

Fémes ötvözetek

Ötvözet: létszátra egyenrű fémes anyag melyet két vagy több alkotó egyesítése útján készítenek elő

Ötvöztetés célja: meghatározott fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságok biztosítása

Ötvözet alkotói:

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

Ötvözetek előállítása:

1. olvasztás:

- gyakran módszer
- a fémek olvadt állapotban többnyire oldják egymást

2. oldódás:

- megolvadt alapfémbe az ötvöző oldódik

3. ötvöztetés 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 útton való egyesítés

5. ötvöztetés szilárd állapotban:

- pl.: diffúzióval $\rightarrow$ cementálás, nitridálás

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

Alkotóelemek kapcsolata:

1. Szilárd oldatok:

- alkotók szilárd állapotban oldják egymást
- szubsztitúciós - helyettesítési
- intersticiális

2. Fémes vegyületek:

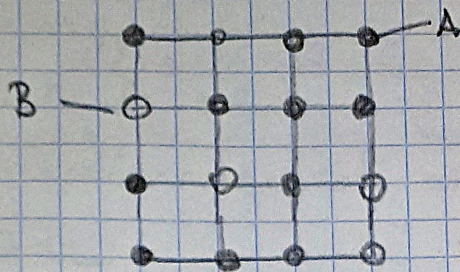
- az alkotók egymással reakcióba lépnek

3. Eutektikum: (eutektoid)

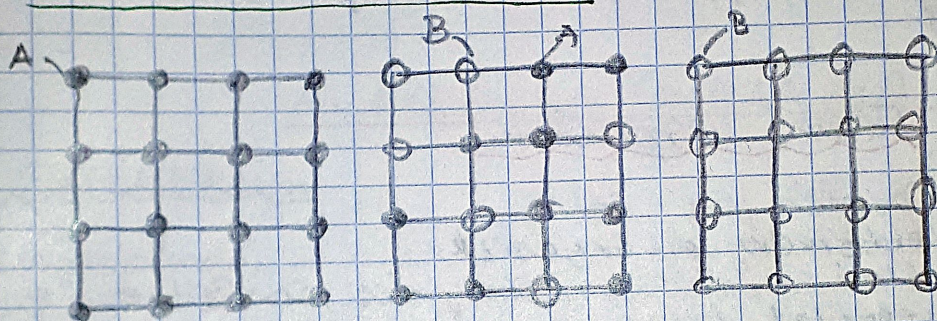
- dermedéskor az alkotók külön válnak, külön kristályosodnak

• substitúciós szilárd oldat

feltétel: - közel azonos atomtér
- hasonló elektronszerkezet



rendezetlen rácsú sz. o.

- korlátlan szilárd oldat:

feltételek:

- azonos kristályszerkezet
- atomtér max. 15% -ban különbözhet
- vegyjék elektronos állapotuk meg kell egyeznie

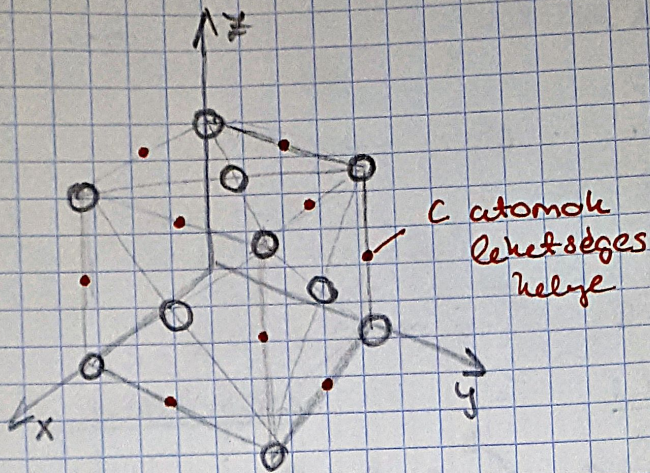
pl: Cu és Ni

- rendezett rácsú szilárd oldat

- rendszerű rendezettség
- mindig azonos fajtájú az A és B
- nehéz létrehozni, nem természetes állapot
- bizonyos viszonyoknál gyorsan megváltozhat
- oldó és oldott atomok aránya egész számokkal fejezhető ki

interszticiális szilárd oldat:

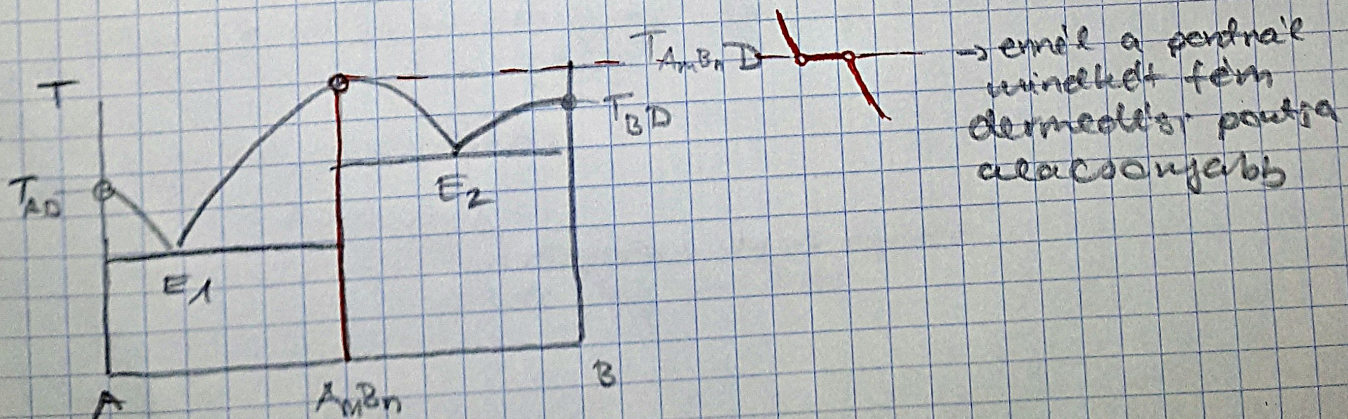
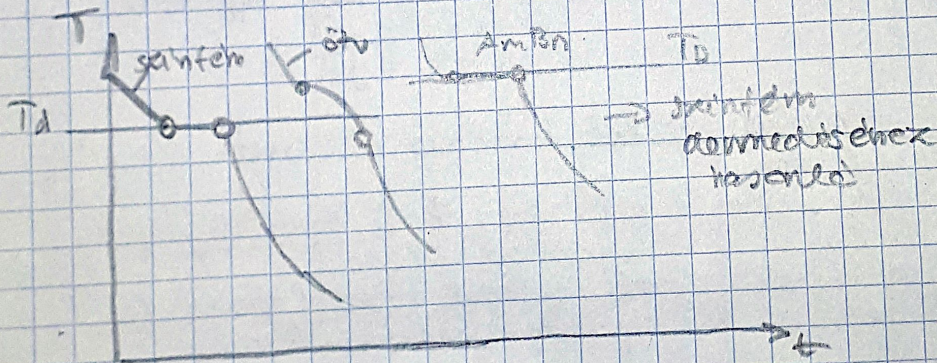
- kis atomméretű elemek az edd anyag rácskézagaiban helyezkednek el
- pl Fe és C alkotja δ -szilárd oldat (austenit)



Fémek vegyületei

- vegyületi hajlam esetén jön létre
- a kémiai egyensúlyi eredményeként
- alkotóelemei független egyetlen kristályos jön létre
- Jele: A_mB_n fémek vegyülete ($m+n=100$)

A-ből $m\%$ } van jelen
B-ből $n\%$



3 csoportja:

- ionvegyület (ionos kötés)
- elektronvegyület (nagy elv. ponti fémek könnyen elvált fémekkel)
- intersticiós fémek vegyület

