

ACÉLOK HEGESZTHETŐSÉGE



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



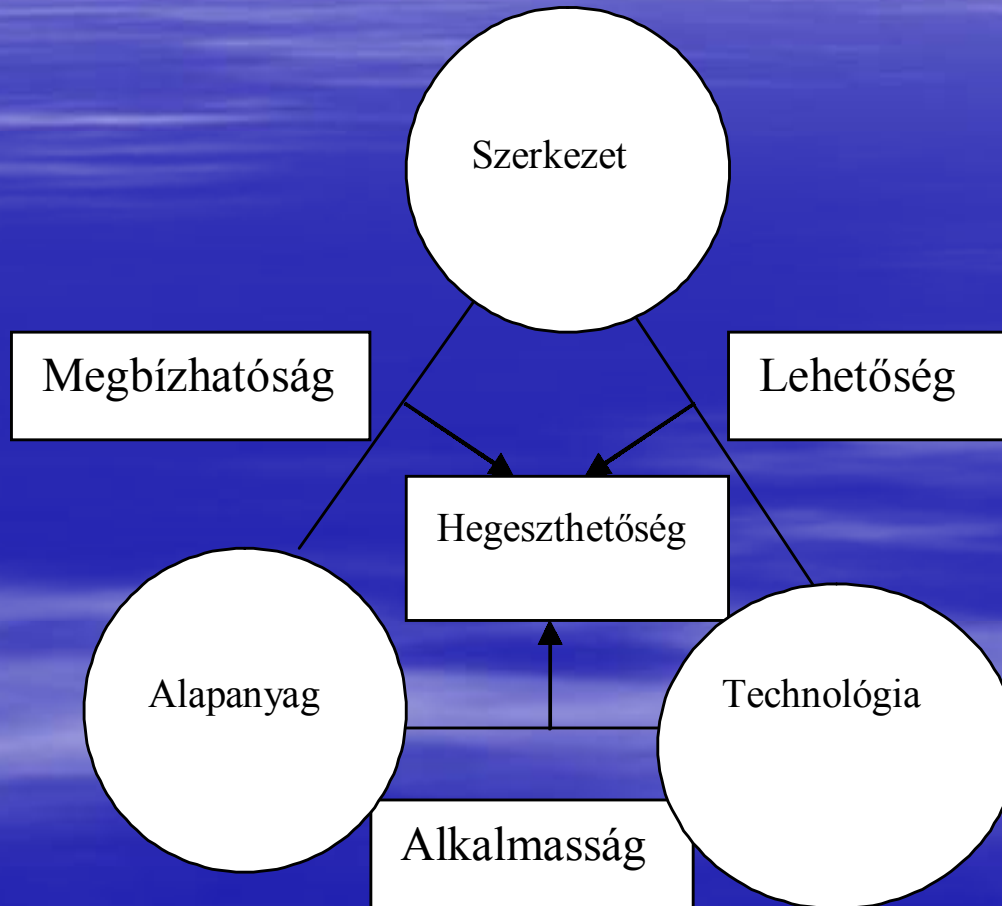
Mechanikai Technológia és Anyagszerkezetani Tanszék

Dr. Palotás Béla

A hegeszthetőség fogalma

- Az acél hegeszthetősége annak bizonyos fokú alkalmassága, adott alkalmazásra, meghatározott (megfelelő) munkarenddel, megfelelő hegesztőanyagokkal, olyan szerkezet készítésére, amelyben a fémes kötések helyi tulajdonságai, a szerkezetre kifejtett hatásukkal együtt tesznek eleget a megkívánt követelményeknek.

