

SZERKEZETI ACÉLOK HEGESZTÉSE



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



Mechanikai Technológia és Anyagszerkezetani Tanszék

Dr. Palotás Béla

Hegeszthető szerkezeti acélok

- A szűkebb értelemben hegeszthető acélokra jellemző kis C tartalom.
- Jellemző tulajdonságok

Szilárdság: $R_m = 370 \dots 1000 \text{ MPa}$

Folyáshatár: $R_{eH} = 235 \dots 960 \text{ MPa}$

Alakváltozó képesség: $A \geq 18 \%$

Ütőmunka: $KV \geq 27 \text{ J}$

Átmeneti hőmérséklet: $TTKV = + 20 \dots - 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Hegeszthető szerkezeti acélok

Régi jel				Új MSZ-EN jel					Géji jel
Nem szabványos de találkozhatunk vele				ISZEN1002	MSZ EN 10113		MSZ EN 10028		MSZ1741
Csoport	MSZ6280	MSZ500	ISO Kat.	EN jel	/2	/3	/2	/3	
	37B	Fe235B	B	S235JR	-	-	-	-	
"37"	37C	Fe235C	C	S235J0G3	-	-	P235GH	-	
"235"	37D	Fe235D	D	S235J2	Nyomástartó edényhez				
"265"	-	-	C	-	-	-	P265GH	-	KL2
	45B	Fe275B	B	S275JR	Normalizált Termomech. heng.		-	-	
"45"	45C	Fe275C	C	S275J0	-	-	Alacsony hőm.-en szavatolt KV		
"275"	45D	Fe275D	D	S275N	S275N	S275M	-	P275NH	
	-	-	E	S275J4	S275NL	S275ML	-	P275NL	
"295"	-	-	C	-	-	-	P295GH	-	KL7
	-	(Fe355B)	B	S355KR	Kis szennyező tartalom		Kúszáshatár szavatolt		
"52"	52C	(Fe355C)	C	S355K0	-	-	(P355GH)	-	
"355"	52D	(Fe355D)	D	S355K2G3	S355N	S355M	-	-	
	52E	-	E	S355J4	S355NL	S355ML	-	P355NL	
	E420C	-	C	S420LR	-	-	-	-	
"420"	E420D	-	D		S420N	S420M	-	-	
	E420E	-	E	Kül. csillag	S420NL	S420ML	-	P420NL	
	E460C	-	C	S460K0	-	-	-	-	
"460"	E460D	-	D		S460N	S460M	-	-	
	E460E	-	E		S460NL	S460ML	-	P460NL	
ReH				Átmeneti hő	KV = 27J	KV = 40J	KV = 60J	ISO	
Szerkezeti acél				+ 20 C	JR	KR	LR	B	
				0 C	J0	K0	L0	C	
				- 20 C	J2	K2	L2	D	
				- 40 C	J4	K4	L4	E	
				- 50 C	J5	K5	L5		
				- 60 C	J6	K6	L6		

Hegeszthető acélok hegesztésnek szabályai

- Előmelegítés?

Ellenőrizni kell hidegrepedés érzékenységre, a már tanultak szerint.

- Hegesztőanyag választás?

Mechanikai tulajdonságok alapján történik:

$1,4 Re_{Ha.ag} > Re_{HV} \geq Re_{Ha.ag}$ és $A_v \geq A_{a.ag}$

és $TTKV_v \leq TTKV_{a.ag}$ vagy azonos hőmérsékleten:

$KV_v \geq KV_{a.ag}$

- Hőbevitel, hegesztési technika?

Hőbevitelt alulról is és felülről is korlátozni kell.

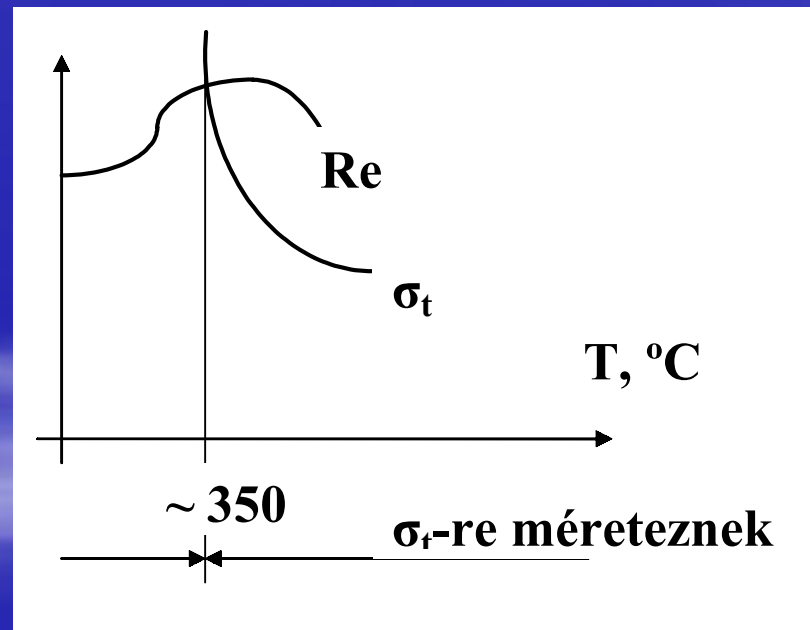
- Utólagos hőkezelés?

