil fémek vegyület megjelenésének feltételei



minden „vízszintes vonalon” 3 fázis tart egyensúlyt



$x \rightarrow AmBn$  %-os mennyisége

$$\frac{x}{a} = \frac{100}{b}$$

$$x = \frac{a \cdot 100}{b}$$

$$olv = 100 - x$$

eutektikum: ott van ahol a szolidusz vízszintes



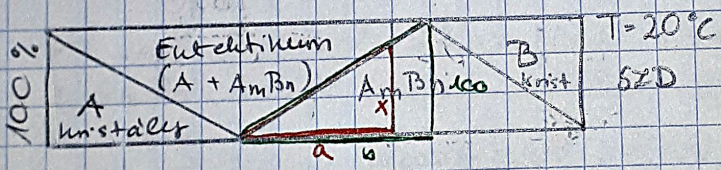
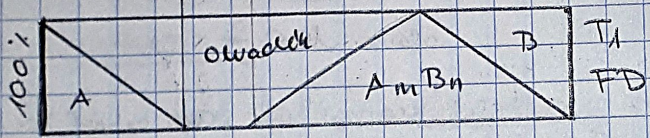
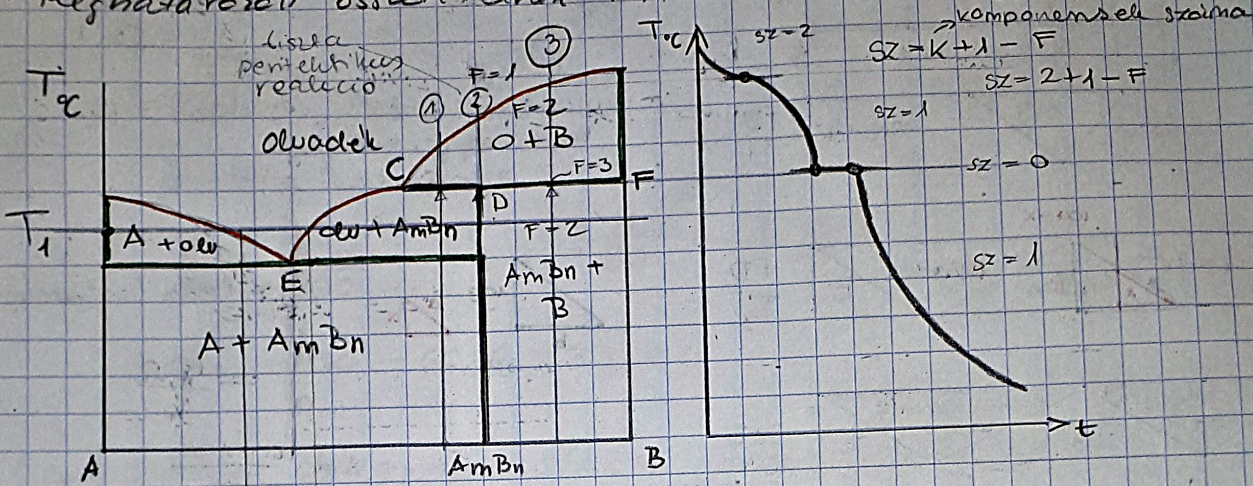
Nem stabil fémességű, vegyület, megjelenésé

→ Peritektikus reakcióval létrejövő vegyület

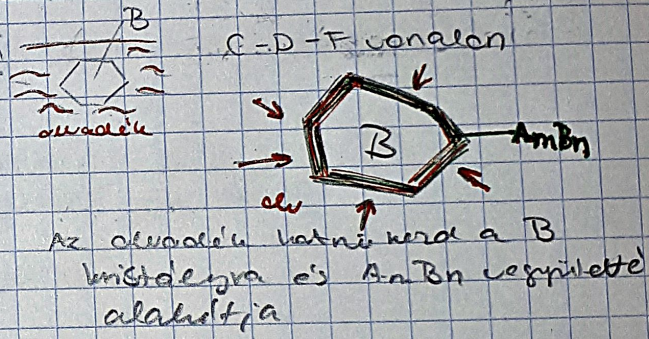
felületen átfolyó reakció: peritektikus reakció

Egyensúlyi diagram peritektikus reakcióval: Tammán 3

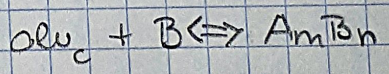
- A két lehetséges fázisközi állapotban korlátlanul oldja egymást
- A két lehetséges szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást
- Meghatározott összetételű nem stabil fémességű vegyület jön létre



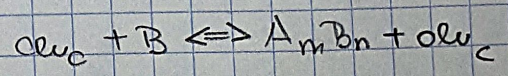
Peritektikus reakció:



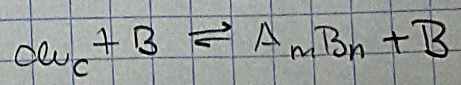
1. Tiszta per. reak.



1. C-D szakasz szakasz mentén



3. D-F szakasz mentén



$x \rightarrow AmBn$  mennyisége

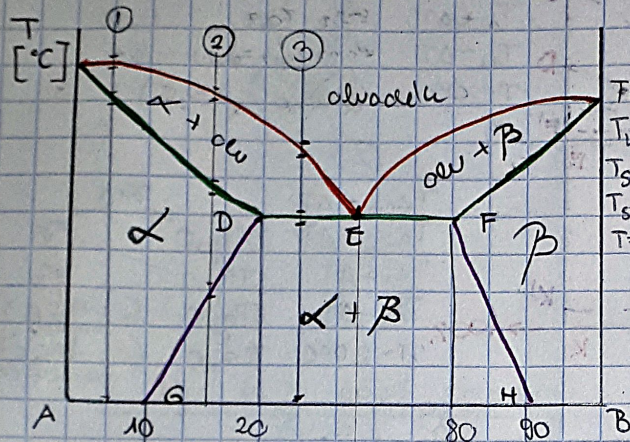
$\frac{x}{a} = \frac{100}{b}$

$100 - x =$  eutektikum mennyisége

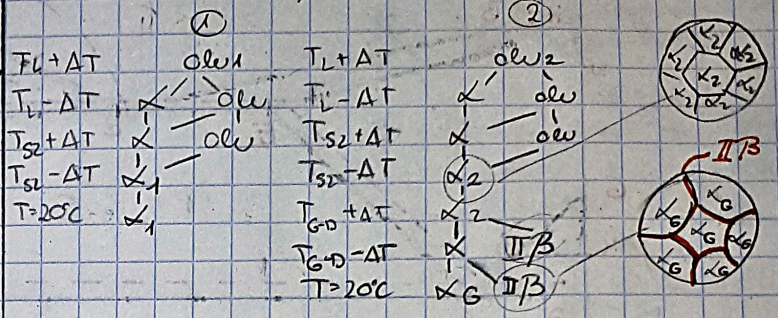
# Egysülepű diagram korlátolt oldóképeséggel