Intersticiós fémek vegyületek:

- nagy olvadáspontú fémek alkotják kis atomsugárú
metalloidokkal
- $Fe, Cr \rightarrow C$
- nagy keménység, nagy kopásállóság
- szerszámacélok alkotói lehetnek

Tehát:

$Fe - C$ intersticiós szilárd oldat

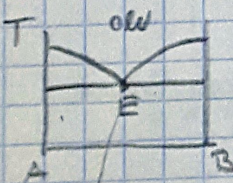
$Fe - C$ interst. fémek vegyület (Fe_3C)

Eutektikum (eutektoid)

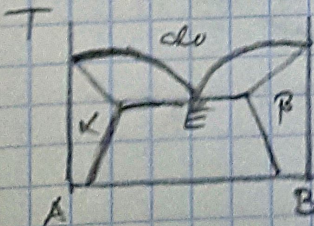
Eutektikum

• könnyen olvado,
jel. átváltó ~

• kétfázisú szövetelem,
amely kristályosodáskor
hűtővel



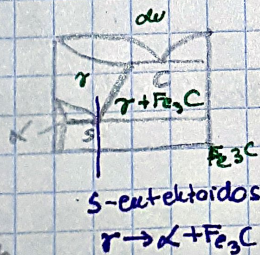
• legalacsonyabb
átlási hőm.



Eutektoid

• old → hasonló ~

• kétfázisú szövetelem, amely
át kristályosodáskor váltik ki



FÁZISOK

a rendszer határfelületével
elválasztott önálló része

(tégely, olvadt fém  $P=1$ $P=2$)

- folyékony fém
- szilárd fém
- szilárd oldat
- $A_m B_n$ fémes vegyület

SZÖVETELEMEK

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

- szilárd fém
- szilárd oldat
- $A_m B_n$ f. vegy.
- eutektikum, eutektoid
kristályosodás diffúziósodás

Kétalkotós fémek ötvözetrendszerei

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 hűtési viszonyok esetén
(végtelen lassú hűtéshez közele))
- egyensúlyi diagramok adomái:
 - 90 fém esetén $N=4005$
 - 50 fém esetén $N=1000$

Gustav Tammann - egyensúlyi kétalkotós állapotdiagramok

↳ 8 alaptípus

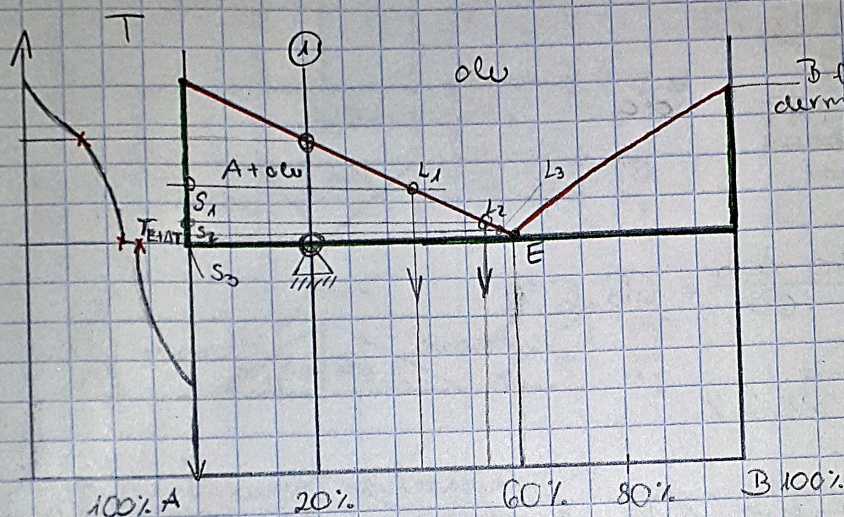
↓
nem létező a egyensúlyi, de ennek ismeretében a
valóságos ábrák olvashatók

valóságos: - sokkal nevesekkel

Eszményi kétalkotós egyensúlyi diagramok

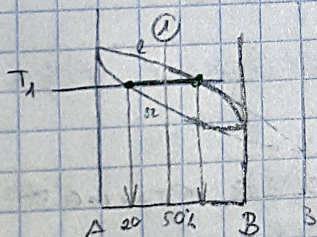
Tétel 1. : egyszerű eutektikus rendszer

- a két alkotó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymást
- -II- szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást
- a két alkotó eutektikumot képez

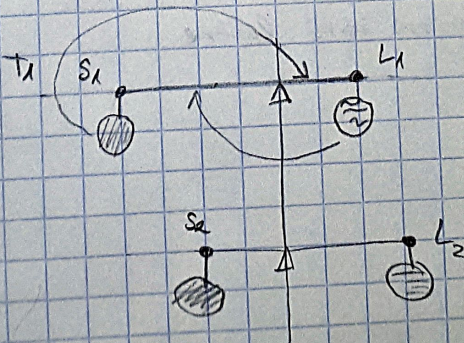
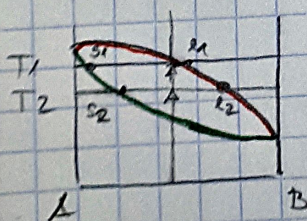


$T_E + AT$ kétféleképpen a szilárd és foly. arányra:

minőség szabály: valamilyen ad arány, hogy az adott rendszerben adott összetételnél adott időtávon milyen összetételű fázis kristályosodik

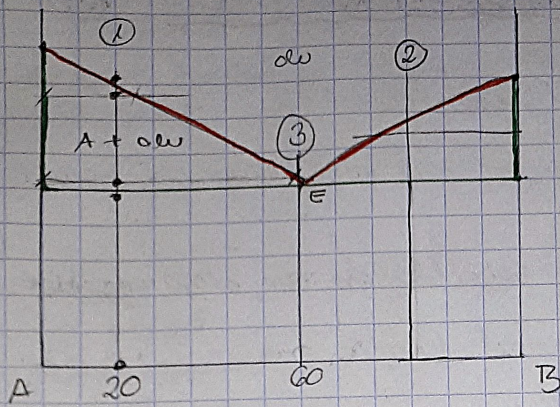


menyiség szabály:



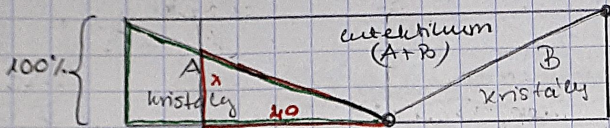
kristályosodási családok:

- jellegzetes hőmérsékleten
- az egyensúlyi fázisok fázisokat megadom
- ne lehet a fázisok minőségét indexszel jelölni.
- nyíltan jelölöm mielőtt mi alatti ki



$T_L + \Delta T$
 $T_L - \Delta T$
 $T_E + \Delta T$
 $T_E - \Delta T$
 20°C

olv₂₀ → 20% B
 olv
 olv_E
 eutektikus bomlás
 Eutektikum (A+B)
 A_{kr.} A+B
 eut.



Sz.D
20°C

x: kristály mennyisége

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

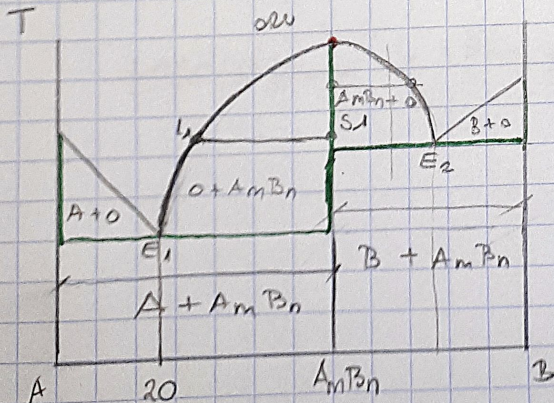
$$Eu = 100 - 66,6 = 33,3\%$$

Egensülöp diagram stabil fémek vegyülettel

Tamman 2.