Nem szükséges, ha előírják:

600 – 650 °C-on max. 0,5 óra hőntartással.

MELEGSZILÁRD SZERKEZETI ACÉLOK

- Jellemző ezekre az acélokra a szavatolt melegszilárdság, ill. tartósfolyás-határ.



Melegszilárd acélok ötvözése

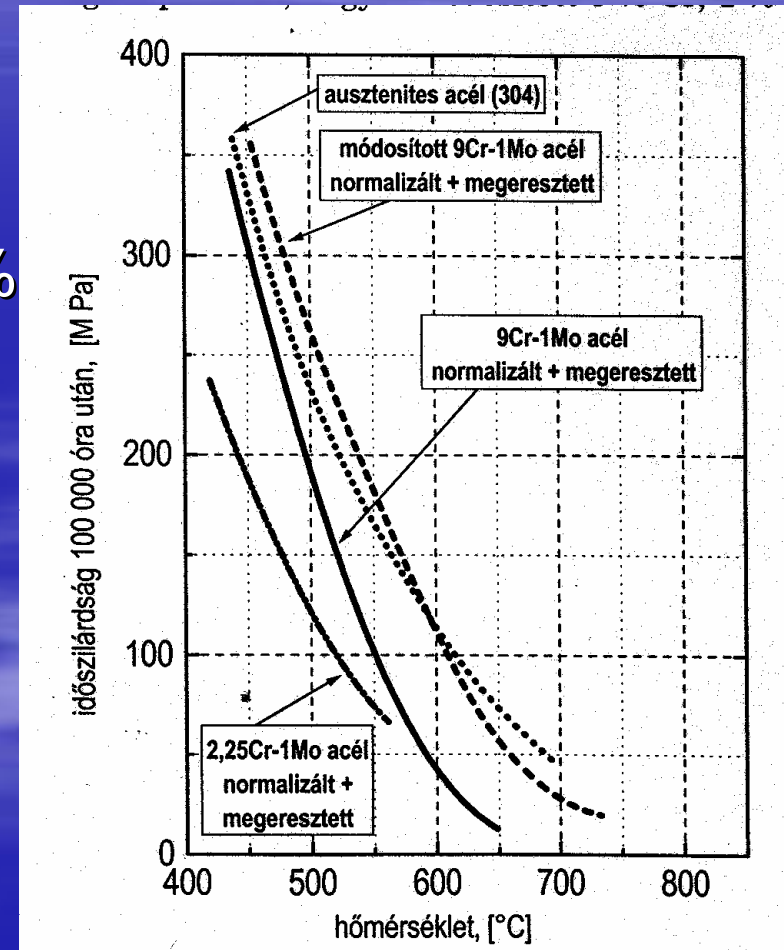
- A melegszilárdságot és a kúszási határt növelő ötvözőkkel ötvözik az acélt.
- Ezek a rekrisztallizációs hőmérsékletet növelő ötvözők – főleg karbidképzők – Mn, Cr, Mo, V, (W)
- Ezek az ötvözők
 - Növelik a szilárd oldat szilárdságát
 - Az oldott idegen atomok, diszperz kiválások fékezik a kúszási alakváltozást, növelik a törésig eltelt időt
- A Mo szerepe döntő, már 0,3 % Mo ötvözés hatására 2 – 3 nagyságrenddel csökken a kúszási sebesség

A melegszilárdság növelése

- 1,5 % Mn ötvözés 350 – 400 °C
- 0,3 % Mo ötvözés max. 450 °C-ig
- Ezeket normalizált állapotban használják.
- Cr – Mo ötvözés Cr = 0,5 – 2,5 %
- Cr – Mo – V ötv. Mo = 0,2 – 1 %
- Mo – V ötvözés V = 0,2 – 0,3 %
- Ezeket nemesítve használják:
Edzés 920 °C – ról, megeresztés
650 – 720 °C