## Tamman F.

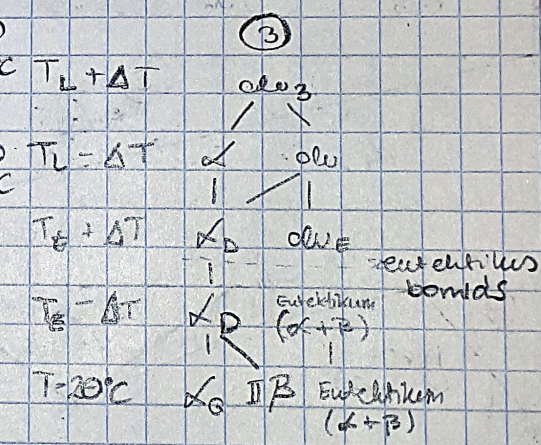
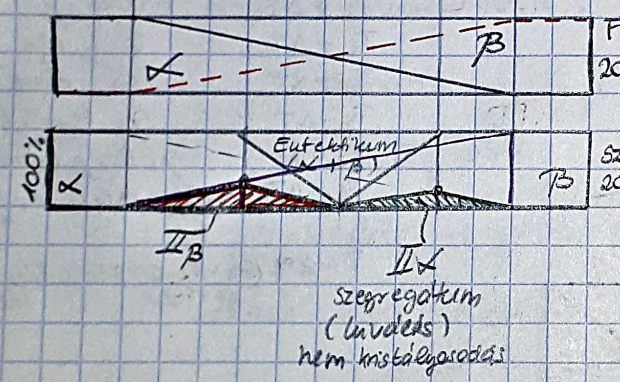
- a hőt alható folyékony állapotban korlátlanul oldja egymást
- ritka állapotban korlátolt oldóképeség jellemző
- az oldóképeség a hőmérséklet növekedésével
  - csökken - gyakori
  - nem változik - ritka
  - növekszik - ritka



G-D, F-H → hirtelen, ugrások



másoldásos kivétel: alapvetően megváltoztathatja az ötvözet szerkezetét



maximum IIβ:

$$\frac{x}{20-10} = \frac{100}{90-10}$$

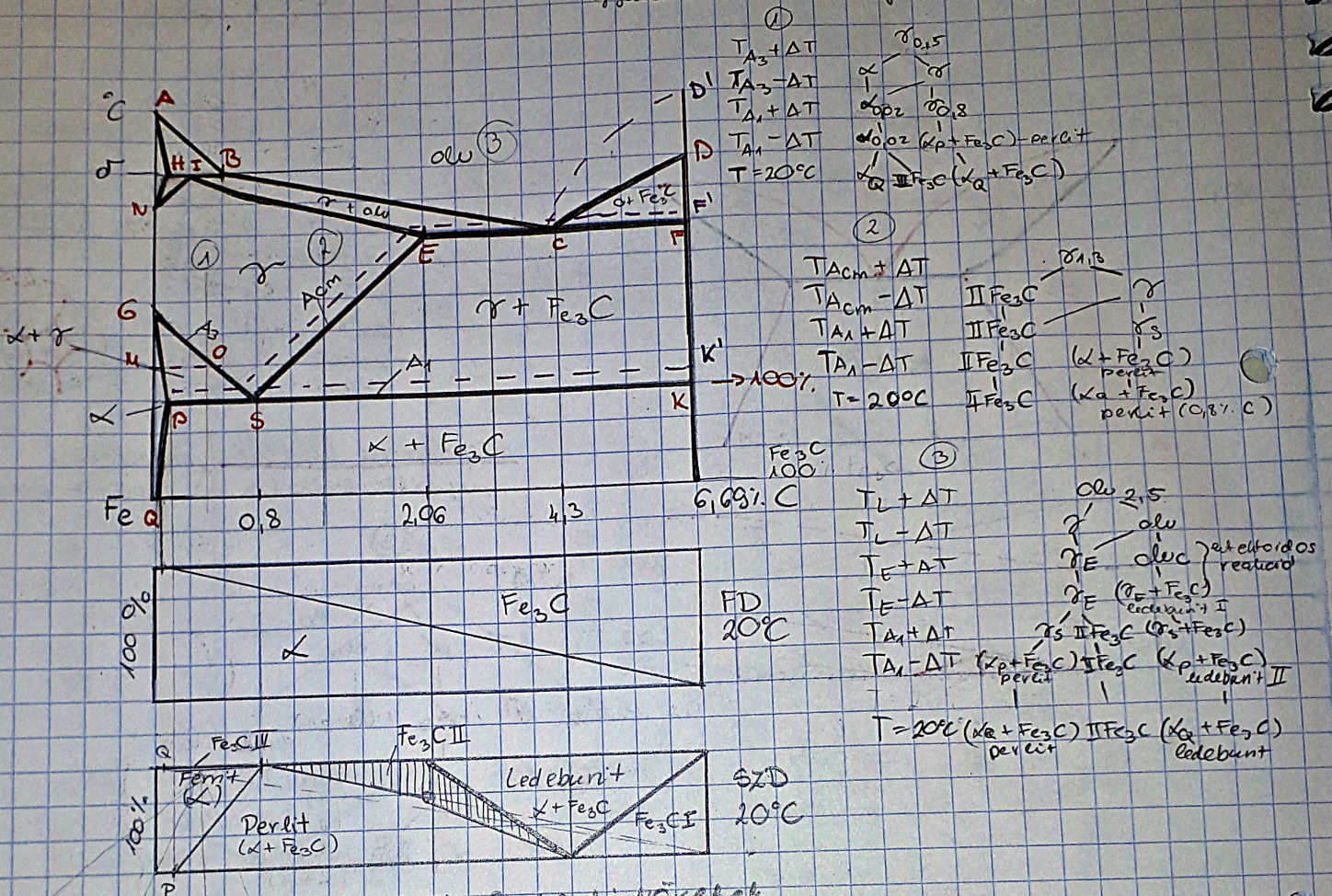
$$x = \frac{10 \cdot 100}{80}$$

$$x = 12,5\% \text{ II}\beta \text{ max mennyisége}$$

Van-karbon ötvözetek egyensúlyi diagramja

- Heyn - Charpy → ök alkotók meg

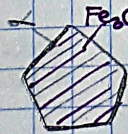
↳ ikerdiagram : • stabilis Fe - C  
 • metastabilis Fe - Fe<sub>3</sub>C  
 ↳ instabil állapot  
 ↳ gyakorlatban kristályosodik így