Hegeszthetőségi háromszög



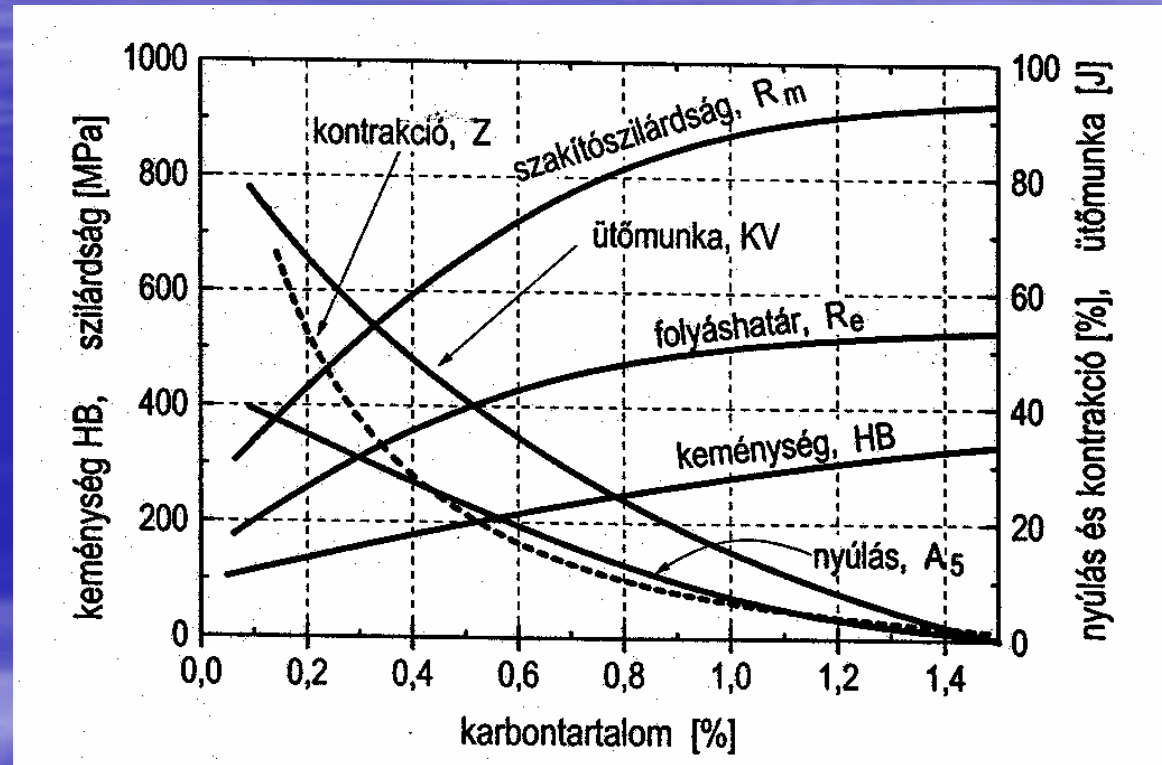
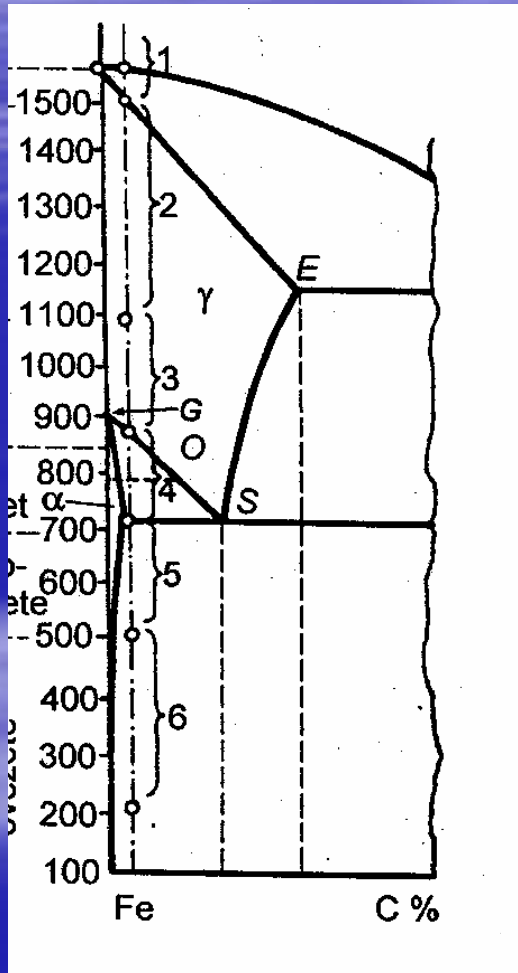
A hegeszthetőség tényezői

- MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK
 - Az acél kémiai összetétele
 - Gyártási eljárás
 - Hőkezelési állapot
 - Előzetes alakítás
- BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK
 - Vastagság, méret, geometria
 - A hirtelen keresztmetszet változások
 - A feszültség gyűjtő helyek
 - Kötés kialakítások
 - Gyárthatóság
 - Üzemi körülmények

A kémiai összetétel hatása

- Alapalkotók: C, Mn, Si, S, P
- Gáznemű szennyezők: O, N, H
- Ötvözők: Cr, Ni, Mo, V, W, Ti, Nb, stb
 - Cr Ferritképző, korrózióállóságot, melegszilárdságot javít, karbidképző
 - Ni Ausztenitképző, korrózióállóságot javítja
 - Mo Ferritképző, karbidképző, a helyi korrózióval szembeni ellenállást, melegszilárdságot javítja
 - V, W, Ti, Nb, Ta, erős karbidképzők, a melegszilárdságot javítják

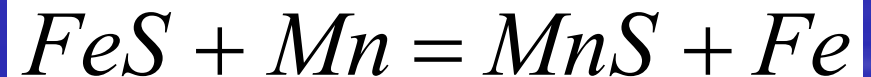
Karbon hatása



Az acél szűkebb értelemben hegeszthető, ha nem edzhető ($C < 0,22\%$)