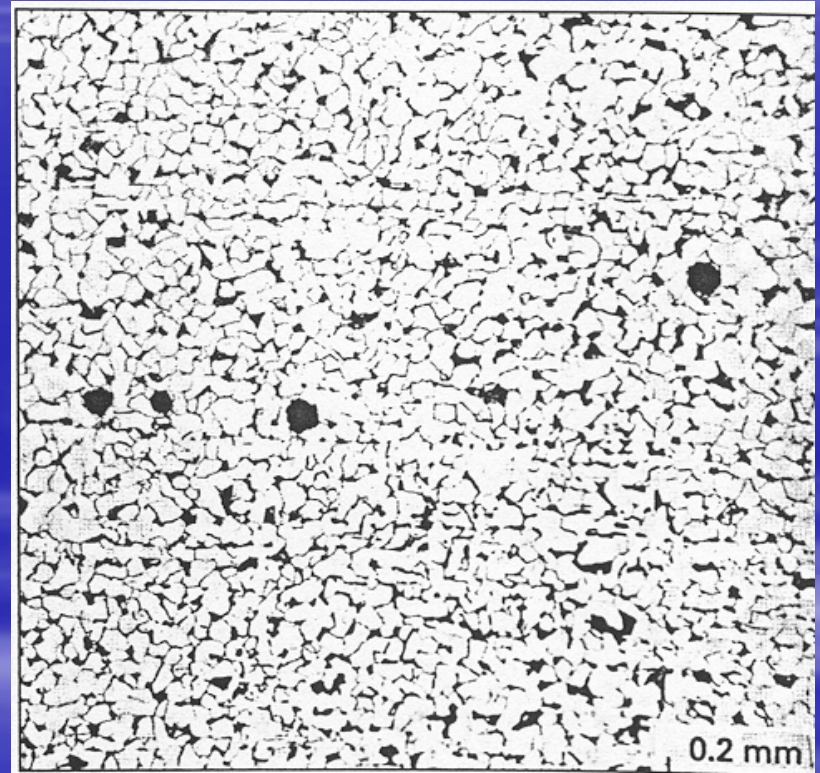
Ötvözet csoportok:

- Mn ötvözés Mo ötvözés
- Cr – Mo ötv. Mo - V ötvözés
- Cr – Mo – V ötv.



A grafitosodás jelensége

- 500 °C feletti üzemi hőmérsékleten, tartós igénybevétel (évek) hatására jön létre a grafitosodás, az ötvözetlen ill. Mn ötvöztetésű acélokban. A perlit elbomlik \Rightarrow ferrit + grafit fészkek jönnek létre. Romlanak a mechanikai tulajdonságok.



Hegesztési problémák, a hegesztés szabályai

- A fő probléma a nagy Ce, sokszor eléri a 0,5 %-t, sőt van acél, amelyben 1 % is lehet.
⇒ hidegrepedés érzékenység.
Előmelegítéssel kell hegeszteni ezeket az acélokat $s \geq 6$ mm fölött
- *Előmelegítés?*
 - 0,5 % Ce alatt a már ismert nomogramokkal határozzuk meg az előmelegítési hőmérsékletet.
 - Fölötte az Ito – Bessyo módszerrel határozható meg az előmelegítési hőmérséklet, illetve az alábbi ökölszabály használható:
 - Mo ötvözés 100 – 200 °C
 - Cr - Mo ötvözés 200 – 300 °C
 - Cr – Mo – V ötv. 250 – 330 °C

ITO – BESSYO módszer

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

$$P_c = P_{cm} + \frac{H}{60} + \frac{s}{600}$$

$$T_0 = 1440 P_c - 392$$

- A kémiai elemeket % - ban, a H tartalmat [ml/100g] – ban, a lemezvastagságot (s – t) [mm] – ben kell helyettesíteni. A T_0 előmelegítési hőmérsékletet [°C] – ban kapjuk.

A hegesztés szabályai

- Hegesztőanyag választás?

- Mn ötvözésű acélok esetében a mechanikai tulajdonságok szerint választjuk a hegesztőanyagot, mint a hegeszthető acéloknál.
- Mo ötvözésű acélokhhoz Mo ötvözésű,
- Cr – Mo ötvözésű acélokhhoz Cr – Mo ötvözésű stb. hegesztőanyagot választunk.

- Hőbevitel, hegesztési technika?

A kis hőbevitelt kerülni kell, mindenféle eljárással hegeszthetők.

Utólagos hőkezelés

- Utólagos hőkezelés?