0-0,8% C közötti ötvözetek

Ferrit : - jól alakítható  
 - lágy

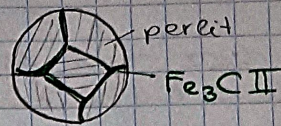
Perlit : - α + Fe<sub>3</sub>C  
 - jól alakítható  
 - vastorbid miatt nem rugalmas



Ferrit és a perlit : • perlit szövedékes menetszerűségének növekedésével egyenletesen csökkenkedik az acél szilárdsága és keménysége  
 • acélban egy töredék γ-szén különbség is jelentős lehet  
 • minden szerkezeti acél természetesen állapotában ferrit + perlit

0,8 - 2,06 (S-E) közötti szövetek:

- nagy mennyiségű perlit
- $Fe_3C$



↳ acél nagyon lassú egyensúlyi hűtéskor jön létre ilyen szövet szerkezet



- gyárilati szövet
- $Fe_3C II$  darabosodott és nem felgyamatos
- a perlit edzhető
- a darabosodott  $Fe_3C II$  az edzési keménységet tovább növeli
- ↳ ezáltal az acélalulke jó szerszámok készíthető

2,06 - 4,3 közti szövetek:

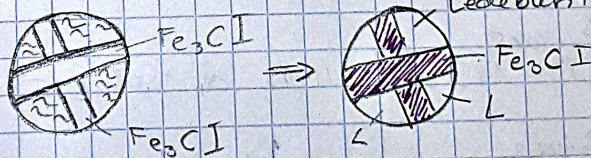
ha tisztán vas-karbidosan kristályosodik

- Ledeburit ( $L + Fe_3C$ ) → nagyon rideg, kemény
- $II Fe_3C$
- perlit → perlit hálósza itt nem érdekesül

↳ fém vasöntvény

4,3 - 6,68 közti szövetek:

$0 + Fe_3C$  mezőben:



- szerkezeti anyagok nem használható
- nagy  $Fe_3C I$  lemezek, hőke ledoburít
- nagyon rideg, kemény szövet
- gyárilati felhasználása nincs
- ipari nyersvas

# Fe - C ; Fe - Fe<sub>3</sub>C legfontosabb jellemzői

- 1.
- likvidusz csak görbe vonal → alkotók folyóan keverednek
  - likvidusz 3 dgu. → 3 primer fázis kristályosodik

## - Metastabilis:

- A-B → δ szilárd oldat
- B-C → γ szilárd oldat
- C-D → Fe<sub>3</sub>C fémcszövet

## - Stablis:

- A-B' → δ' szilárd oldat
- B-C' → γ' szilárd oldat
- C'-D' → C → Grafit (Corr)

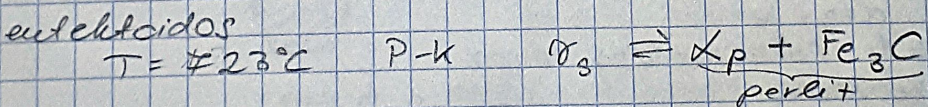
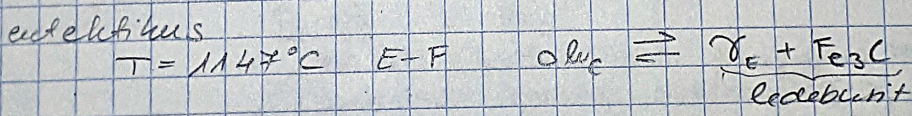
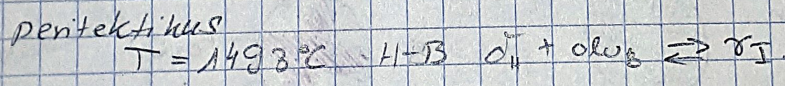
- 2.
- alkotók szilárd állapotban keverednek egymással  
↳ szilárd részben görbe (eutektikum)  
részben egyenes (szilárd oldat)

## szilárd oldatok: Fe<sub>3</sub>C intersticiális sz. o.

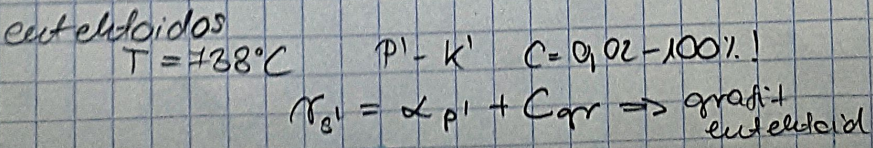
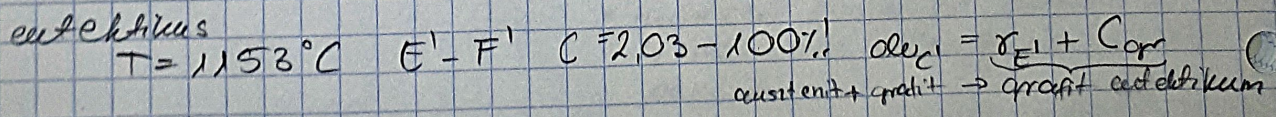
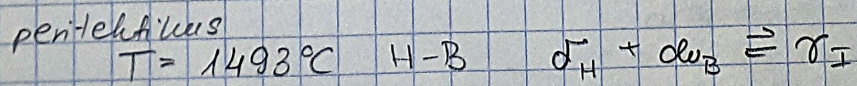
- α sz. o. t.k.k. szövet - ferrit
- γ sz. o. f.k.k. szövet - ausztenit
- δ sz. o. t.k.k. szövet - δ ferrit

# 3. Nonvariáns reakciók (3)

## Metastabilis:



## Stablis:



#### 4. cementit és grafit kiválasztás

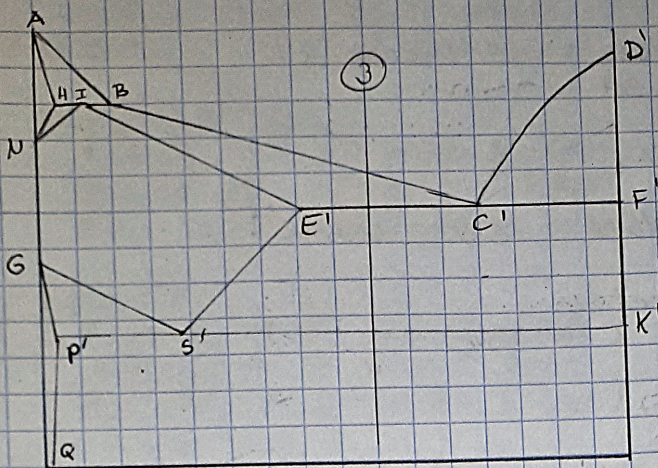
##### Metastabilis rendszerek:

- Elsődleges (folyadékból kristályosodik)
  - ↳ primer cementit
  - ↳ C-D vonalon
  - ↳ C = 4,3 - 6,69%
- Másodlagos (szilárdból → szegregációval)
  - ↳ szekunder
  - ↳ E-S vonal mentén
  - ↳ C = 0,8 - 4,3% C tartalom között
- Harmadlagos (-II-)
  - ↳ terciér
  - ↳ P-Q vonal mentén
  - ↳ C = 0,006 - 0,8 C között

##### Stabil rendszerek:

- Elsődleges (folyadékból kr.)
  - ↳ primer grafit
  - ↳ C'-D' között
  - ↳ C = 4,26 - 100% C
- Másodlagos (szilárdból - szeg.)
  - ↳ szekunder grafit
  - ↳ E'-S' mentén (függőleges vonal)
  - ↳ C = 0,69 - 4,26% C
- Harmadlagos (szil. = szeg.)
  - ↳ terciér grafit
  - ↳ P1-Q mentén
  - ↳ C = 0,006 - 0,69% C

2019. 10. 02.



$T_L + \Delta T$   
 $T_L - \Delta T$   
 $T_{E'CF} + \Delta T$   
 $T_{E'CF} - \Delta T$   
 $T_{P_{Si}K} + \Delta T$   
 $T_{P_{Si}K} - \Delta T$   
 $T = 10^\circ C$

olu3  
 $\gamma_{E'}$   
 $\gamma_E$   
 $\alpha_{Si}$   
 $\alpha_{Si}$   
 $\alpha_Q$

olu  
 olu1  
 $(\gamma_{E'} + C_{gr})$   
 $(\alpha_{Si} + C_{gr})$   
 $(\alpha_Q + C_{gr})$

eutektikus bomlás  
 arafit eutektikum  
 ar eutektikum  
 grafít eutektikum

eutektikus bomlás:  
 $olu1 \rightarrow \gamma_{E'} + C_{gr}$

Ferit grafitos

öv  
öv 100 - öv 150

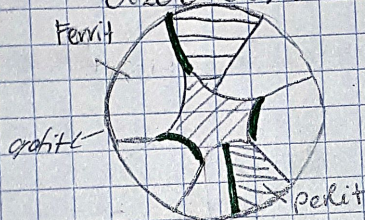


grafitér:

- eles bémetsessel
- kristályosodók
- alacsony  $R_m$  értéke

Perecit + ferit + grafitos

öntöttvasak  
öv 100 öv 250



felkőb, felkődrasa

Tiszta perlit + grafitos öv.

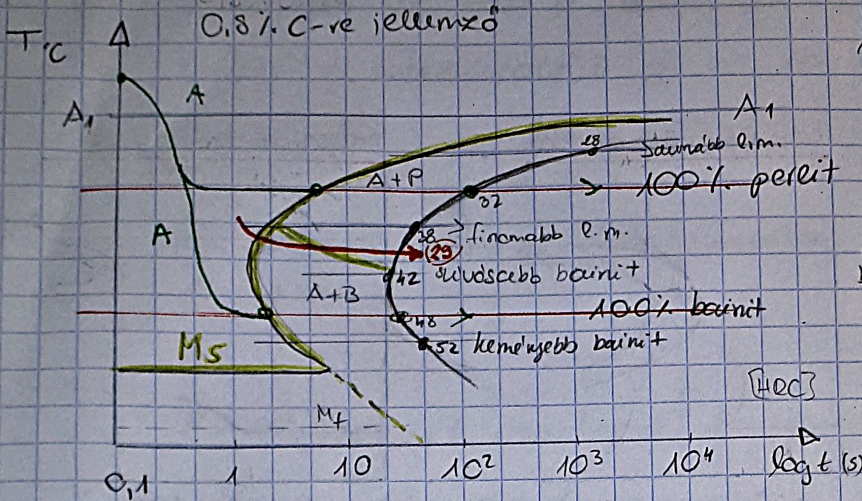
öv 300 öv 400 öv 800



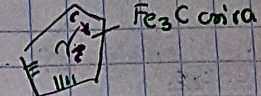
# Vasötvözetek nem egyensúlyi kristályosodása

## $\gamma$ - $\alpha$ átalakulás elvi alapjai

- izotermikus átalakulási diagramok, gamma-alfa átalakulás különböző módjai

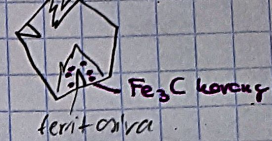


$\gamma$ - $\alpha$  átalakulási perlités változata

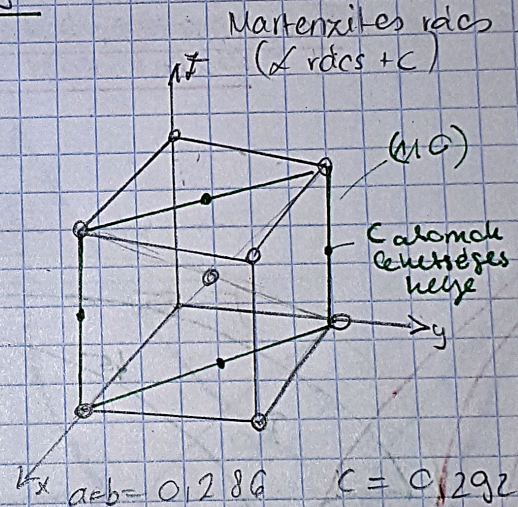
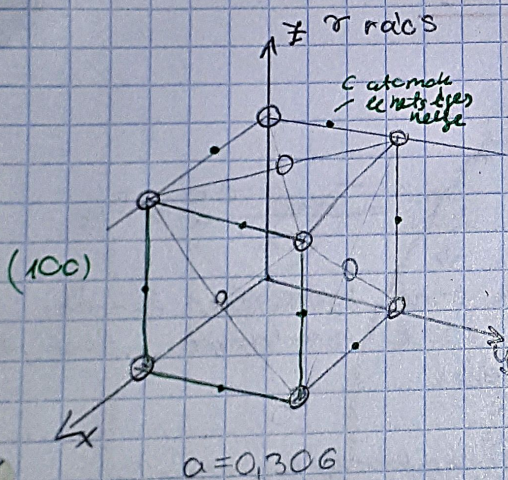


lemezek közti rész  $\rightarrow$  sz. o.