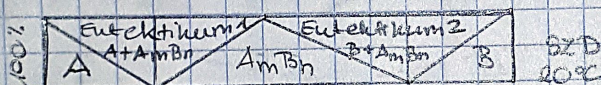
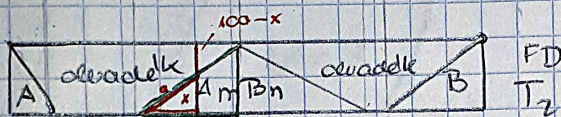
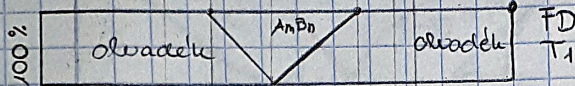
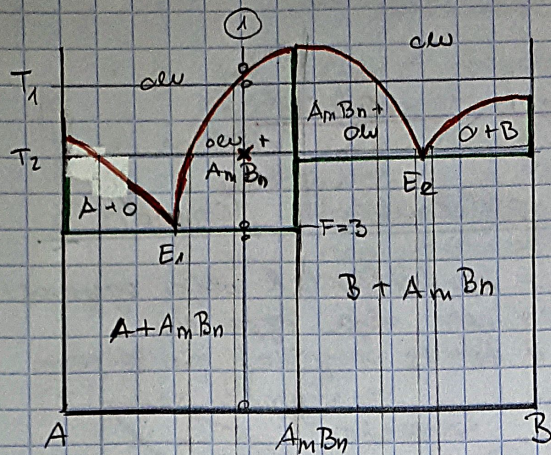
- a két alkotó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymás
- -1- mindkét állapotban egyáltalán nem oldja egymást
- $A_m B_n$ %-nál stabil fémek, vegyület jön létre
↓
durodebbé kristályosodik

- 2 eutektikum jön létre



Stabilis fémis vegyület megjelenése adatokai

2019. 08. 18.



$$T_L + \Delta T$$

$$T_L - \Delta T$$

$$T_{E_1} + \Delta T$$

$$T_{E_1} - \Delta T$$

$$T = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{olvadék}_1$$

$$\text{AmBn}$$

$$\text{AmBn}$$

$$\text{AmBn}$$

$$\text{AmBn}$$

$$\text{olvadék}$$

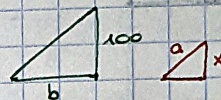
$$\text{olvadék}_{E_1}$$

$$(A + \text{AmBn})$$

$$\text{Eutectikum}_1$$

$$(A + \text{AmBn})$$

minden „vízszintes vonalon” 3 fázis
tart egyensúlyt



$x \rightarrow \text{AmBn \% os mennyisége}$

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

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

$$\text{olv} = 100 - x$$

eutectikum: ott van ahol a
szolidusz vízszintes

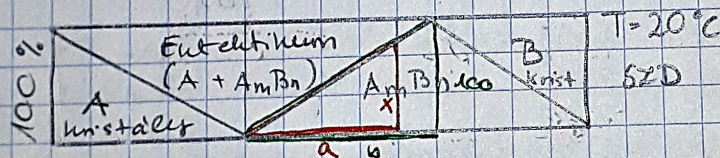
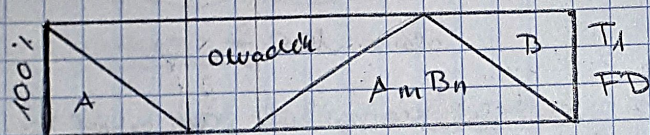
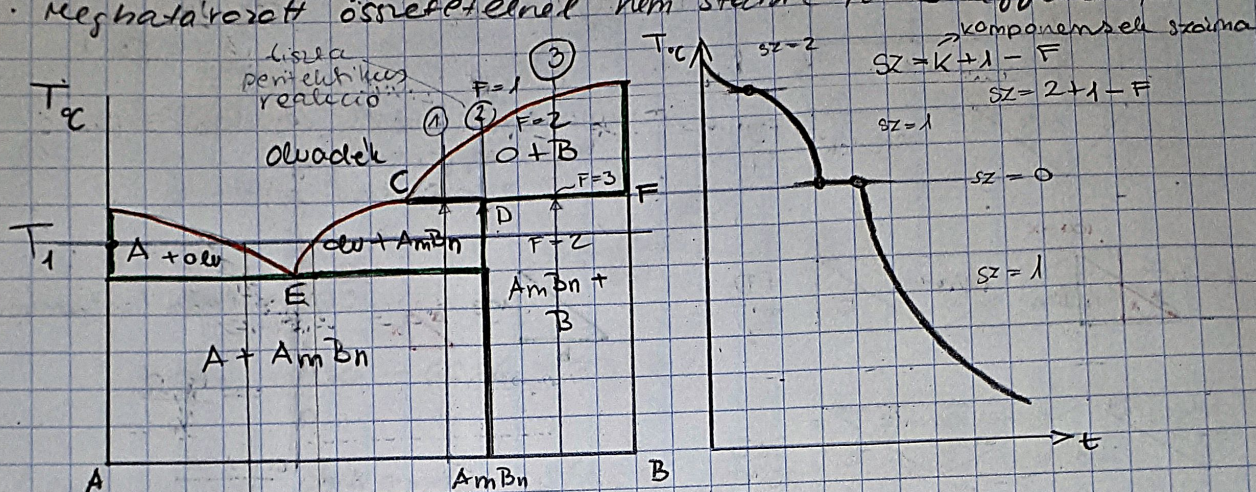
Nem stabil fémek vegyület megjelenése

→ Peritektikus reakcióval létrejövő vegyület

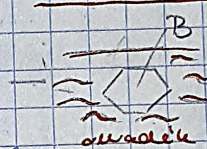
felületen átfolyó reakció: peritektikus reakció

Egyensúlyi diagram peritektikus reakcióval: Tamman 3

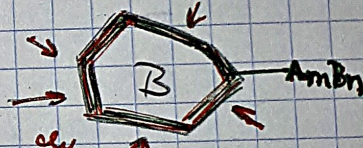
- A két alkotó fegykonny állapotban korlátlanul oldja egymást
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást
- Meghatározott összehűzőnél nem stabil fémek vegyület jön létre



Peritektikus reakció:



C-D-F vonalon



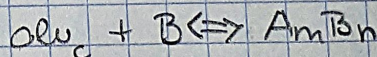
Az olvadék határára a B kristályra és AmBn vegyületre alakult.

$x \rightarrow AmBn$ mennyisége

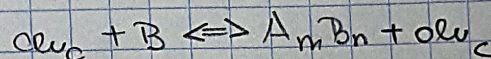
$$\frac{x}{a} = \frac{100}{b}$$

$$100 - x = \text{eutektikum mennyisége}$$

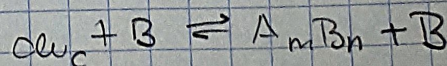
② Tiszta per. reak.