Mangán hatása

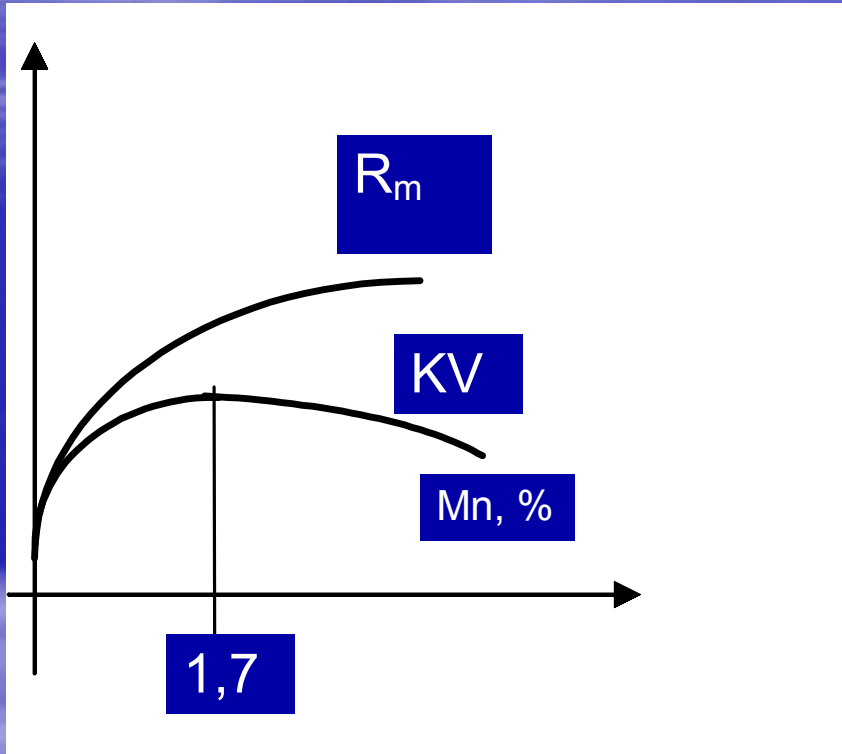
- Dezoxidens
- KÉNTELENÍTÉS



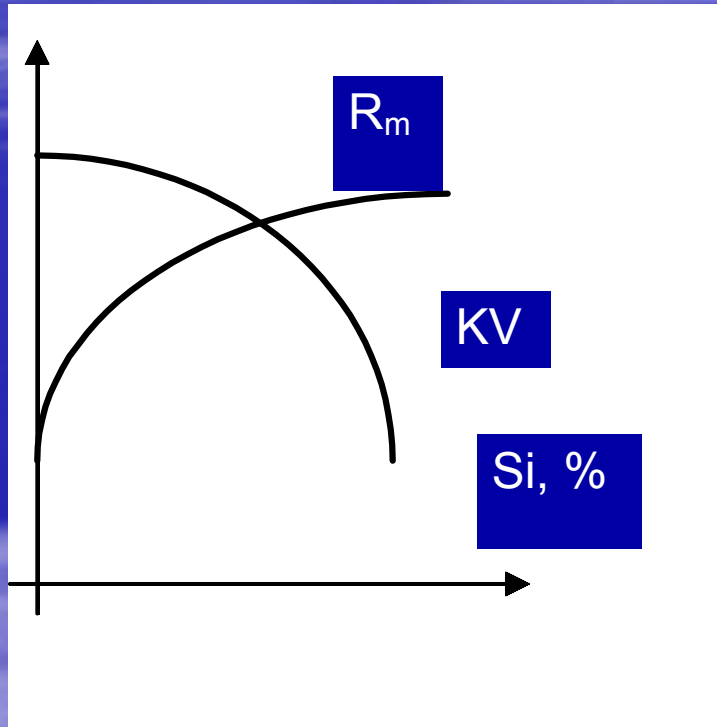
Hegeszthető acéloknál a szilárdság növelésére ötvözik, pl. "52"-es acélokban többek között

1,7 % Mn ötvöző van

A mangán a szilárdságot növeli és az ütőmunkát sem rontja el 1,7 % alatt.



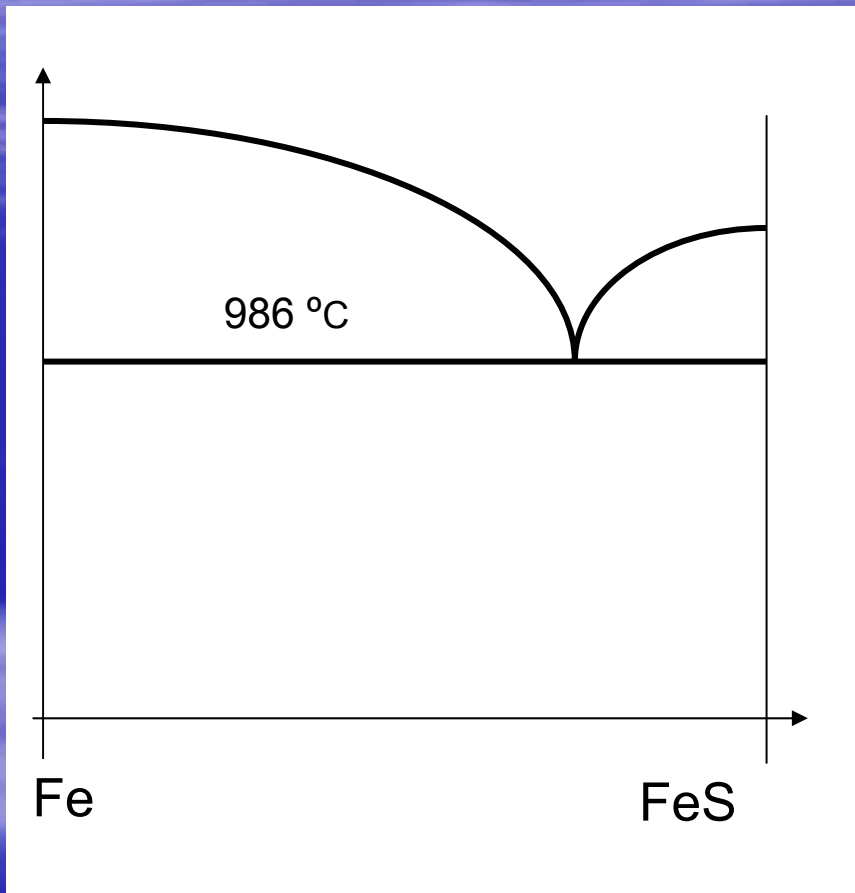
Szilícium hatása



- Fő dezoxidens
- Az acél dezoxidált, (csillapított) ha
 $Si \geq 0,12 \%$
Félig csillapított:
 $0,07 \% \leq Si < 0,12\%$
Csillapítatlan, ha
 $Si < 0,07 \%$