$\gamma$ - $\alpha$  átalakulási bainites változata



## Martenzites átalakulás

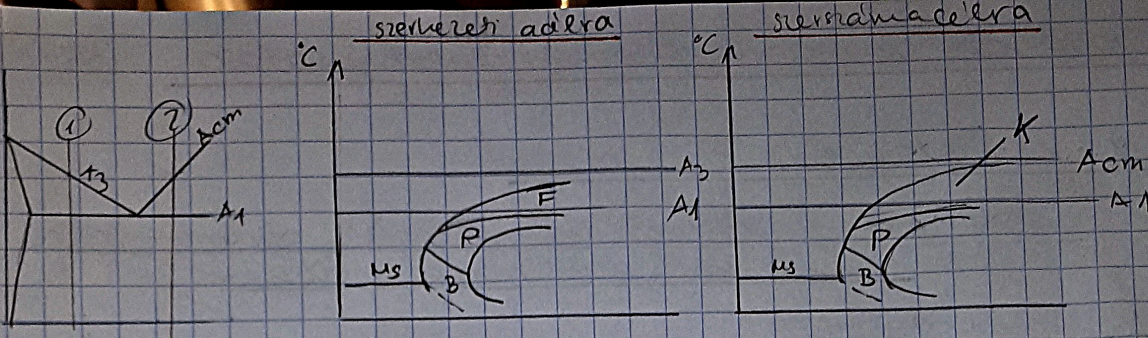


- diffúziómentes átalakulás
- egyfázisú, szövetből egyfázisú szövet jön létre
- átalakulás mennyisége hőmérséklet-függő
- tetraéderes rácsszerkezet jön létre

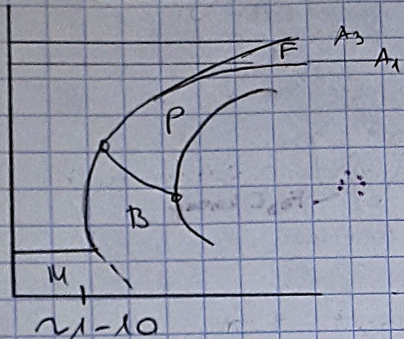
- eredménye:

- beszorult C atomok kristálytani síkokat torzítják, emiatt lesz keményebb

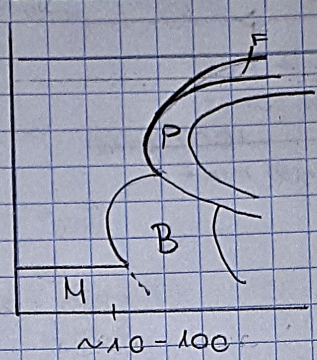




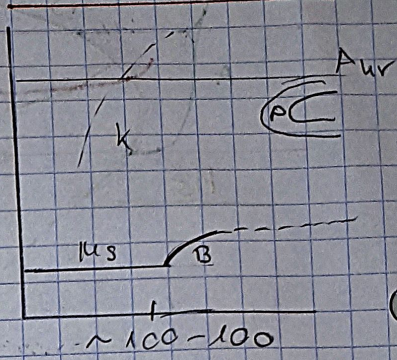
ötözetlen szervezeti acélra



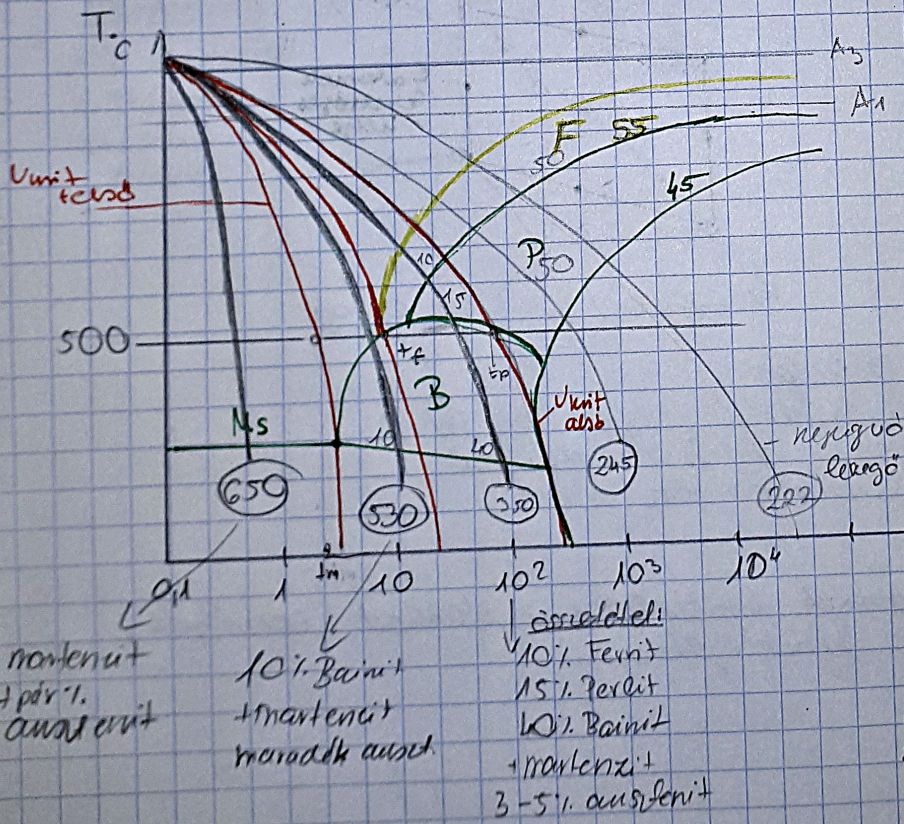
kisül ötvözött acélra



erősen ötvözött acélra



Folyamatos hűlésre érvényes átalakulási diagram



$v_{krit} = \frac{T_{aus} - 500}{t_m}$  °C/s  
 ↓  
 ha ennél gyorsabban hűtjük, csak martenzites szövet jön létre

$v_{krit} = \frac{T_{aus} - 500}{t_p}$  °C/s  
 ↓  
 ha ennél gyorsabban hűtjük, a szervezeti szerkezetben megjelenik a martenzit

$v_{krit} = \frac{T_{aus} - 500}{t_f}$  °C/s  
 ↓  
 ha ennél gyorsabban hűtjük a szöv. szerk. ben nem lesz ferrit

martenzit + pár % ausz. ferrit  
 ↓  
 10% Bainit + martenzit maradk ausz.  
 ↓  
 3-5% ausz. ferrit  
 ↓  
 10% Ferrit  
 15% Perlit  
 10% Bainit + martenzit