① C-D szakasz szakasz mentén



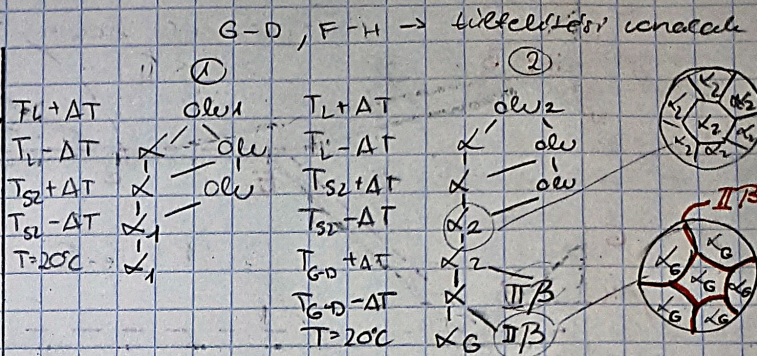
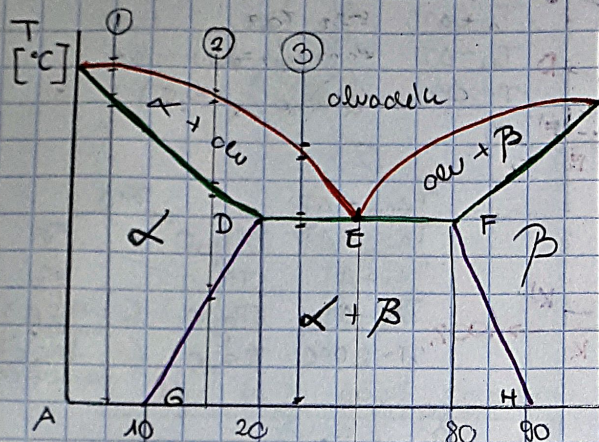
③ D-F szakasz mentén



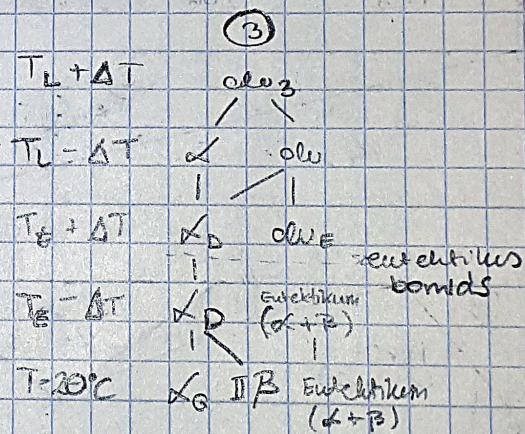
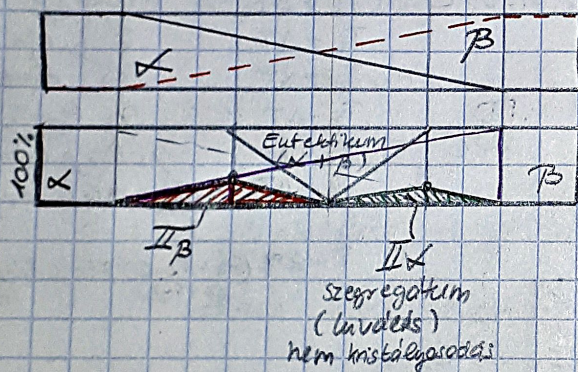
Egysúlyi diagram korlátolt oldékeltséggel

Tamman F.

- a hőt alható folyékony állapotban korlát nélkül oldja egymást
- mindkét állapotban korlátozott oldékeltség jellemző
- az oldékeltség a hőmérséklet növekedésével
 - csökken - gyakori
 - nem változik - ritka
 - növekszik - ritka



másozlatos kivétel: alapvetően megváltoztathatja az ötvözet szerkezetét



maximum IIβ:

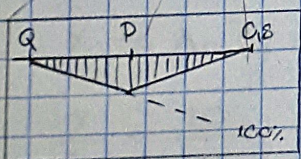
$$\frac{x}{20-10} = \frac{100}{90-10}$$

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

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

Van-karbon ötvözetek egyensúlyi diagramja

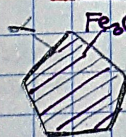
↳ ikendiagram : • stabilis $\text{Fe}-\text{C}$ -----
• metastabilis $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ _____
↳ instabilis állapot
↳ gyakorlatban kristályosodik meg



Ferritin: - ide alaktató
- biológiai

Perlit: $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$

- jól alakultak
- viszkozitás miatt nem érzék

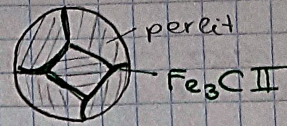


Ferrit és a perlit:

- perlit szénatomok mennyiségének növekedésével egyenletesen csökkenedik az acél mágneses vezetőképessége és keménysége
- általában egy tízed % szén tartalommal is jelentős lehet
- minden szerkezeti acél természetes állapotban ferrit + perlit

0,8 - 2,06 (S-E) közötti szövetek:

- nagy mennyiségű perlit
- Fe_3C



↳ csak nagyon kis mennyiségű hűtési hőmérsékletre jön létre ilyen szövet szerkezet



→ gyárilag előkészített szövet

→ $\text{Fe}_3\text{C II}$ darabosodott és nem felgyamatos

→ a perlit edzhető

→ a darabosodott $\text{Fe}_3\text{C II}$ az edzési hőmérsékletet tovább növeli

↳ ezáltal az acél többé jó szerszám készíthető

2,06 - 4,3 közti szövetek:

ha tisztán vas-karbidosan kristályosodik

• Ledeburit ($\text{L} + \text{Fe}_3\text{C}$) → nagyon rideg, kemény

• Fe_3C

• perlit → perlit hálóját itt nem érdekesíteni

↳ fém vasöntvény

4,3 - 6,68 közti szövetek:

$\text{O} + \text{Fe}_3\text{C}$ mezőben:



Ledeburit

$\text{Fe}_3\text{C I}$

L

- szerkezeti anyagként nem használható
- nagy $\text{Fe}_3\text{C I}$ lemezek, körök ledebaurit
- nagyon rideg, kemény szövet
- gyárilag felhígítása nincs
- ipari nyersanyag

Fe - C : i) Fe - Fe₃C legfontosabb jellemzői

- 1.
- likvidusz csaki görbe vonal $\rightarrow$ alkotók folyóll. korlátlanul
 - likvidusz 3 dgú. $\rightarrow$ 3 primer fázis kristályosodik

- Metastabilis:

- A-B $\rightarrow$ δ szilárd oldat
- B-C $\rightarrow$ γ szilárd oldat
- C-D $\rightarrow$ Fe₃C fémcs. vegyület

- Stabilis:

- A-B' $\rightarrow$ δ szilárd oldat
- B-C' $\rightarrow$ γ szilárd oldat
- C'-D' $\rightarrow$ C $\rightarrow$ Grafit (Corr)

- 2.
- alkotók szilárd állapotban korlátoltan oldják egymást
 $\rightarrow$ szilárd részben görbe (eutektikum)
részben egyenes (szilárd oldat)

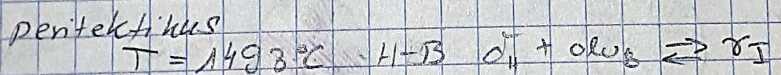
• szilárd oldatok: Fe₃C intersticiós sz. o.