Utólagos hőkezelés szükséges

Mo ötvöztetésű acéloknál 600 – 660 °C

Cr – Mo és Cr – Mo – V ötv. acéloknál 600 – 720 °C

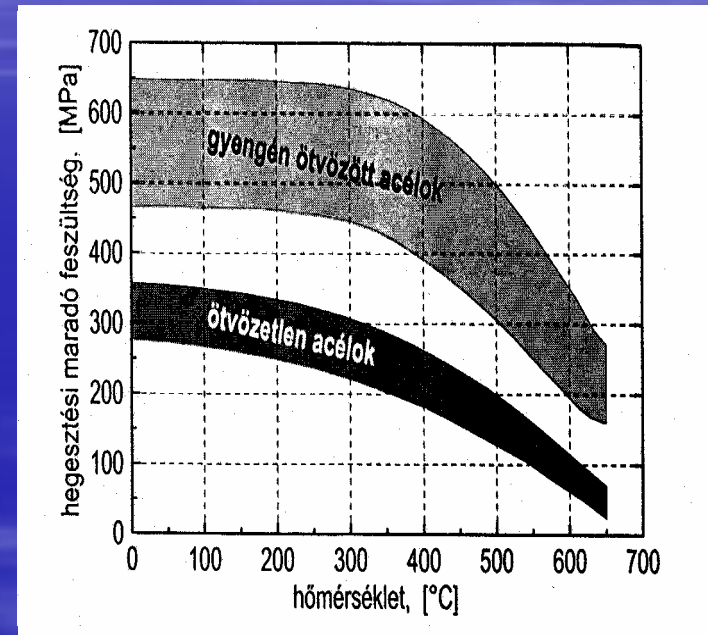
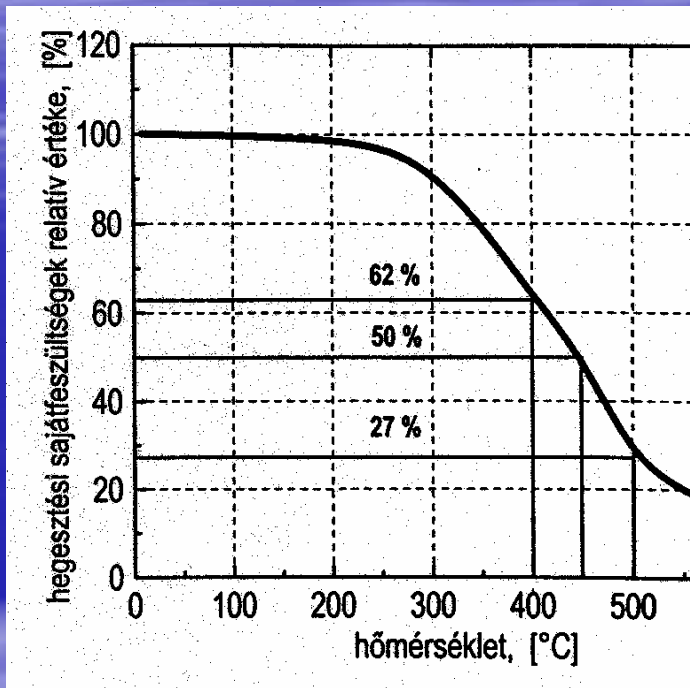
Hőntartás: 2 - 4 min/mm, de max. 1 h a Mo ötv. és 2 h a Cr – Mo illetve Cr – Mo – V ötvöztetésű acéloknál

A hevítési seb. max. 220 °C/h, lehűlési seb. max. 275 °C/h.

A hőkezelési paraméterek tervezésénél $H_p = 17 - 18$
(Hollomon paraméter) vehető figyelembe.

Ezeknél az acéloknál számolni kell az újrahevítési
(hőkezelési) repedések keletkezésével, ha a Cr < 1,5 %.

Feszültség csökkentő hőkezelés



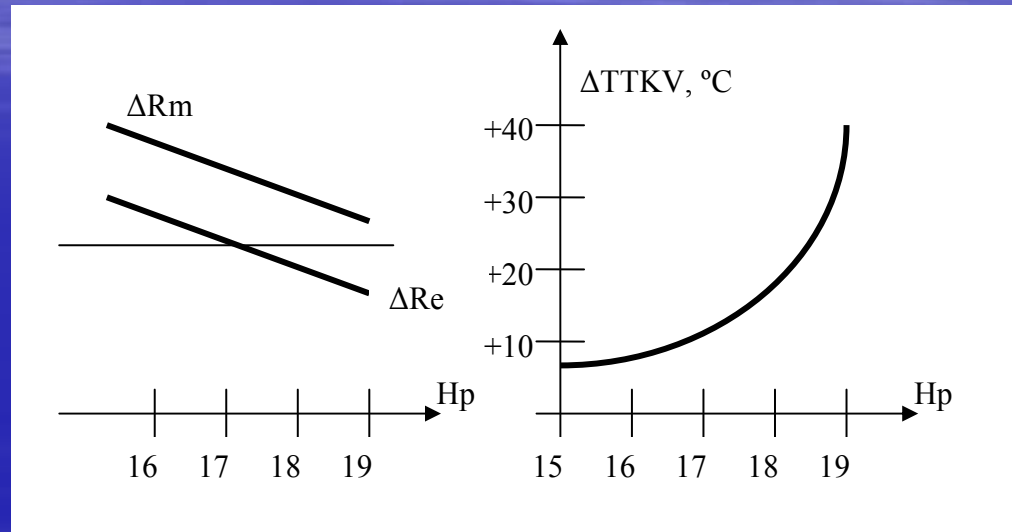
A feszültség csökkentő hőkezelést legalább 520 °C – on kell végrehajtani. A hőkezelést max. 720 °C – on hajtják végre.