# Szemcseméret változása $\gamma$ - $\alpha$ átalakulásakor

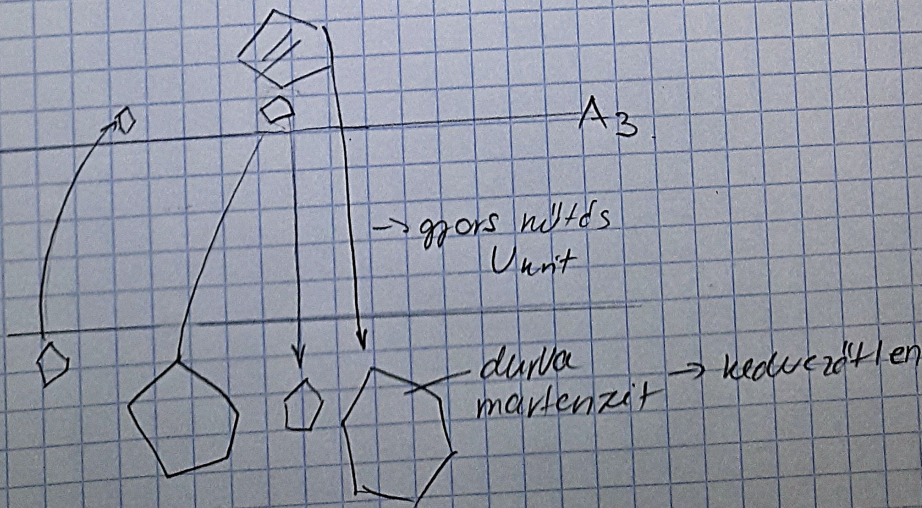
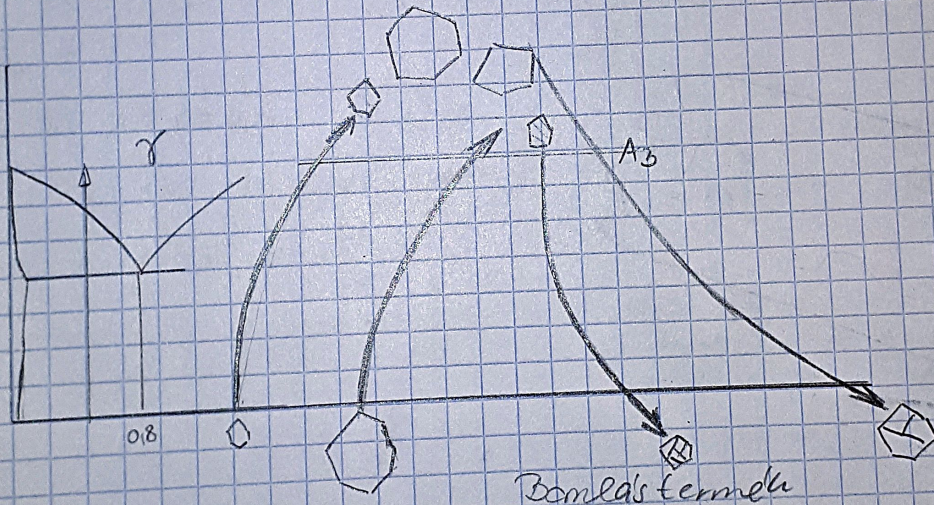
2019. 10. 9.

## Felhevítéskor:

- legfinomabb szemcseméret a  $\gamma$  mező első repididjában
- tovább hevítve a szemcseméret rohamosan nő
- ezt a növekedést a hőtartási idő befolyásolja

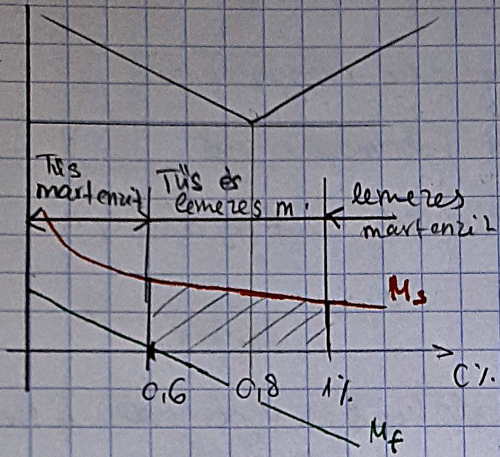
## Hűtéskor:

- Ausztenit bomlástermékké alakul  $\rightarrow$  finomodik a szemcse  
 $\downarrow$   
mert kristályosítási rák alakulnak ki
- Ausztenit martenzitké alakul (nem bomlástermék)  
 $\rightarrow$  megmarad az eredeti szemcseméret  
 $\rightarrow$  az eddévított ausztenitből durva martenzit lesz  $\rightarrow$  kedvezőtlen szilárdsági tulajdonságok

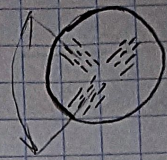


# Martenzit morfológiaja

↳ ledrása



Tűs martenzit:



3-5% maradék auztenit

Lemezes martenzit:

maradék auztenit tartományok  
 ↙  
 nehezen oldhatóak és martenzitké



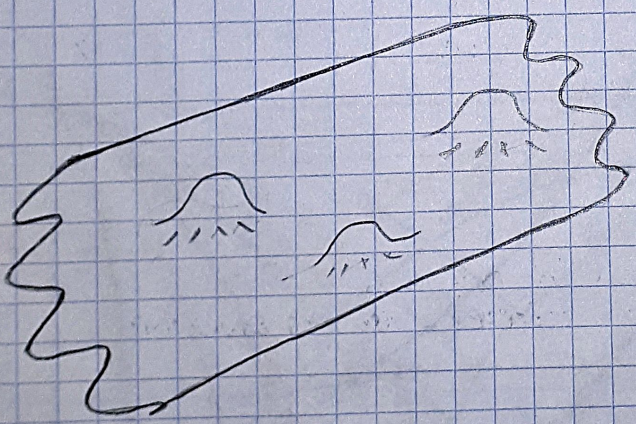
martenzit lemezek  
 ~10-30% m.a.

• Tűs martenzit:

különböző de meghatározott orientációjú martenzit tűk tartományokkal

• Lemezes martenzit

- egy irányú felett nagy sebességgel a teljes auztenit szemesen végighaladó martenzit lemezek alakulnak ki
- a tartományok között maradék auztenit található