- 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

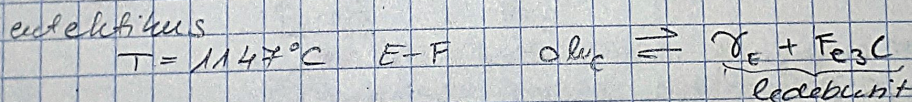
3. Nonvariantis reakciók (3)

Metastabilis:

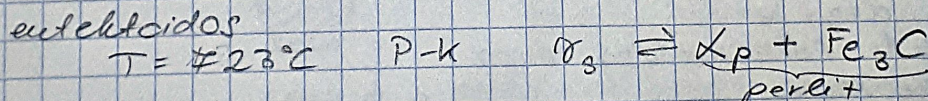
peritektikus



eutektikus

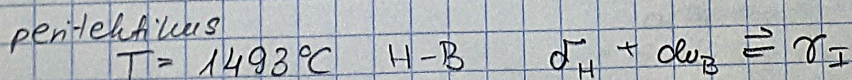


eutektoidos

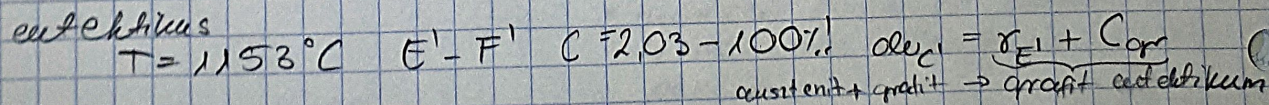


Stabilis:

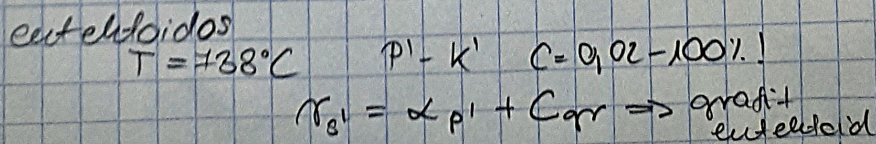
peritektikus



eutektikus



eutektoidos



4. cementit és grafit kiválasztás

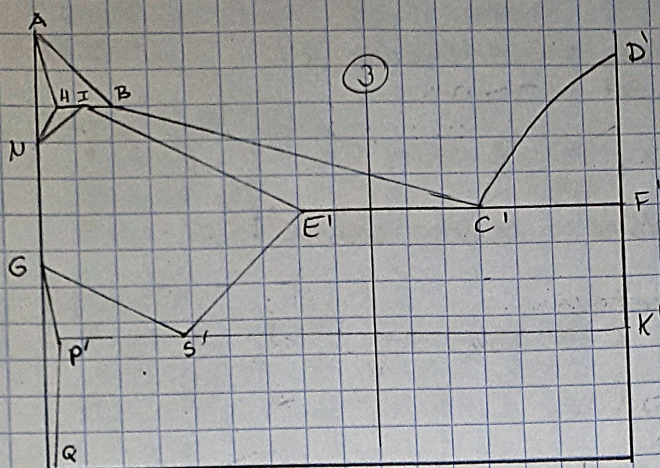
Metastabilis rendszerek:

- 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 (-11-)
 - ↳ 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 (fúrtérfé vonal)
 - ↳ C = 0,69 - 4,26% C
- Harmadlagos (szil - szeg.)
 - ↳ terciér grafit
 - ↳ P1-Q mentén
 - ↳ C = 0,006 - 0,69% C

2019. 10. 02.

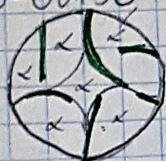


$T_L + \Delta T$
 $T_L - \Delta T$
 $T_{E'CF} + \Delta T$
 $T_{E'CF} - \Delta T$
 $T_{P_{Si}K} + \Delta T$
 $T_{P_{Si}K} - \Delta T$
 $T = 10^\circ C$

olu3
 olu
 olucl
 eutektikus bomlás
 $(\gamma_{E'} + C_{gr})$
 arafit eutektikum
 $(\gamma_{Si} + C_{gr})$
 $(\gamma_{P_i} + C_{gr})$
 $(\alpha_Q + C_{gr})$
 eutektikus bomlás:
 $olucl \rightarrow \gamma_{E'} + C_{gr}$

Ferit grafites

ÖV
ÖV 100 - ÖV 150

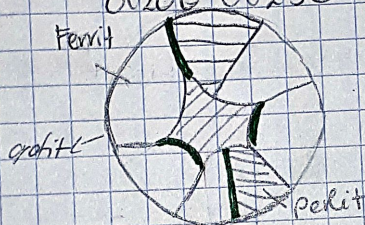


grafitör:

• éves bémetszéssel
 kristályosodott
 alacsony Rm
 értéke

Pereit + ferit + grafites

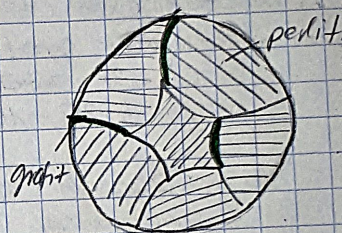
öntött vasak
ÖV 100 ÖV 250



felkötés, felkötés

Tiszta pereit + grafites öv.

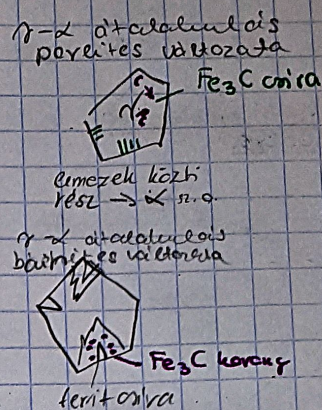
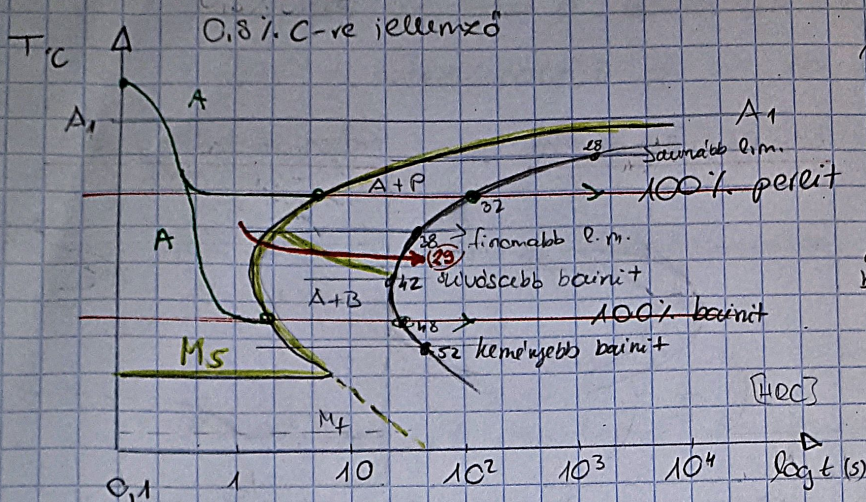
öV 300 öV 400 öV 800



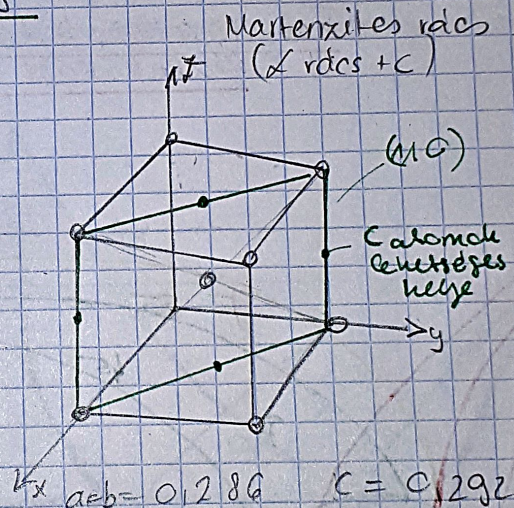
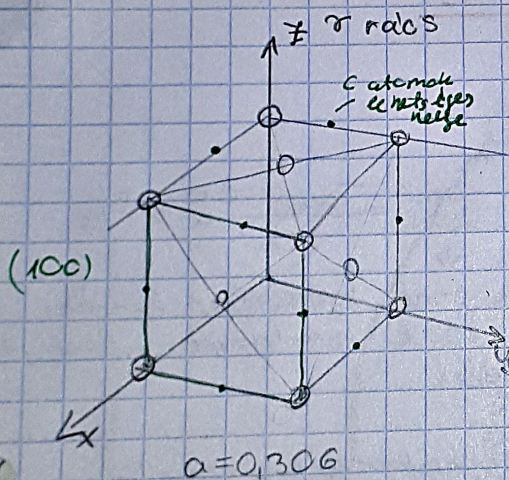
Vanótvözetek nem egyensúlyi kristályosodása