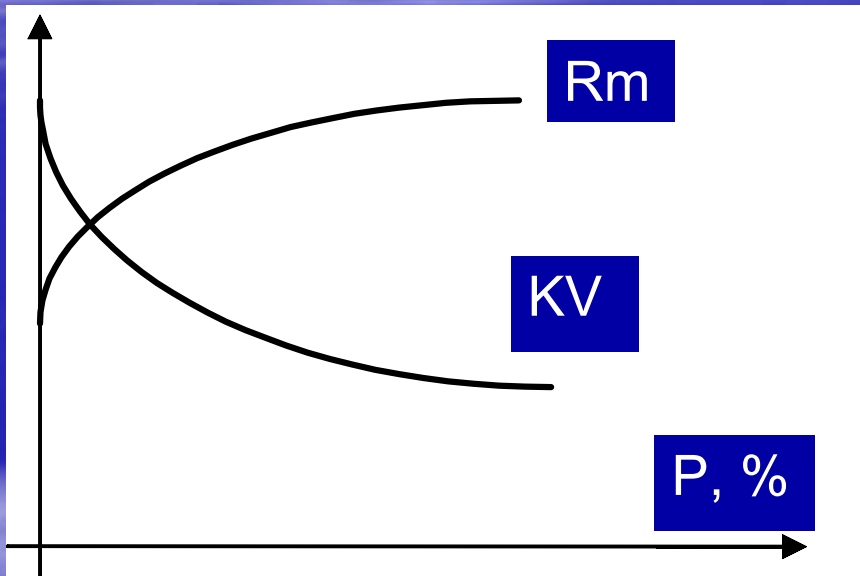
A szilícium ridegít, így maximum 0,5 %-ot ötvöznek, kivéve a hőálló acélokat és egyéb speciális acélokat.

Kén hatása



- A kristályosodási repedés-érzékenységet fokozza. (Melegrepedést okozhat.)
- A kis olvadáspontú Fe-FeS eutektikumnak köszönhetően.
- Teraszos repedés érzékenyséért is a kén a felelős.
- (Képlékenyalakításnál a vörös-törékenységet okozza.)
- $S \leq 0,035 \%$ általában.

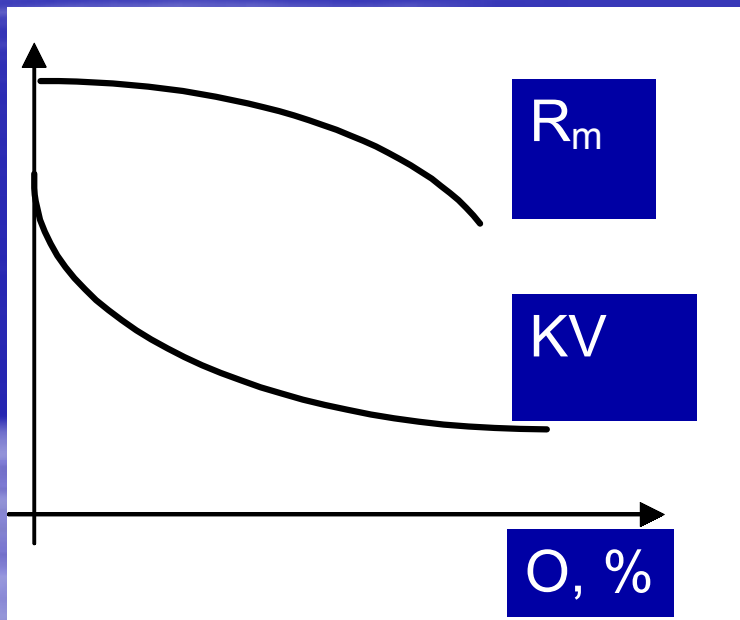
Foszfor hatása



- Ridegít (hidegtörékenységet okoz)
- Hegesztésnél nem tudjuk csökkenteni a P mennyiségét
- Kénteleníteni és foszfortalanítani egyszerre nem lehet. A kéntelenítést kell végrehajtani, a P mennyiségét acélgyártáskor csökkentik
- Szokásos mennyiség:
 $P \leq 0,035 \%$

Oxigén hatása

- Oldott állapotban

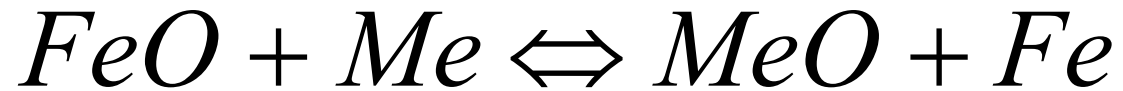


Nagy mértékben ridegít az oxigén.

A dezoxidálás nagyon fontos a hegesztéstechnika gyakorlatában:

- Zárványok formájában
- FeO formájában is ridegít
- Kedvezőbb a nemes oxidok alakja, a gömb alakú zárványok kedvezőbbek.
- MnO, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, V₂O₃, CaO

Dezoxidálás



- A dezoxidens ötvözők: Mn, Si, (Nb), V, Al, Ti, Zr, Ca (jelölésben Me (metall)).
- A tömeghatás törvényét felírva,

$$K = \frac{(MeO)[Fe]}{[FeO][Me]}$$

$$[FeO] = \frac{(MeO)}{K [Me]}$$

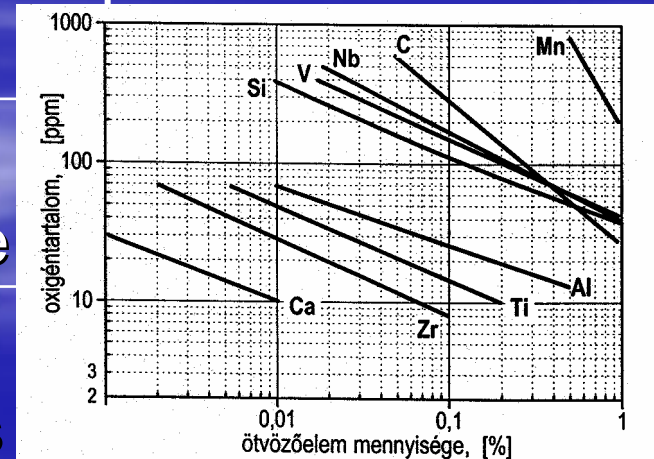
- Hegesztésnél a diffúziós dezoxidálást is figyelembe kell venni:

$$L = \frac{(FeO)}{[FeO]}$$

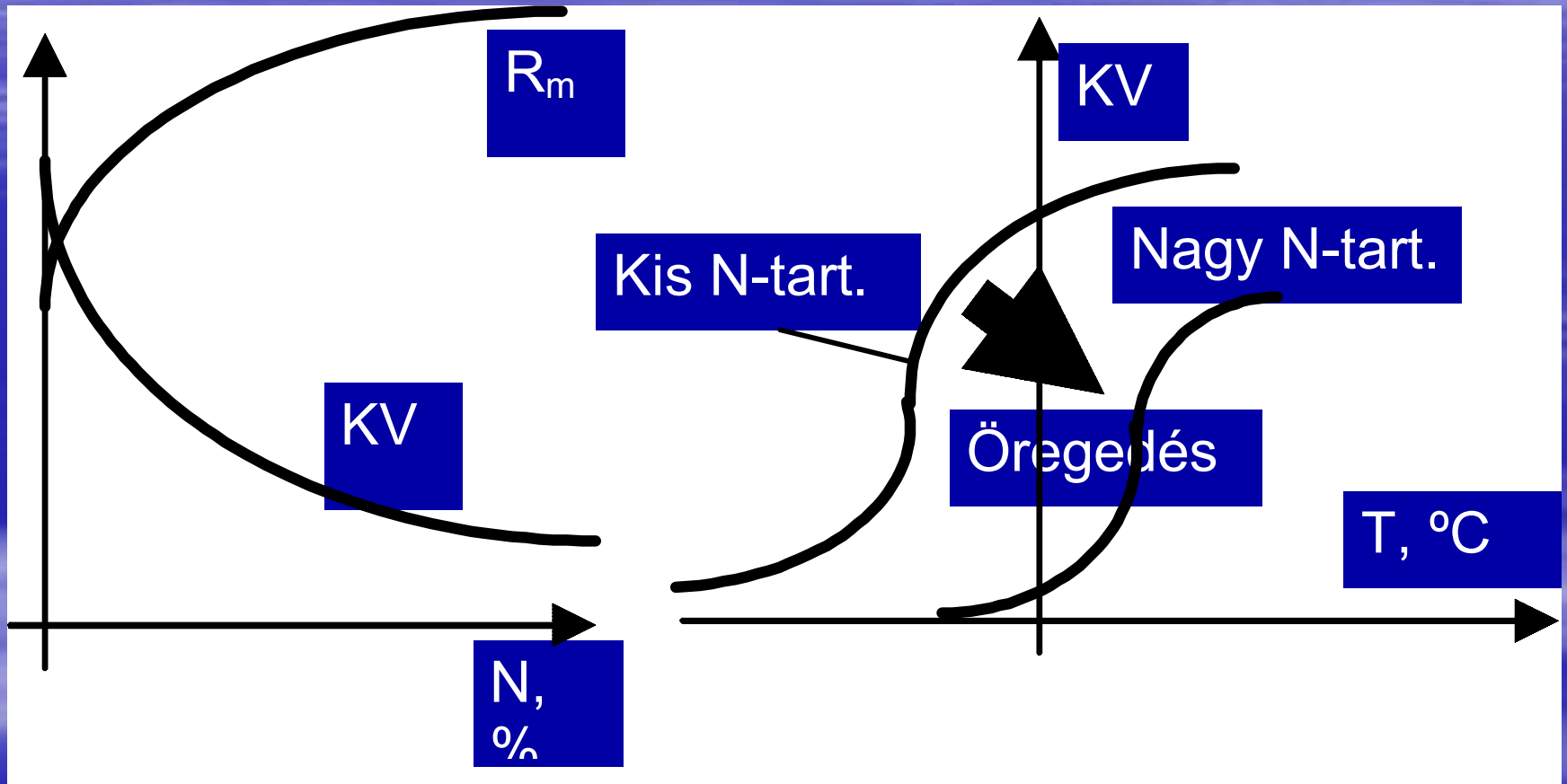
Jellemző tulajdonságok az oxigén tartalomtól függően

$T_{KV}, ^\circ C$	KV 27J	KV 40 J	KV 60 J	IS O	Dezoxi- dálás
+ 20	JR	KR	LR	B	Si - al dezoxidált, csillapított
0	J0	K0	L0	C	" + nemes dezoxid.
- 20	J2	K2	L2	D	" + f. szemcse
- 40	J4	K4	L4	E	" + Ni ötvözés

Alapanyag, ill. varratfém	O ₂ [%]
csillapítatlan acél	0,010-0,020 %
ötözetlen, szilíciummal csillapított acél	0,003-0,008 %
mikroötözött acél	0,002-0,003 %
bázikus elektróda varratfémé	0,02-0,04 %
rutilos elektróda varratfémé	0,05-0,08 %
cellulóz elektróda varratfémé	0,07-0,09 %
fedettívű hegesztés varratfémé	0,02-0,09 %
CO ₂ védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés varratfémé	~ 0,09 %
Argon védőgázos fogyóelektródás hegesztés varratfémé	< 0,005 %
keverék védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés (Ar+O ₂ vagy Ar+CO ₂) varratfémé	0,03-0,07 %