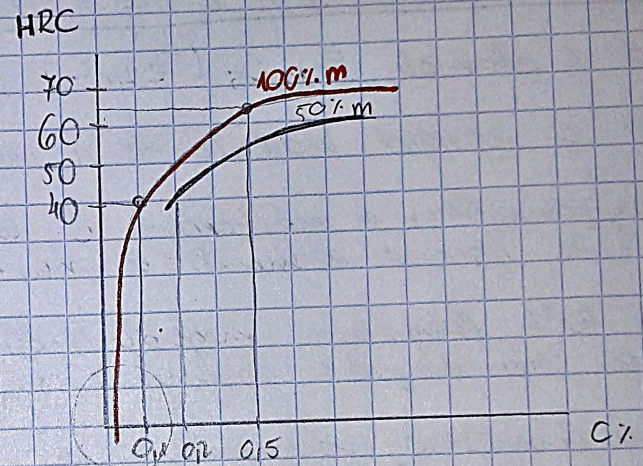
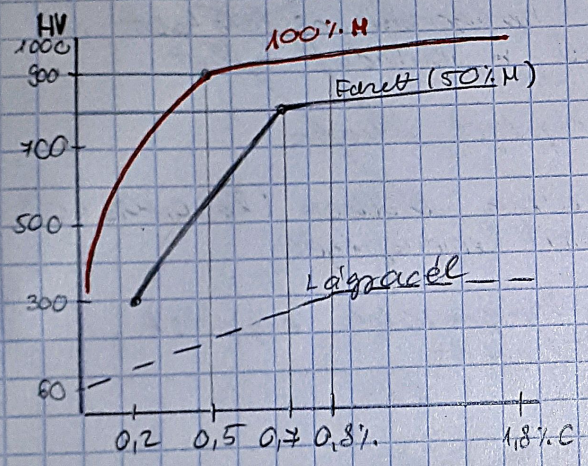


Acélok edzésének és megereztésének metallográfiai alapjai

Ha  $V_{kütés} > V_{kritikus\ felső}$   $\Rightarrow$  martenzites szövet  
 $\sim V_{krit} = 500 - 700 \text{ } ^\circ\text{C/s}$   
 nehezen biztosítható

Edzett acél:  
 Az az acél melynek szövetszerkezetében legalább 50% martenzit található

Elérhető keménységek:



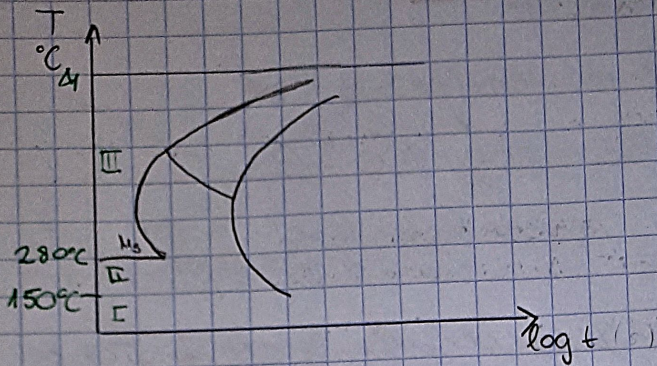
(0,2 - 0,6 - edzhető acélok)

$HV = \frac{F}{A}$

HRC:  $F = 150kp \cdot 9,81$

erős anyag  
 mérésre nem használható  
 $\rightarrow$  csak edzett és rugós anyagnál  
 $100 - e = \dots$  lehet negatív

# Megeresztés



→ megeresztés mindig  $M_s$  alatt

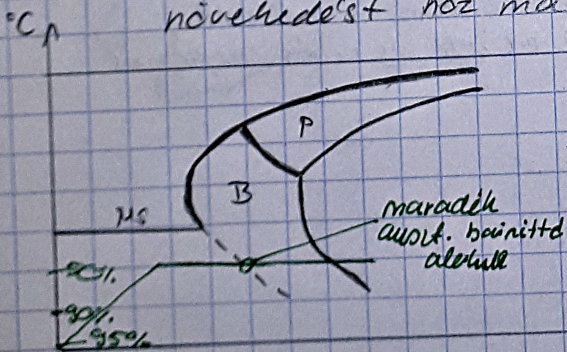
## Megeresztés I. lefordítva ( $T < 150^\circ$ )

hexagonális, összetett

- a C atomok  $Fe_{12}C_5$  ( $Fe_{24}C$ ) jelű  $\epsilon$  karbidot alkot
- ez a karbid kialakulás a keménységet fokozza
- ugyanakkor a martenzit C tartalma csökken (kb. 0,1-0,3% C)  
→ ez viszont csökkenti a martenzit keménységét
- a két folyamat megközelítőleg kompenzálja egymást,  
a keménység csökkenés nem jelentős
- de a feszültség csökken

## Megeresztés II. lefordítva ( $150^\circ C < T < 280^\circ C (M_s)$ )

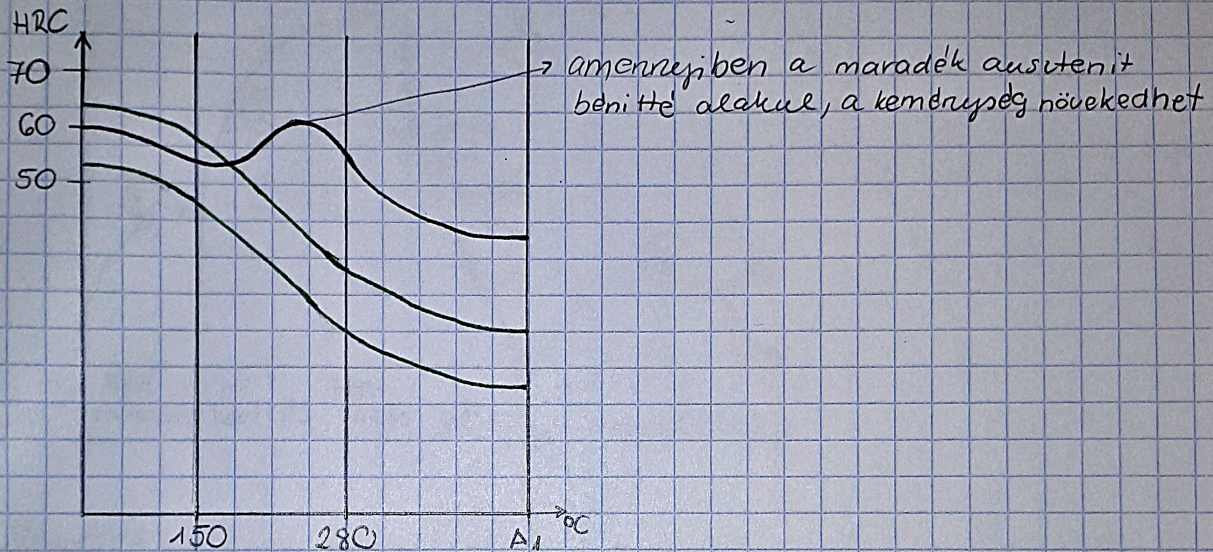
- $\epsilon$  karbid továbbra is kialakul } keménység csökkenés
- korábbi  $\epsilon$  karbid  $\Rightarrow Fe_3C$ -vé alakul
- amennyiben a maradék  $\alpha$  mart. beült. alulról az keménység növekedést hoz majdval



Megeresztés III. Lepcsője  
( $280^{\circ}\text{C} (M_s) < T < A_1$ )