8-2 Italanulds elvi alapjai

- izotermids d'alakulds diagrama, gamma-alfa d'alakulds hülönbözd' m'olajai

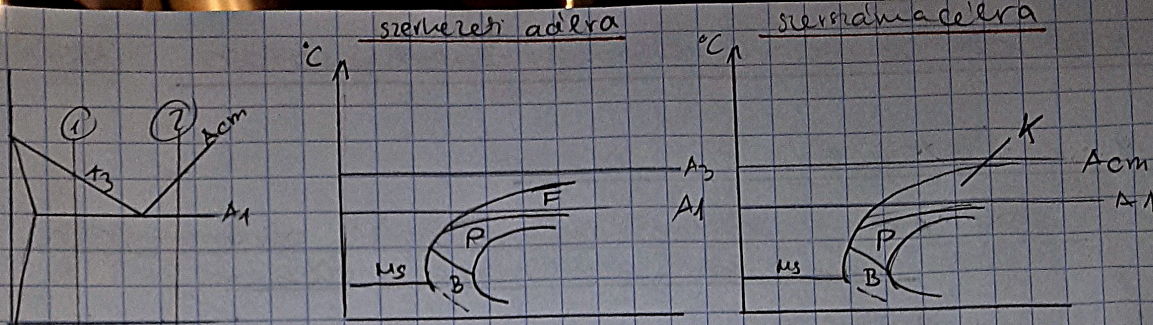


martenzites d'alakula's

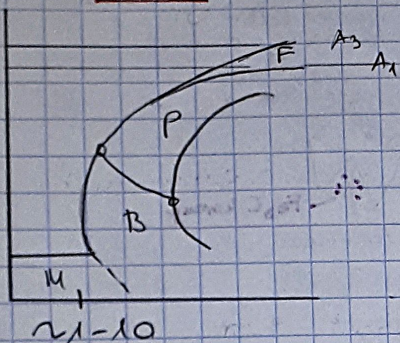


- diffúzidmentes dialakaulds
- egyfázisú szövetből egyfázisú szövet jön létre
- dialakaulds mennyisége növekszik
- tetraapodialis rősszerkezet jön létre

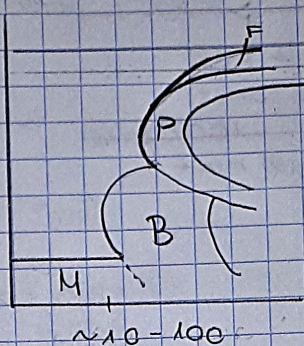
- erődménye:
 - besűrűlt c atomok kristálytani síkokat torzítják, emiatt kevés keményebb



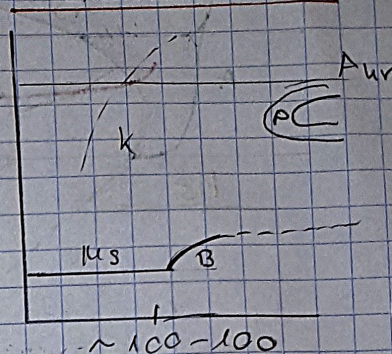
ötvözetlen szerkezeti acélra



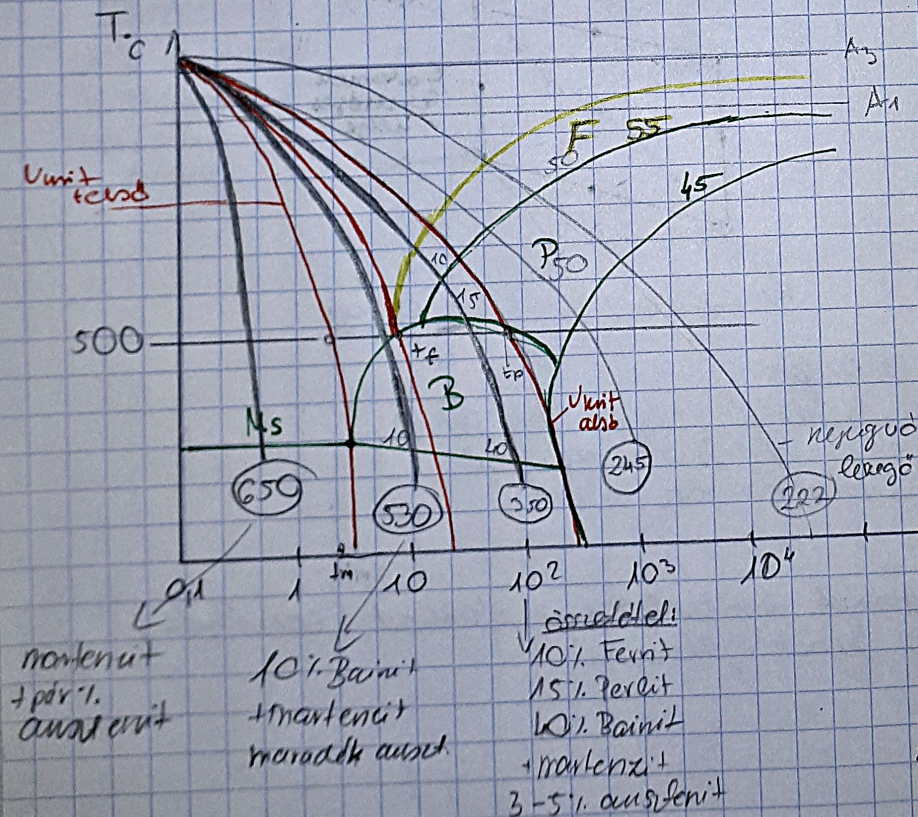
kisül ötvözött acélra



erősen ötvözött acélra



Folyamatos hűlésre érvényes átalakulási diagram



$$V_{krit}^{ferrit} = \frac{T_{aus} - 500}{t_m} \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

ha ennél gyorsabban hűtjük, csak martenites szövet jön létre

$$V_{krit}^{ausz} = \frac{T_{aus} - 500}{t_p} \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

ha ennél gyorsabban hűtjük, a szövetszerkezetben megjelenik a martenit

$$V_{krit}^{ferrit} = \frac{T_{ausz} - 500}{t_f} \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