A Hollomonn – paraméter

$$H_p = T (20 + \lg t) 10^{-3}$$

- A Hollomon paraméter értéke 14 – 21 ha a hőmérsékletet

(T) K - ben, az időt (t) h – ban helyettesítjük. A falvastagság és ötvöző tartalom növelésével H_p nő.



Mn < 1 % esetén
A kisebb Hollomon – paraméter
kedvezőbb a mechanikai
tulajdonságok szempontjából.

A feszültségcsökkentés paramétere

- Az idő korrekciót kell alkalmazni:

$$t_c = \frac{T}{2,3K(20 - \lg K)}$$
$$t_c = t + t_{c1} + t_{c2}$$

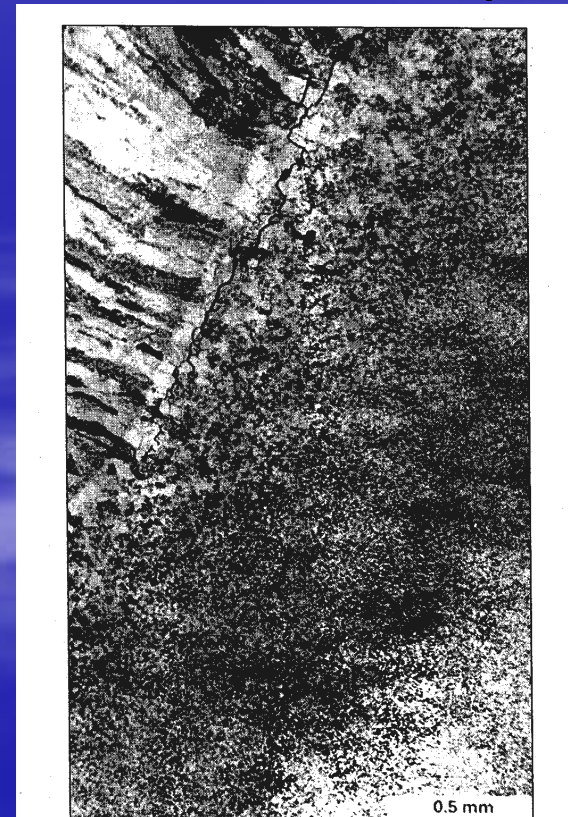
- Itt K a hevítési illetve lehűlési sebesség K/h -ban. A t_{c1} a hevítési, t_{c2} a hűtési korrekció, t_c a korigált hőtartási idő h -ban.

- A hevítési sebesség értéke: max. 220 °C/h (illetve 5600/s itt s-t, a falvastagságot mm-ben kell helyettesíteni). A kisebb értéket kell alkalmazni.
- A hűtési sebesség értéke max. 275 °C/h (illetve 7000/s itt s-t, a falvastagságot mm-ben kell helyettesíteni). A kisebb értéket kell alkalmazni.