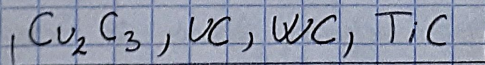
- $\epsilon \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$  korongokká alakul  
↳  $\text{Fe}_3\text{C}$  gömbösödik
- a martenzit elvesztette a C-tartalmát,  $\alpha$ -rácsú ferritké alakul

↳ szferoidit: magas hőmérsékletű megeresztéssel létrehozott szilvs szövetelem



Ötvözött acélok megeresztése

- az ötvözők a megeresztés folyamataival diffúziós folyamatokat lassítják
- tehát a martenzit nehezen bomlik el és így hozhatók létre megeresztésálló acélok  
↳ szándékosan azt akarjuk, hogy ne menjen le a keménység
- emellett szekunder karbidok is kialakulnak az ötvözött szénből



↳  $500^{\circ}\text{C}$  körül is stabilak, stabilan megmaradnak  
↳ alkalmasak nagy  $^{\circ}\text{C}$ -on üzemelő szerszámok anyagának!

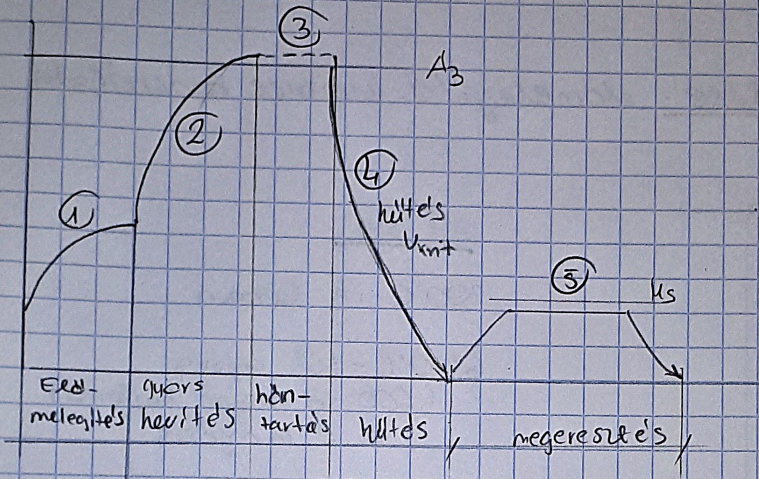
# Acélok teljes edzése

1. ötvözetlen acélok folyamatos hűtési edzése ("edzés")

cél: teljes keresztmetszetben martenzitesse, vagy túlnyomórészt martenzitesse tegyük a szövetet

megoldás: -  $\tau \rightarrow$  hűtése, hogy a bomlóstermek kialakulását megelőldlyezzük

- felesleges túlfeszültséget megszüntessük

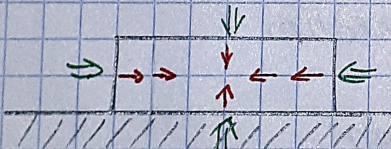


## Hevítés:

- a lehető leggyorsabban, a C kiegése miatt
- De! ne legyen hőfeszültség okozta repedés

## Hevítés problémái:

hőátadás, hővezetés

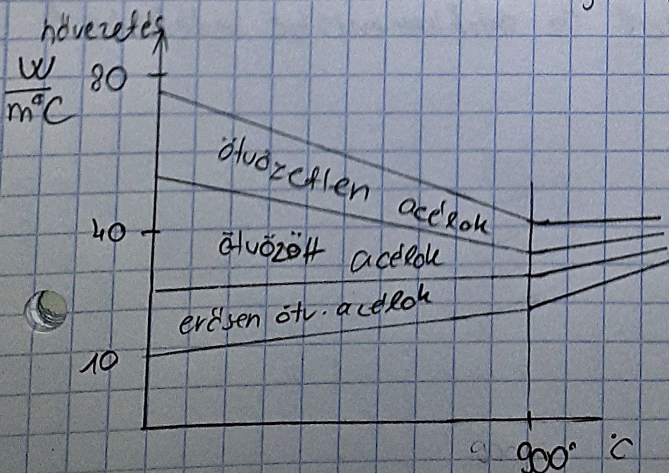


hőátadás: nagyobb hőm. különbség esetén nagyobb

hővezetés: kémiai összetétel és hőfok határozza meg az értéket  
- állandam nem befolyásolható

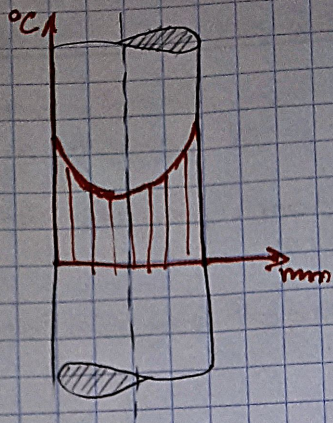
$\rightarrow$  tehát a nagyobb pontjain között hőmérséklet különbség jön létre

$\Downarrow$   
hőfeszültséget hoz létre  $\rightarrow$  repedést okozhat

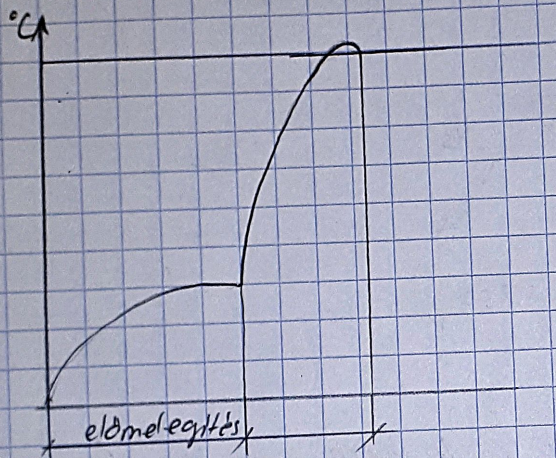


Ötvözött acélnál emiatt felezett repedés veszély!

## Következménye:



Hőszükségtség csökkentése: előmelegített kemence használata



Alt. elv:

300°C-ig lamin

600°C-től gyors  
(600-tól nagyon hajlamos  
a C képzésre)

## Levitési javaslatok:

kvatték

- ha a mdb nagyméretű, akkor lassabban kell hevíteni
- ha a mdb ötvözött  $\Rightarrow$  lamin
- ha a mdb térbeli kiterjedése egyenlőtlen  
pe: kétirányú (lemez)  
egyirányú (rúd)  
↳ felhúzóerő miatt  $\Rightarrow$  lamin
- ha a mdb sívete ritka  
pe: - hidegen alakított  
- martenzites  
↳ gyorsított repedésvédély  $\Rightarrow$  lamin
- más esetben előmelegítés nélkül az edzőkemencébe betekethető!