ha ennél gyorsabban hűtjük a szöv. szerk. ben nem lesz ferrit

Szemcseméret változása γ - α átalakulásakor

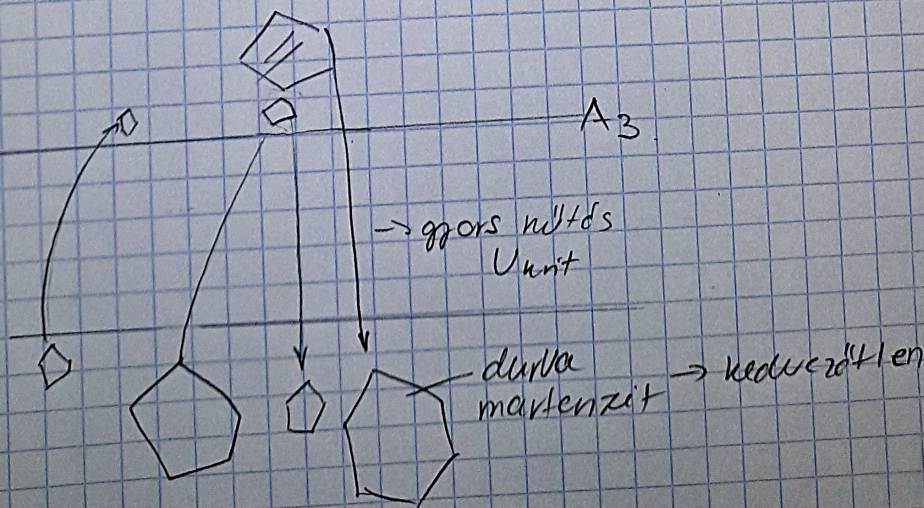
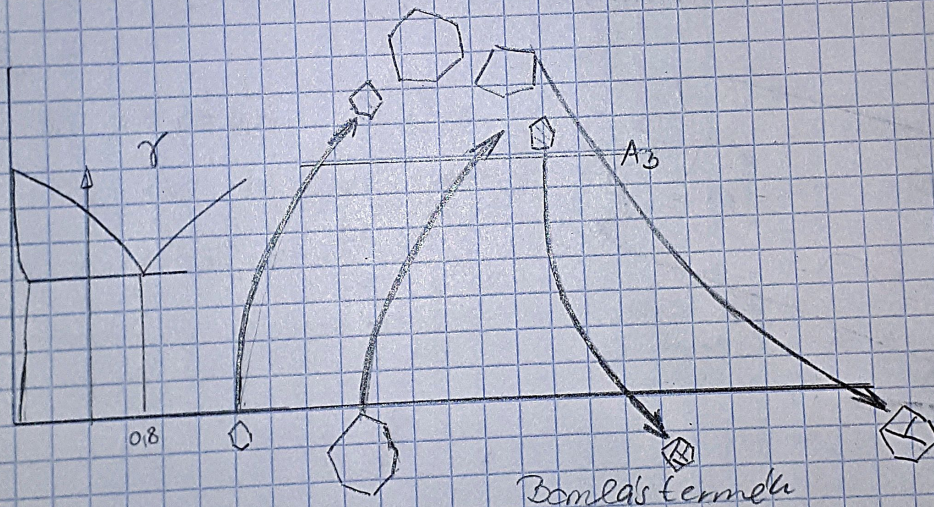
2019. 10. 9.

Felhevítéskor:

- legfinomabb szemcseméret a γ mező első részében
- tovább hevítve a szemcseméret rohamosan nő
- ezt a növekedést a hőtartási idő befolyásolja

Hűtéskor:

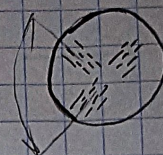
- Ausztenit bomlástermékké alakul $\rightarrow$ finomodik a szemcse
 $\downarrow$
mert kristályosítási rák alakulnak ki
- Ausztenit martenzitté alakul (nem bomlástermék)
 $\rightarrow$ megmarad az eredeti szemcseméret
 $\rightarrow$ az eldurvított ausztenitból durva martenzit lesz $\rightarrow$ kedvezőtlen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



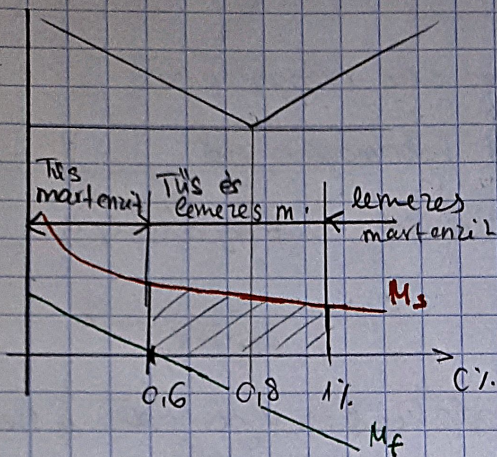
Martenzit morfológia

↳ ledrása

Tűs martenzit:



3-5% maradék auztenit



Lemezes martenzit:

maradék auztenit tartománya

nehéz alakultatni a martenzit



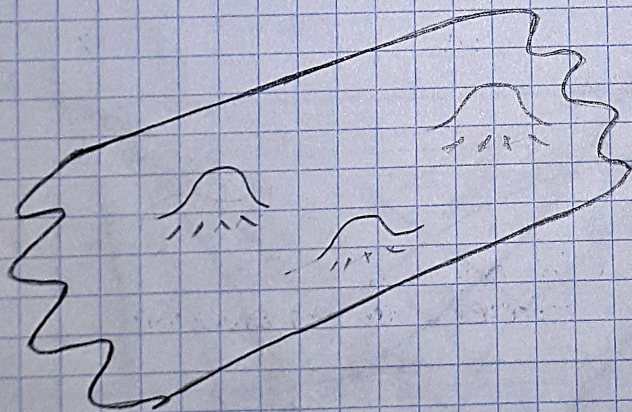
martenzit lemezek

~10-30% m.a.

• Tűs martenzit: különböző de meghatározott orientációjú martenzit tűk tartományokkal

• Lemezes martenzit

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



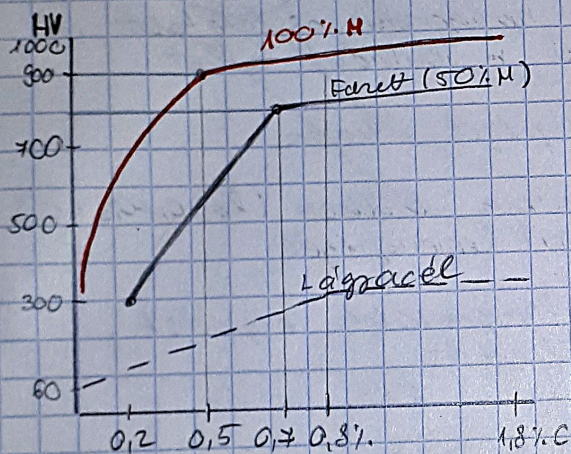
Acélok edzésének és megemelkedésének metallógiai alapjai

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

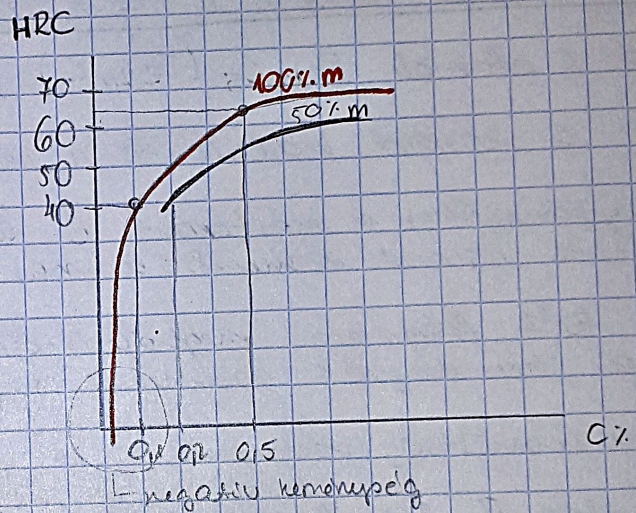
Edzett acél:

Az az acél melynek szövetszerkezetében legalább 50% martenzit található

Elérhető keménységek:



(0,2 - 0,6 - edzhető acélok)



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

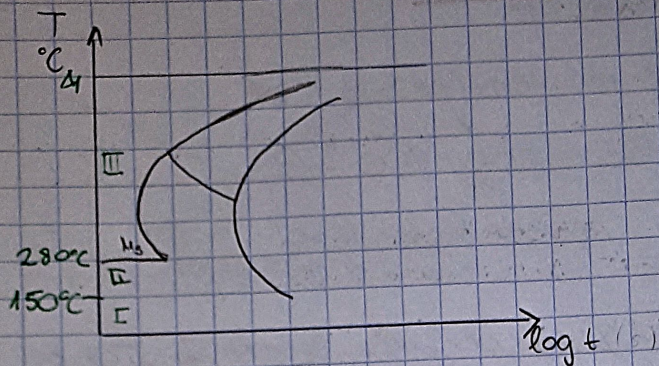
HRC:

$$F = 150kP \cdot 9,81$$

érték alacsony
 mérésre nem használható
 $\rightarrow$ csak edzett és rugós anyagnál

$$100 - e = \dots \text{ lehet negatív}$$

Megeresztés



→ megeresztés mindig M_3 alatt

Megeresztés I. lépése (T < 150°C)