Nitrogén hatása



A nitrogén ridegít és öregedést okoz

A nitrogén csökkenése: Denitrálás

- A nitrogén ridegít és öregedést okoz. Az öregedés azt jelenti, hogy az átmeneti hőmérséklet nő, az ütőmunka csökken.
- Az öregedés elkerülésére az acélokat denitrálni kell.
- *Denitrálás:*
$$FeN + Me = MeN + Fe$$
- *Denitrálásra használható ötvözők: Al, V, Ti, Nb, Zr tehát a nemes dezoxidensek*
- *Azok az acélok, amelyek nemes dezoxidenssel is dezoxidáltak, öregedésállóak is.*

Mikroötvözés, mikroötvözött acélok

- Mikroötvözött acélok elnevezése az igen kis mértékű ötvözésből származik:

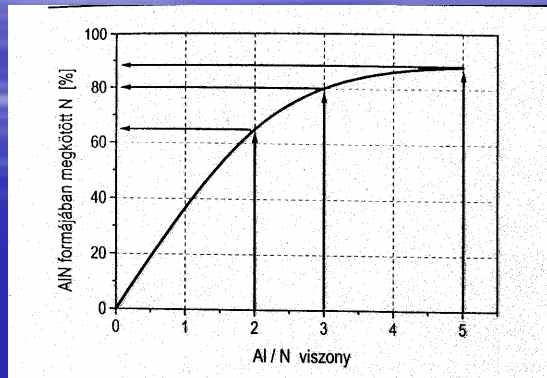
$$N \leq \frac{Al}{2} + \frac{V}{4} + \frac{Nb}{7} + \frac{Ti}{3,5} \quad \text{de maximum } 0,015 \% \text{ lehet}$$

Al, %	Ti, %	V, %	Nb, %	Zr, %	B, %
0,015 – 0,03	0,02 – 0,06	0,02 – 0,15	0,015 – 0,1	0,015 – 0,1	0,0005 – 0,003

- Tehát kis mennyiségben ötvözik a nitrogént és a nitridképző ötvözőket. (Mikro-mennyiségben viszik be az ötvözőket.)
- A nitridek diszperz eloszlását kell iztosítani, hőkezeléssel
- A mikroötvözött acélokra általában jellemző a növelt folyáshatár: $Re \geq 355 \text{ MPa}$

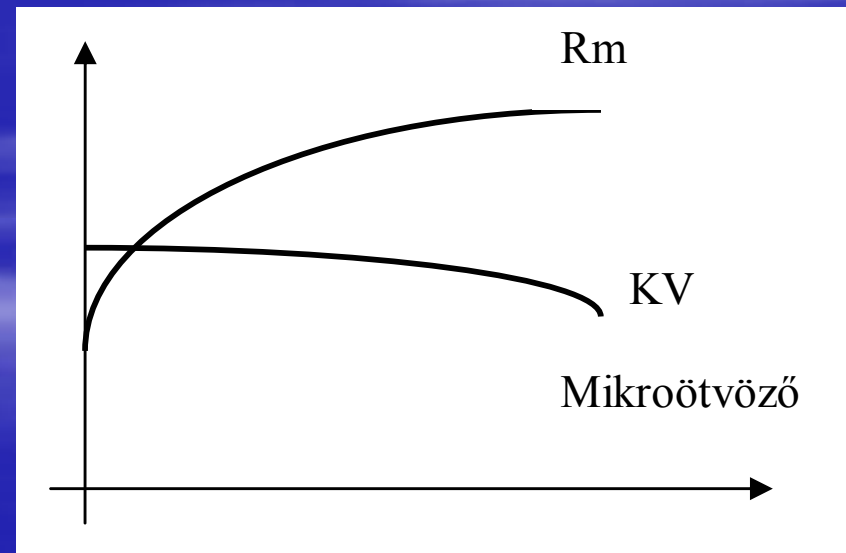
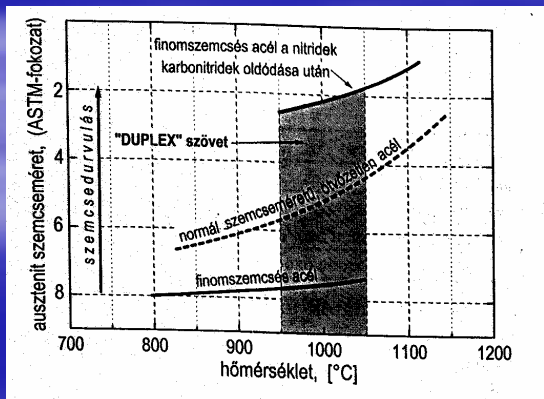
Mikroötvözött acélokra jellemző

Ötvöző kiegyenlítés:

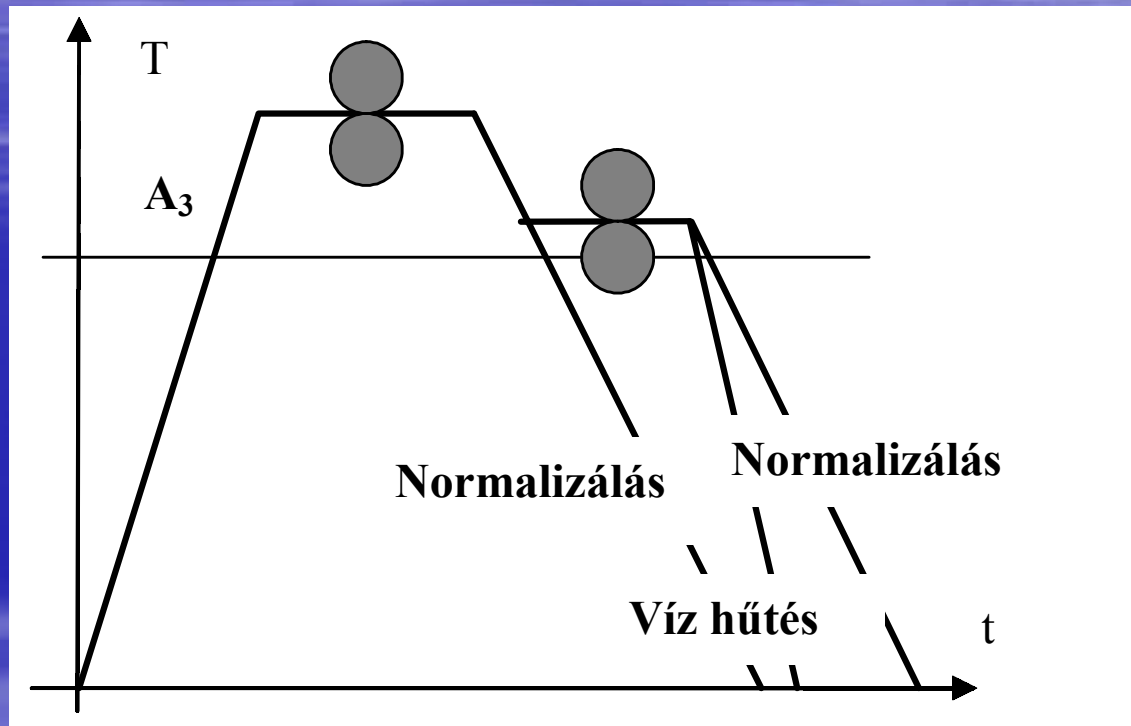


A szilárdság nő és diszperz fázis eloszlásnál az ütőmunka sem és az átmeneti hőmérséklet sem romlik. Ezek szűkebb értelemben is hegeszthető acélok ($C < 0,2\%$). A karboneq.v.-t is szavatolják sokszor.

Ezek az acélok magasabb hőmérsékleten durvulnak el.



Termomechanikus kezelés

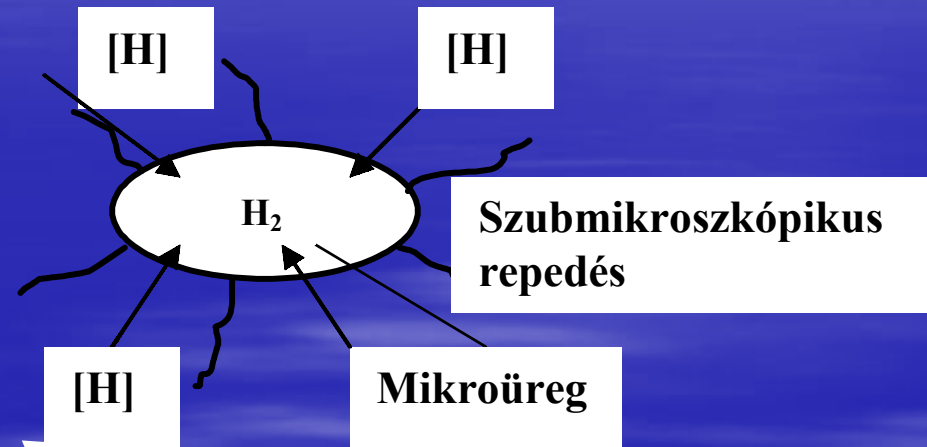


Mikroötvözéssel és termomechanikus kezeléssel elérhető az $R_{eH} = 700 - 900 \text{ MPa}$ is. (Nagy szilárdságú hegeszthető acélok.)

Hidrogén hatása

Pelyhesedés jelensége

- Mikroüregekbe bediffundált hidrogén, molekulákat alkotva bezáródik. Nagy nyomás alakulhat ki, amelyből adódó feszültség töréshez vezethet.



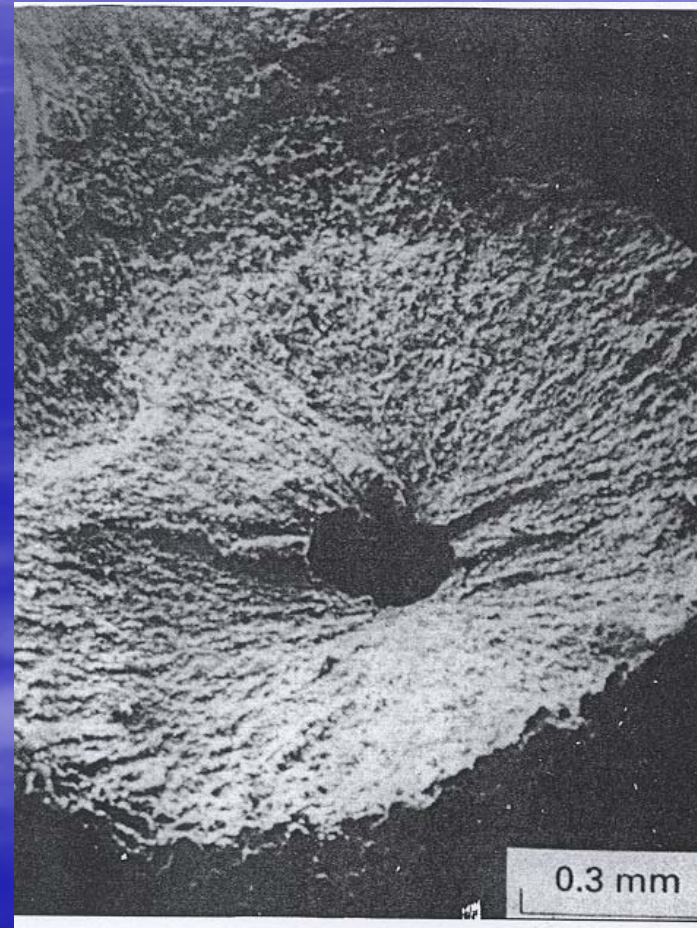
- Fényes felületű szubmikroszkópikus repedések, a „pelyhek”.