Ellenőrzés hőkezelés repedés érzékenységre

$$P = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb + 5Ti - 2$$

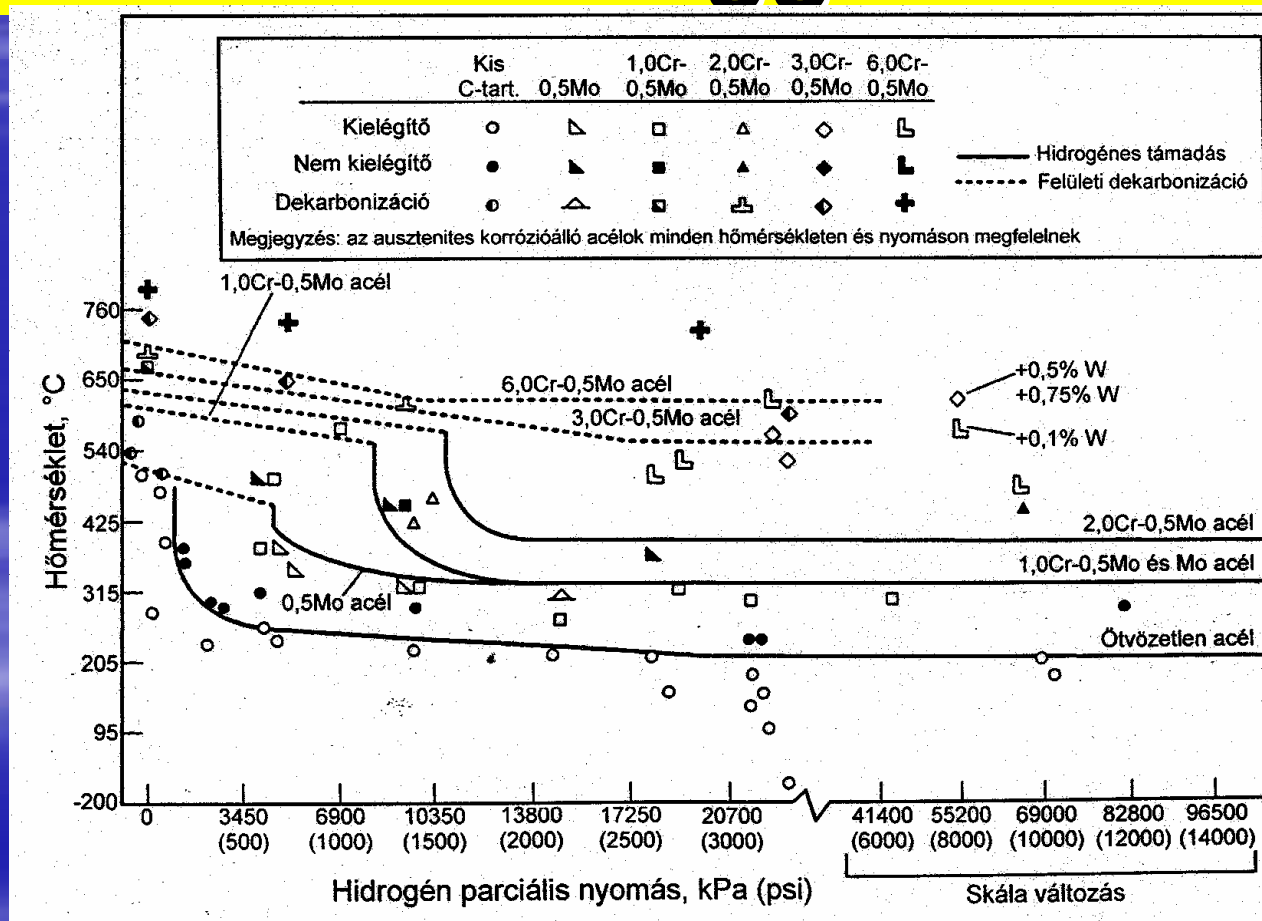
- Az acél összetételére jellemző alkotókat %-ban kell helyettesíteni.
 - Az acél érzékeny a repedésre, ha $P > 0$ és $Cr < 1,5 \%$
 - ($P < 0$ és $Cr \geq 1,5 \%$ esetén az acél nem érzékeny).
- Tipikus hőkezelési repedés:



HIDROGÉN-NYOMÁSÁLLÓ SZERKEZETI ACÉLOK

- Ezek az acélok ellenállnak a magas hőmérsékleten is a hidrogén diffúziójának max. 550 °C-ig. Az acél melegszilárd, és gyakorlatilag a melegszilárd acélok ötvözési rendszerét követi.
- Ötvözés: Mo = 0,2 – 0,6 - 1 %, Cr = 0,8 – 3,5 – 6 % ,
V = 0,1 - 0,5 – 0,9 %
- Mo, Cr – Mo Cr – Mo – V ötvözés
- A hőkezelésük: Nemesítés
 - Edzés 900 – 1030 °C – ról
 - Hűtés olajban, vagy fűvott levegőn-
 - Megeresztés 650 – 740 °C (hűtés kemencében, vagy nyugvó levegőn).

Az üzemi hőmérséklet és a hidrogén parciális nyomásának összefüggése



Hegesztési problémák, a hegesztés szabályai

- Előmelegítés?
 - Homogén kötés: 300 – 350 °C
 - Heterogén kötés: 300 – 350 °C (egyres irodalmak szerint 150 – 200 °C is elegendő)
- Hőbevitel, hegesztési technika?