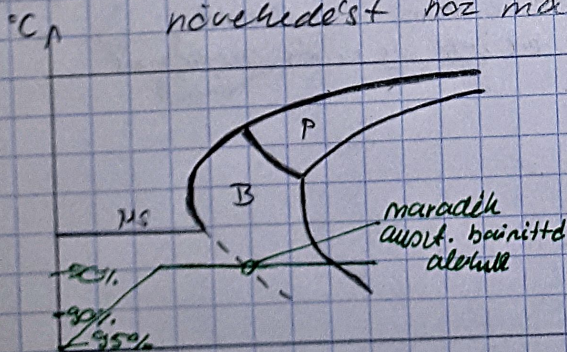
hexagonális összetételű

- a C atomok $Fe_{12}C_5$ ($Fe_{24}C$) jelű ϵ karbidot alkot
- ez a karbid kialakulása 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 csökkenése nem jelentős

→ de a feszültség csökken

Megeresztés II. lépése (150°C < T < 280°C (M_3))

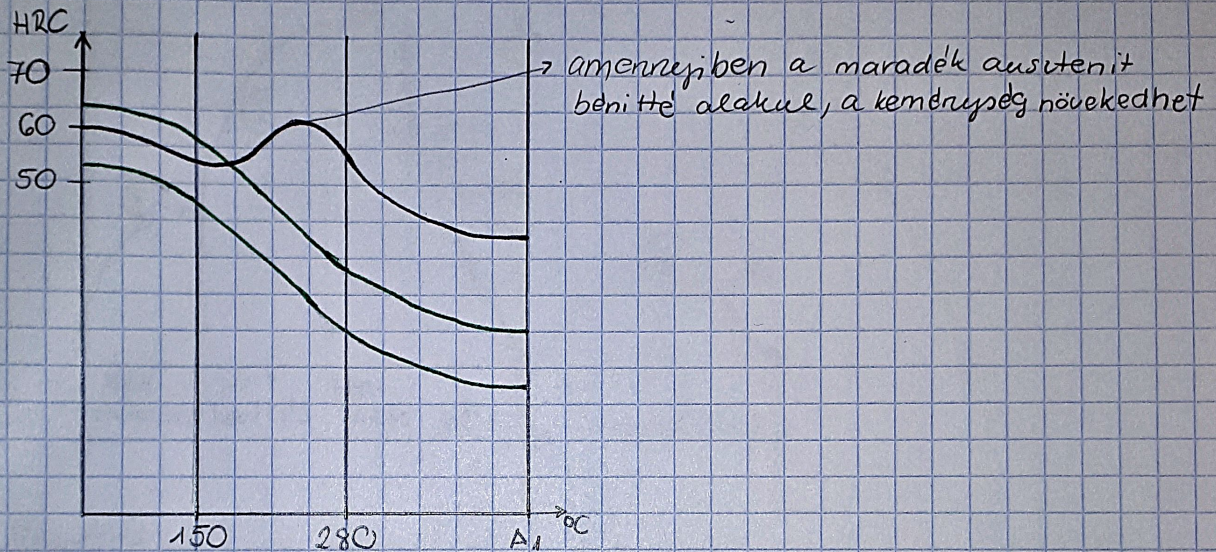
- ϵ karbid továbbra is kialakul
- korábbi ϵ karbid $\Rightarrow Fe_3C$ -vé alakul
- amennyiben a maradék aust. beinté alakul az keménység növekedést hoz majd



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

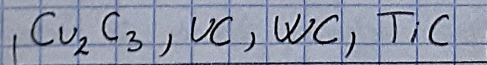
- $\epsilon \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ korongotkó alakul
 $\rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ gömbösödik
- a martenzit elvesztette a C-tartalmát, α -vázú ferrit alakul

szferoidit: magas hőmérsékletű megeresztéssel létrehozott szilvós szövetelem



Ötvözött acélok megeresztése

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



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

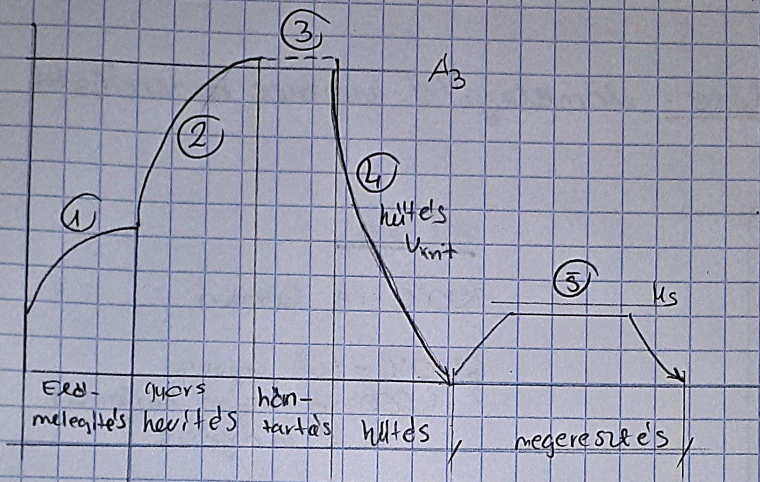
Acélok teljes edzése

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

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

megoldás: - $\tau \rightarrow$ hűtése, hogy a bomlótermék kialakulását megakadályozzuk

- felesleges túlfeszültséget megszüntessük

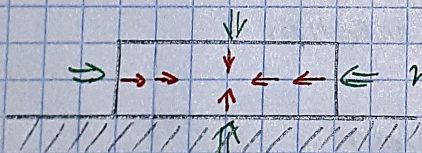


Hevítés:

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

Hűtés problémái:

hőátadás, hővezetés



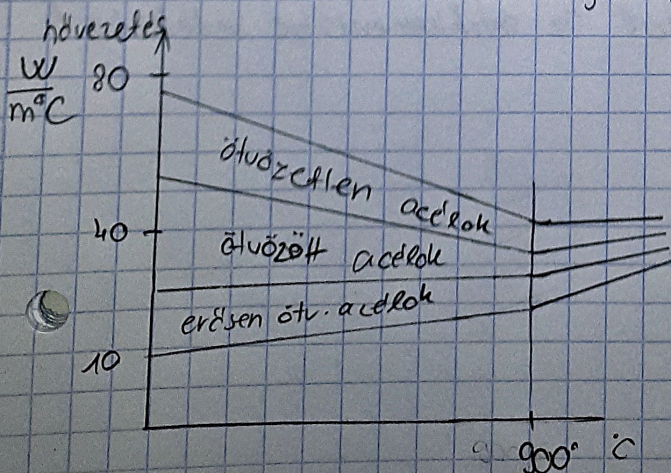
hőátadás: nagyobb hőm. különbség esetén nagyobb

hővezetés: kémiai összetétel és hőfok határozza meg az értéket

• átlag nem befolyásolható

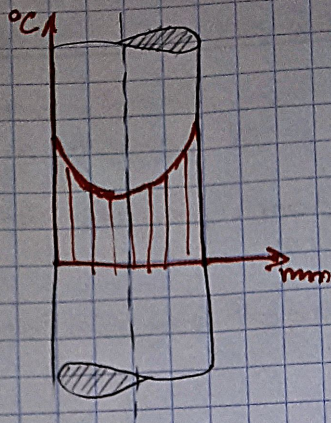
$\rightarrow$ tehát a nagy pontjain között hőmérséklet különbség jön létre

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



Ötvözött acélok emiatt felezett repedési veszély!

Következménye:



Hőszükséglet csökkentése: előmelegített kemence használata



Alt. elv:

300°C-ig lamin

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

Lévitési javaslatok:

kiutalás

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