A szubmikroszkópikus repedések terjedése mikroszkópikus, majd makro-repedésekhez vezethet.

A pelyhesedés a varratban hidegrepedések kiindulása lehet.

Halszem képződés

- Képlékeny alakváltozás utáni töretfelületeken képződik az un. „halszem”. Pl. szakító próbatest, hajlító-próba töretfelületén
- A nagy hidrogén tartalomra utal



Gyártási eljárás hatása

- A hegeszthetőség szempontjából a gyártási eljárás azt jelenti, hogy csak csillapított acélt szabad hegesztett szerkezetekbe beépíteni.
- Azt, hogy az acél csillapított-e vagy sem a kémiai összetételből látszik. A Si - tartalom alapján tudjuk eldönteni:
- Ha a $Si \geq 0,12 \%$ az acél csillapított. Ha nemes dezoxidens is látható a kémiai összetételben, az acél öregedésálló is.

Hőkezelési állapot hatása

- Más előírás hiányában, a hegesztett szerkezetek acéljait, normalizált állapotban kell szállítani.
- A normalizálás az ausztenitesítési hőmérsékletről nyugvó, 20 °C –os levegőn való lehűlést jelenti.
- A hőkezelt acélokat hegesztés után is hőkezelní kell.

Például:

Normalizált állapot:

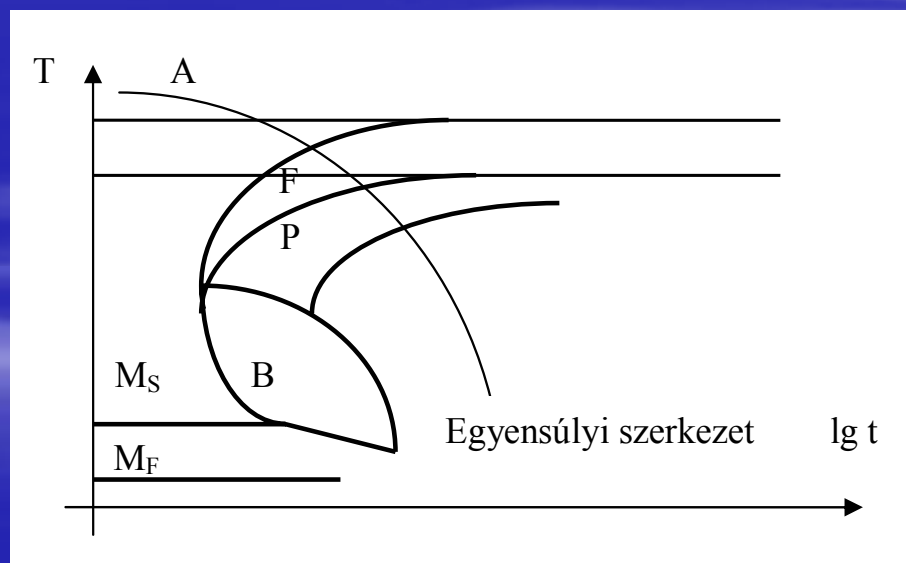
Az acélok többsége.

Nemesített állapot:

Hidegszívós acélok

Edzett állapot:

Ausztenites acélok

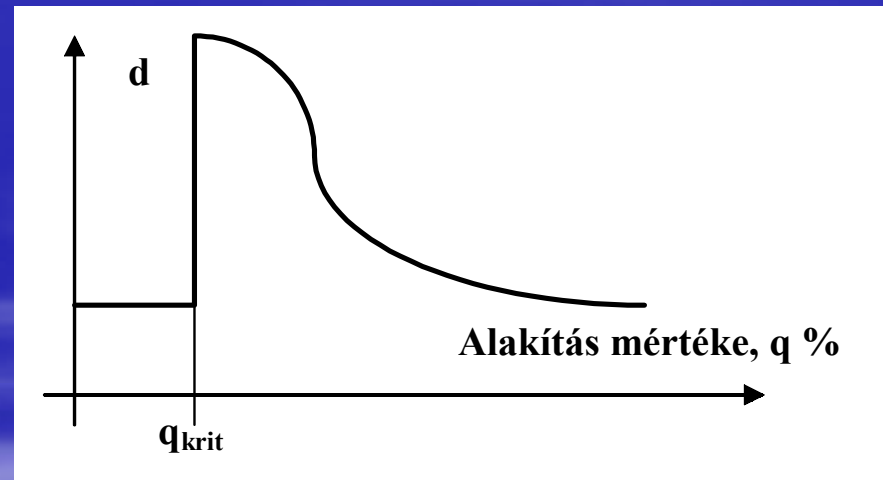


Az előzetes alakítás hatása

- Hidegalakítás után az acél újrakristályosodhat a hegesztési hő hatására. Ez kritikus alakítás esetén jelentős szemcsedurvulást okozhat.

$$R_m = R_{m0} + \frac{k}{\sqrt{d}}$$

- Melegalakítás esetében előforduló rétegeesség – zárványok behengerlése esetén – a teraszos repedés gyakran előfordulhat.



A hegeszthetőség összefoglalása