A kis hőbevitelt kerülni kell.
- Utólagos hőkezelés?
 - Homogén kötés 650 – 740 °C
1 – 2 h hőntartással.
 - Heterogén kötés
Nem igényel feszültség csökkentő hőkezelést, ezt tartják a heterogén kötés előnyének.
- Hegesztőanyag választás?

Homogén kötés:
Hegesztés sajátanyaggal

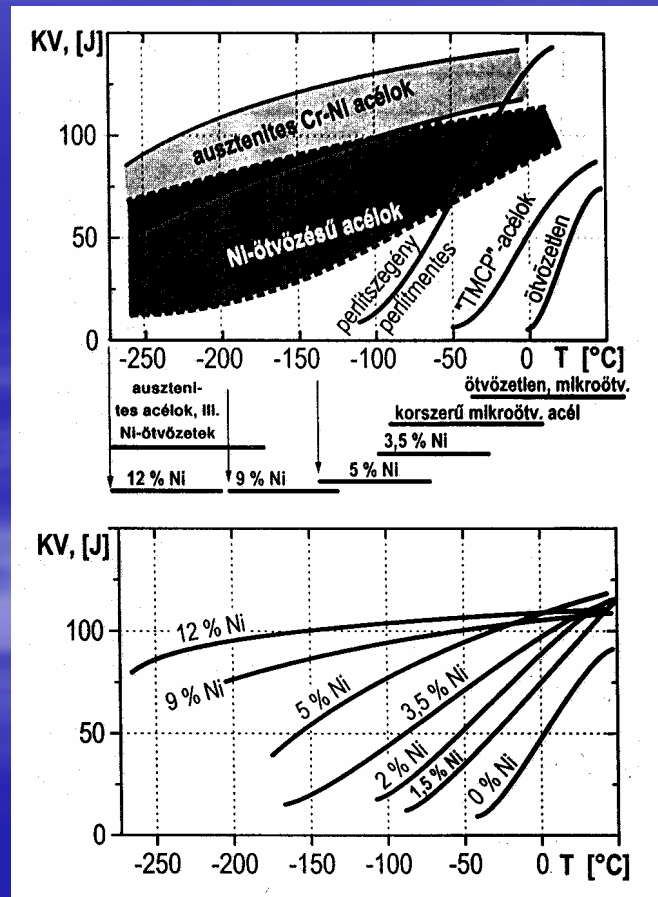
Heterogén kötés:
Ausztenites heg.anyaggal

 - 18/8 (Cr/Ni) ill.
 - 18/8/2-3 (Mo)
 - 18/8/6 (Mn = 6 %)
 - 25/13 (Cr / Ni)
 - 25/20 (Ni / Cr)

HIDEGSZÍVÓS ACÉLOK

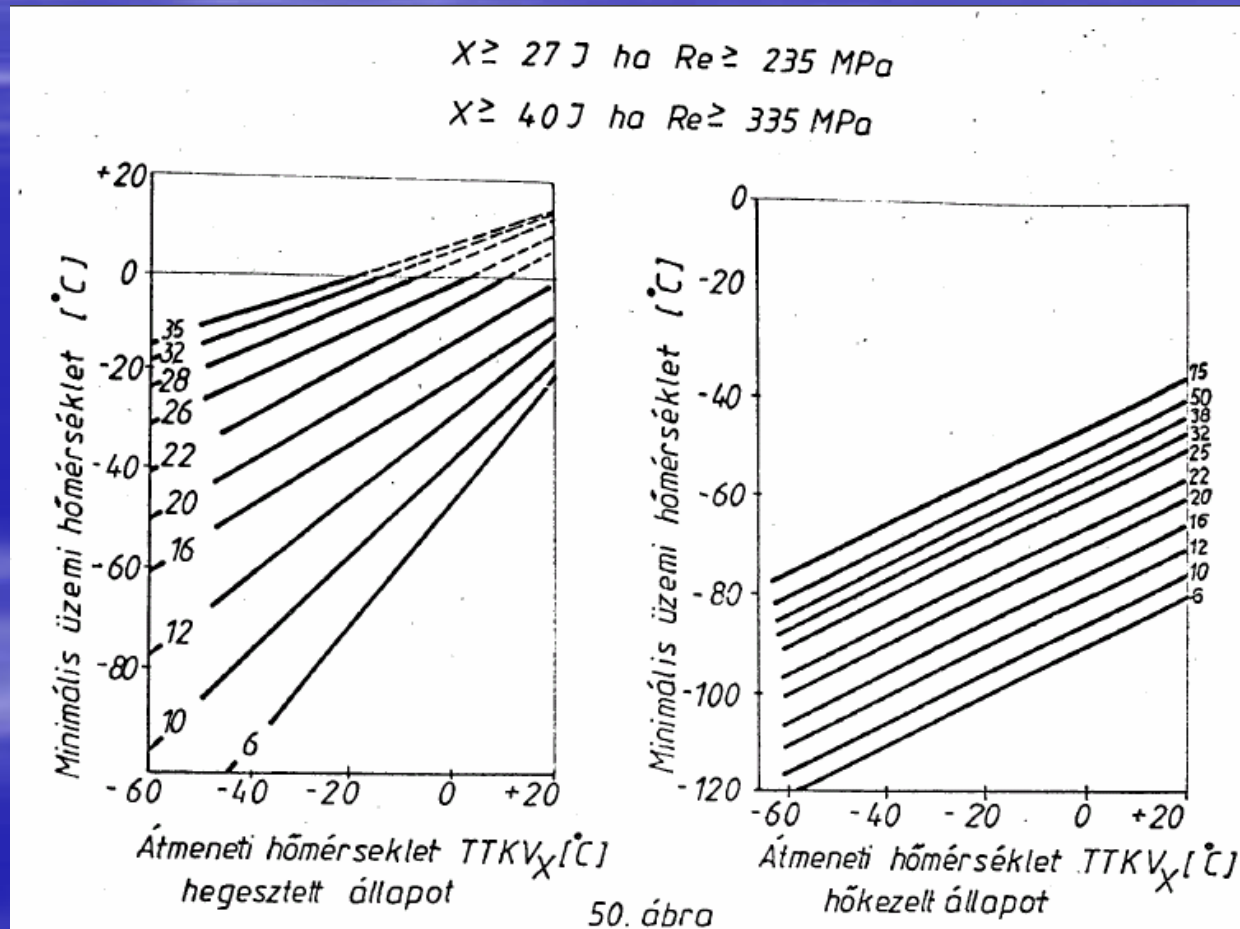
A hidegszívós acélok az alacsony üzemi hőmérsékleten üzemelő szerkezetek alapanyagai.

GÁZ	FORRÁSPONT, °C
Ötvöztelen acél	
Ammónia	-33,4
Finomszemcsés, Al-mal csillapított acél	
Propán	-42,1 és -45,5 között
2,25 % Ni-tartalmú acél	
Propilén	-47,7
Szén-diszulfid	-50,2
3,5 % Ni-tartalmú acél	
Hidrogén-szulfid	-59,5
Szén-dioxid	-78,5
Acetilén	-84
Etán	-88,4
5-9 % Ni acélok	
Etilén	-103,8
Kripton	-151
Metán	-163
Oxigén	-182,9
Argon	-185,9
Fluor	-188,1
Auszténites korrózióálló acélok	
Nitrogén	-195,8
Neon	-246,1
Al-ötvözetek	
Deutérium	-249,6
12 % Ni finomszemcsés acél	
Hidrogén	-252,8
Hélium	-268,9
Abszolút nulla fok	-273,18



Burdekin diagram

Az üzemi hőmérséklet és a kritikus átmeneti hőmérséklet nem egyenlő!



A hidegszívós acélok ötvözése

- Ezeket az acélokat Ni - el övözik
 - C tartalmat csökkentik
 - S tartalmat is csökkentik
 - A kis zárvány tartalom és a finomszemcsés szerkezet igen fontos
 - Nemesített állapotban alkalmazzák
 - 920 – 790 °C - ról edzés
 - Megeresztés 630 – 580 °C.
- Fő ötvözet csoportok
- Ni = 0,5 – 1,5 %
Normalizálás
 - Ni = 3, 5 %
 - Ni = 5 %
 - Ni = 9% Nemesítés
- Utólagos hőkezelés?
Nem szükséges, ha nagyon muszáj, 600°C-on, a lehűtés 600 – 400 °C-on gyors legyen.

Hegesztési problémák, a hegesztés szabályai

- Ezekre az acélokra a nagy alakváltozó képesség jellemző. A fő kérdés a hegesztőanyag választás.

- Előmelegítés?

Nem szükséges

- Hőbevitel, hegesztési technika?

Nem igényel különleges technikát

Az acélok a Ni tartalom növekedésével arányosan hajlamossá válnak a mágneseződésre.

- Hegesztőanyag választás?

- 0,5 – 1, 5 % Ni tartalom:
1,5 % Ni tart. heg.anyag
- 3,5 % Ni tartalom:
2,5 - 4,2 % Ni tart. heg.anyag
- 5 % Ni tartalom: 18/8-as vagy 18/8/6 –as heg.anyag
- 9 % Ni tartalom:
Ausztenites heg.anyagok (18/8-as 25/20-as) vagy 70 % Ni + 15 % Cr ötvözésű nikkell heg.anyag